

COMPONENTE DIAGNÓSTICO

MEDIO FÍSICO

***ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO
DEL DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO
DRMI***

***PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO
O GUACHANEQUE, JURISDICCIÓN
DE CORPOCHIVOR.***

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA
REGIONAL DE CHIVOR – CORPOCHIVOR.
Subdirección de Planeación y Ordenamiento Ambiental
del Territorio.
2020.**

GLOSARIO

ANT: Agencia Nacional de Tierras
BTL: Bajo la línea (BTL), tipo de campañas publicitarias
CAR: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CARs: Corporaciones Autónomas Regionales
CAVR: Centro de Atención, Valoración y Rehabilitación de Fauna Silvestre
CCBA: Estándares de comunidad, clima y biodiversidad
CIDEA: Comité Interinstitucional de Educación Ambiental
CMGRD: Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres
CORPOCHIVOR: Corporación Autónoma Regional de Chivor
DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DEM: Modelo Digital de Elevación
DNP: Departamento Nacional de Planeación
DRM: Distrito Regional de Manejo Integrado
EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial
ERSA: Esquemas de Retribución por Servicios Ambientales
ICV: Índice de Calidad de Vida
IGAG: Instituto Geográfico Agustín Codazzi
NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas
PM: Plan de Manejo
POF: Plan de Ordenamiento Forestal
POMCA: Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca Hidrográfica
POMCA: Plan de Manejo y Ordenamiento de una Cuenca Hidrográfica
POT: Plan de ordenamiento territorial.
PRAES: Proyecto Ambiental Escolar.
PSA: Pago por servicios Ambientales
PUEAA: Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
REDD+: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
SIAT: Sistema de información ambiental territorial.
SIG: Sistema de información geográfico.
SISBEN: Sistema de Selección de Beneficiarios Para Programas Sociales
SNR: Superintendencia de Notariado y Registro
VCS: Estándar de carbón verificado

TABLA DE CONTENIDO

3. MEDIO FÍSICO.....	10
3.1 Clima.....	10
3.1.1 Precipitación	10
3.1.2 Temperatura	16
3.1.3 Evapotranspiración potencial	19
3.1.3.1 Balance hídrico	20
3.1.4 Zonificación climática.....	26
3.1.5 Conclusiones.....	28
3.1.6 Hidrología	29
3.1.6.1 Localización hidrográfica del área del DRMI.....	29
3.1.6.2 Subcuencas asociadas al DRMI	30
3.1.6.2.1.1 Características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI	33
3.1.6.3 Red hídrica en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque	34
3.1.6.3.1 Concesiones de agua, usuarios y formas de abastecimiento	38
3.1.6.4 Demanda del recurso hídrico en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque....	40
3.1.6.4.1 Índice de Uso de Agua Superficial (IUA) o Índice de escasez.	42
3.1.6.5 Calidad del agua	3-122
3.1.6.6 Conclusiones.....	3-130
3.2 Geología.....	3-132
3.2.1 Evolución geológica regional	3-132
3.2.2 Geología Local.....	3-133
3.2.3 Estratigrafía.....	3-135
3.2.3.1 Unidades del Cretácico	3-135
3.2.3.1.1 Formación Fomeque (Kif)	3-136
3.2.3.1.2 Formación Une Inferior y Superior (KiU)	3-138
3.2.3.1.3 Formación Chipaque (K2cp).....	3-143
3.2.3.1.4 Grupo Guadalupe (K2g)	3-144
3.2.3.1.5 Formación Guaduas (TKg).....	3-152
3.2.3.2 Unidades del Paleógeno	3-154
3.2.3.2.1 Formación Cacho (Tpc)	3-155
3.2.3.2.2 Formación Arenisca de Socha (Socha Inferior) (Tras)	3-156
3.2.3.2.3 Formación Bogotá (Tb)	3-156
3.2.3.2.4 Formación Arcillas de Socha (Socha Superior) (Tas)	3-157
3.2.3.2.5 Formación Picacho (Tp)	3-158
3.2.3.2.6 Formación Concentración (Tco).....	3-159
3.2.3.3 Unidades Inconsolidadas del Neógeno (Holoceno)	3-160
3.2.3.3.1 Coluviones o depósitos de pendiente (Qco).....	3-161
3.2.3.3.2 Depósitos Coluvio Aluviales (Qca).....	3-161
3.2.3.3.3 Depósitos Aluviales (Qal)	3-161
3.2.4 Geología Estructural.....	3-161
3.2.4.1 Fallas	3-162
3.2.4.2 Estructuras de Plegamiento	3-165
3.2.5 Geomorfología	3-168
3.2.5.1 Ambiente Estructural.....	3-170

3.2.5.2	Ambiente Fluvial.....	3-173
3.2.5.3	Depósitos de Cauce y Llanura Aluvial.....	3-174
3.2.5.4	Ambiente Denudacional	3-174
3.2.6	Hidrogeología.....	3-176
3.2.6.1	Unidades Hidrogeológicas Regionales.....	3-178
3.2.6.2	Hidrogeología local.....	3-182
3.2.6.2.1	Unidades hidrogeológicas caracterizadas para el área de influencia.....	3-182
3.2.7	Amenazas presentes en el DRMI Cristales Castillejo y Guachaneque	3-186
3.2.7.1	Incendios de la Cobertura Vegetal	3-186
3.2.7.2	Amenaza por Remoción en Masa.....	3-188
3.2.7.3	Amenaza por Avenidas Torrenciales.....	3-193
3.2.7.4	Amenaza por Inundaciones	3-197
3.2.8	Suelos	3-201
3.2.8.1	Asociaciones presentes en el DRMI	3-204
3.2.8.2	Uso actual del suelo en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.	3-208
	Uso Infraestructura vial y transporte	3-209
	Uso producción	3-210
	Uso protección	3-210
	Uso restauración	3-210
	Uso tierras en descanso	3-210
	Uso cultivos permanentes intensivos	3-211
	Uso cultivos permanentes semi-intensivos.....	3-211
	Uso cultivos transitorios intensivos	3-211
	Uso pastoreo extensivo	3-211
	Uso Pastoreo intensivo.....	3-211
	Uso pastoreo semi-intensivo	3-212
	Uso sistemas combinados de agricultura y forestería	3-212
	Uso sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería.....	3-212
	Uso sistemas combinados de ganadería y forestería	3-213
3.2.8.3	Uso potencial de los suelos en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.	3-214
3.2.8.3.1	Descripción clasificación agrologica en el DRMI.....	3-216
3.2.8.4	Uso principal propuesto para el DRMI Páramo Cristales, Castillejo Guachaneque.....	3-218
3.2.8.4.1	Descripción de las unidades de usos principales propuestos	3-219
3.2.9	Coberturas de la tierra	3-221
3.2.9.1	Unidades de cobertura de la tierra.....	3-224
3.2.9.1.1	Análisis multitemporal del uso del suelo.....	3-229
3.3	BIBLIOGRAFIA	3-236

INDICE DE TABLAS

TABLA 3-1. ESTACIONES LOCALIZADAS EN ÁREA DEL DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	12
TABLA 3-2. REGISTROS DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL (MM).	13
TABLA 3-3. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA POR EL MÉTODO GVC.....	17
TABLA 3-4. COEFICIENTE DE CORRECCIÓN.....	19
TABLA 3-5. EVAPOTRANSPIRACIÓN CALCULADA PARA EL DRMI (POR LA FÓRMULA DE THORNTHWAITE).....	20
TABLA 3-6. BALANCE HÍDRICO DE LAS SUBCUENCAS ASOCIADAS AL DRMI.....	3-22
TABLA 3-7. DISCRIMINADO DE LAS UNIDADES TOPOCLIMÁTICAS EN EL ÁREA DEL DRMI.	26
TABLA 3-8. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA POR CALDAS LANG EN EL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	27
TABLA 3-9. SUBCUENCAS RÍO GARAGOA ASOCIADAS AL DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	31
TABLA 3-10. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LAS SUBCUENCAS ASOCIADAS AL DRMI.	34
TABLA 3-11. RED HÍDRICA IDENTIFICADA PARA EL DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	34
TABLA 3-12. CONCESIONES DE AGUA EN EL DRMI.....	38
TABLA 3-13. DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPTACIONES DE SISTEMAS COLECTIVOS POR SUBCUENCAS.	39
TABLA 3-14. DISTRIBUCIÓN DE LAS CAPTACIONES DE CONCESIONES PARTICULARES POR SUBCUENCAS.	39
TABLA 3-15. DEMANDA CONCESIONADA DOMESTICA PARA EL DRMI.	40
TABLA 3-16. DEMANDA AGRÍCOLA PARA EL DRMI.	41
TABLA 3-17. DEMANDA PECUARIA PARA EL DRMI.....	41
TABLA 3-18. DEMANDA CONCESIONADA DE INDUSTRIAS Y SERVICIOS.....	42
TABLA 3-19. CATEGORÍAS DEL ÍNDICE DE ESCASEZ.	43
TABLA 3-20. ÍNDICES DE USO DE AGUA SUPERFICIAL MENSUAL CONCESIONADA POR SUBCUENCAS PARA EL DRMI.	120
TABLA 3-21. PROMEDIO ANUAL DEL ÍNDICE DE USO DE AGUA SUPERFICIAL ANUAL POR SUBCUENCAS DEL DRMI.	3-121
TABLA 3-22. CRITERIOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS PARA LAS SUBCUENCAS ASOCIADAS AL DRMI.	3-122
TABLA 3-23. RECUENTO DE LOS PROCESOS Y EVENTOS GEOLÓGICOS A NIVEL REGIONAL EN EL DRMI. ...	3-132
TABLA 3-24. DATOS ESTRUCTURALES.	3-167
TABLA 3-25. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	3-170
TABLA 3-26. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS REGIONALES DE LA ZONA.	3-180
TABLA 3-27. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS IDENTIFICADAS PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA.....	3-182
TABLA 3-28. UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.....	3-184
TABLA 3-29. TAXONOMÍA DE SUELOS PRESENTES EN EL DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO GUACHANEQUE.....	3-202
TABLA 3-30. USO ACTUAL DEL SUELO EN EL DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO GUACHANEQUE.....	3-209
TABLA 3-31. CLASIFICACIÓN AGROLOGICA EN EL DRMI.....	3-215
TABLA 3-32. USO PRINCIPAL PROPUESTO PARA EL DRMI.	3-219
TABLA 3-33. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL DRMI.	3-222
TABLA 3-34. COBERTURAS PRESENTES SEGÚN CLC PARA LOS AÑOS 2014 Y 2018 EN EXTENSIÓN (HA) Y SU CAMBIO EN PORCENTAJE.	3-232

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1. PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES.	11
FIGURA 3-2. MAPA DE ISOYETAS EN ÁREA DEL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	15
FIGURA 3-3. TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	16
FIGURA 3-4. MAPA DE ISOTERMAS EN ÁREA DEL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	18
FIGURA 3-5. BALANCE HÍDRICO PARA EL DRMI.	23
FIGURA 3-6. BALANCE HÍDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO GUAYA.	23
FIGURA 3-7. BALANCE HÍDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO GARAGOA.	24
FIGURA 3-8. BALANCE HÍDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO EL BOSQUE.	24
FIGURA 3-9. BALANCE HÍDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO TIBANÁ.	25
FIGURA 3-10. BALANCE HÍDRICO PARA LA SUBCUENCA DEL RÍO TURMEQUÉ.	25
FIGURA 3-11. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DRMI PÁRAMO CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	27
FIGURA 3-12. ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DRMI.	29
FIGURA 3-13. SUBCUENCAS ASOCIADAS AL TERRITORIO DEL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	31
FIGURA 3-14. RED HÍDRICA EN DISTRITO REGIONAL DE MANEJO INTEGRADO PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	37
FIGURA 3-15. CAPTACIONES LOCALIZADAS EN EL ÁREA DEL DRMI.	38
FIGURA 3-16. DEMANDA TOTAL SECTORIAL.	42
FIGURA 3-17. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA TURMEQUÉ, PERIODO SECO.	3-123
FIGURA 3-18. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA TURMEQUÉ, PERIODO LLUVIAS.	3-123
FIGURA 3-19. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA EL BOSQUE, PERIODO SECO, PARA EL DRMI.	3-124
FIGURA 3-20. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA EL BOSQUE, PERIODO DE LLUVIAS, PARA EL DRMI.	3-124
FIGURA 3- 21. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RIO GARAGOA, PERIODO SECO, PARA EL DRMI.	3-125
FIGURA 3-22. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RIO GARAGOA, PERIODO DE LLUVIAS, PARA EL DRMI.	3-126
FIGURA 3-23. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RÍO GUAYA, PERIODO SECO, PARA EL DRMI.	3-127
FIGURA 3-24. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RÍO GUAYA, PERIODO DE LLUVIAS, PARA EL DRMI.	3-127
FIGURA 3-25. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RÍO SUNUBÁ - SOMONDOCO, PERIODO SECO, PARA EL DRMI.	3-128
FIGURA 3-26. COMPORTAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUBCUENCA RÍO SUNUBÁ - SOMONDOCO, PERIODO DE LLUVIAS, PARA EL DRMI.	3-129
FIGURA 3-27. PERFIL GEOLÓGICO DEL ÁREA ABARCADA POR EL DRMI, DONDE SE ENCUENTRAN LAS DIFERENTES UNIDADES LITOLÓGICAS Y LOS PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	3-134

FIGURA 3-28. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA ABARCADA POR EL DRMI, DONDE SE ENCUENTRAN LAS DIFERENTES UNIDADES LITOLÓGICAS Y LOS PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	3-135
FIGURA 3-29. SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA BASE DE LA FORMACIÓN FOMEQUE.	3-138
FIGURA 3-30. SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA BASE DE LA FORMACIÓN UNE.	3-139
FIGURA 3-31. SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA GRUPO GUADALUPE.	3-146
FIGURA 3-32. PERFIL GEOLÓGICO DEL ÁREA ABARCADA POR LOS PÁRAMOS DE CRISTALES Y CASTILLEJO, DONDE SE ENCUENTRAN LAS DIFERENTES UNIDADES LITOLÓGICAS Y LOS PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.	3-162
FIGURA 3-33. REPRESENTACIÓN DE LA FALLA DE MACHETÁ Y SU RETROCABALGAMIENTO, CON LA ESTRUCTURA EN “POP UP”.	3-163
FIGURA 3-34. REPRESENTACIÓN DE LA FALLA DEL RÍO ICABUCO Y SU RETROCABALGAMIENTO, CON LA ESTRUCTURA EN “POP UP”.	3-164
FIGURA 3-35. ANTICLINAL DE LAS PAVAS EN LA ZONA DEL PÁRAMO DE CASTILLEJO. SE OBSERVA EL PLIEGUE TUMBADO.	3-166
FIGURA 3-36. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	3-169
FIGURA 3-37. IMAGEN DE LADERA ESTRUCTURAL DE SIERRA ANTICLINAL.	3-171
FIGURA 3-38. LADERA DE CONTRAPENDIENTE DE SIERRA SINCLINAL.	3-172
FIGURA 3-39. ESCARPE ESTRUCTURAL DE SIERRA SINCLINAL.	3-173
FIGURA 3-40. TERRAZA DE ACUMULACIÓN.	3-174
FIGURA 3-41. IMÁGENES DE LADERA ONDULADA Y LADERA ESTRUCTURAL DE SIERRA SINCLINAL.	3-175
FIGURA 3-42. PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA.	3-177
FIGURA 3-43. PROVINCIAS HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA.	3-178
FIGURA 3-44. LEYENDA UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS REGIONALES DE LA ZONA.	3-179
FIGURA 3-45. MAPA HIDROGEOLÓGICO DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	3-185
FIGURA 3-46. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES.	3-186
FIGURA 3-47. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE AMENAZAS POR INCENDIOS FORESTALES.	3-187
FIGURA 3-48. MAPA DE AMENAZA POR INCENDIOS, DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	3-187
FIGURA 3-49. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA REMOCIÓN EN MASA.	3-189
FIGURA 3-50. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA A LA REMOCIÓN EN MASA.	3-190
FIGURA 3-51. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA.	3-190
FIGURA 3-52. MAPA DE AMENAZA POR INCENDIOS, DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	3-192
FIGURA 3-53. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A AVENIDAS TORRENCIALES	3-193
FIGURA 3-54. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES.	3-194
FIGURA 3-55. MUNICIPIO DE LA CAPILLA.	3-194
FIGURA 3-56. MUNICIPIO DE PACHAVITA.	3-195
FIGURA 3-57. MUNICIPIO DE ÚMBITA.	3-196
FIGURA 3-58. MAPA DE AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES, DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.	3-196
FIGURA 3-59. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES.	3-198
FIGURA 3-60. PROCESO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES.	3-198
FIGURA 3-61. IMAGEN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN.	3-199

FIGURA 3-62. MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIONES, DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	3-200
FIGURA 3-63. SUELOS PRESENTES EN EL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO GUACHANEQUE.	3-203
FIGURA 3-64. USO ACTUAL DEL SUELO EN EL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO GUACHANEQUE. ..	3-213
FIGURA 3-65. CLASIFICACIÓN AGROLOGICA EN EL DRMI.....	3-216
FIGURA 3-66. USO PRINCIPAL PROPUESTO PARA EL DRMI.	3-218
FIGURA 3-67. COBERTURAS DE LA TIERRA PRESENTES EN EL DRMI.	3-222
FIGURA 3-68. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE COBERTURAS NATURALES EN EL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	3-230
FIGURA 3-69. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE COBERTURAS INTERVENIDAS DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE.....	3-231
FIGURA 3-70. PORCENTAJE DE COBERTURA OCUPADA PARA LOS AÑOS 2014 Y 2018 EN EL DRMI.	3-234

INDICE DE FOTOGRAFIAS

FOTO 3-1. LA FORMACIÓN UNE SUPERIOR SE ENCUENTRA INTERSECTADA POR UNA FALLA ORIENTADA N60°E / 70°SE.	3-141
FOTO 3-2. CAPAS MEDIAS A MUY GRUESAS DE CUARZOARENITAS DE GRANO MEDIO A FINO CON ABUNDANTES LÍTICOS.	3-142
FOTO 3-3. ESPEJO DE FALLA CON ESTRÍAS EN ROJO, SE DESARROLLA UNA AMALGAMA SILÍCEA, VEREDA SACANECA, MUNICIPIO PACHAVITA.	3-142
FOTO 3-4. CONTACTO EROSIVO ENTRE MORRENA LATERAL Y LODOLITAS.	3-148
FOTO 3-5. CANTERA DE RECEBO CON PLAENERS EN LA VEREDA SOAQUIRA ARRIBA, MUNICIPIO DE ÚMBITA.	3-148
FOTO 3- 6. CONTACTO ENTRE CAPA DE PLAENERS Y LÁMINAS DE ARCILLOLITA GRISES DE LA FORMACIÓN PLAENERS.	3-149
FOTO 3-7. PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA DE LA FORMACIÓN PLAENERS, ESTE DERRUMBE AMENAZA CON CUBRIR LA VÍA EN ÉPOCAS LLUVIOSAS.	3-150
FOTO 3-8. INTERCALACIÓN DE PLAENERS CON ARCILLOLITAS, VEREDA POZO NEGRO, MUNICIPIO DE TURMEQUÉ, (ESCALA 1 M)	3-150
FOTO 3-9. CAPAS DELGADAS DE PLAENERS CON LÁMINAS DE ARCILLOLITAS, LA LÍNEA AMARILLA REPRESENTA LA DIRECCIÓN DE PROPAGACIÓN DE LA DIACLASA.	3-151
FOTO 3-10. PLAENERS CON ABUNDANTE FAUNA FÓSIL, ENTRE ESTOS FORAMINÍFEROS PLANTÓNICOS.	3-152
FOTO 3-11. EXPRESIÓN GEOMORFOLÓGICA (COLINAS BAJAS Y VALLES POCO PROFUNDOS) DE LA FORMACIÓN GUADUAS (K2E1G) ENTRE LAS FORMACIONES ARENISCA DE LABOR Y TIERNA (K2LT) Y SOCHA INFERIOR (E1SI).....	3-153
FOTO 3-12. LODOLITAS GRISES LAMINADAS CON ABUNDANTE MATERIA ORGÁNICA DE LA FORMACIÓN GUADUAS.	3-154
FOTO 3-13. PANORÁMICA DE LA FORMACIÓN PICACHO DONDE SE APRECIAN TRES SEGMENTOS LITOLÓGICOS, DOS ARENOSOS (E2PI Y E2PS) SEPARADOS POR UN SEGMENTO ARCILLOSO (E2PM).	3-160
FOTO 3-14. TRAZO EN SUPERFICIE DE LA FALLA DE GUAYABAL. EN LA FOTO SE OBSERVA UN PLIEGUE ANTICLINAL ASIMÉTRICO QUE TERMINA CONTRA LA FALLA. EL PLANO DE FALLA SE ORIENTA N60°E/42°NW.	3-164
FOTO 3-15. PANORÁMICA DEL ANTICLINAL DE LAS PAVAS SOBRE LA LADERA SUR DEL RÍO TURMEQUÉ; LA ESTRUCTURA ES CERRADA CON PLANO AXIAL SUBVERTICAL E INMERSIÓN MODERADA TANTO AL SUROESTE COMO AL NORESTE; EN EL NÚCLEO APARECE LA FORMACIÓN CONEJO (K2C) Y EN LOS FLANCOS LA FORMACIÓN ARENISCA DURA (K2D).	3-165
FOTO 3-16. TRAZO APROXIMADO EN SUPERFICIE DE LOS PLIEGUES ANTICLINAL Y SINCLINAL DE PACHAVITA DESARROLLADOS EN ROCAS DE LA FORMACIÓN UNE.	3-166

3. MEDIO FÍSICO

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

3.1 Clima

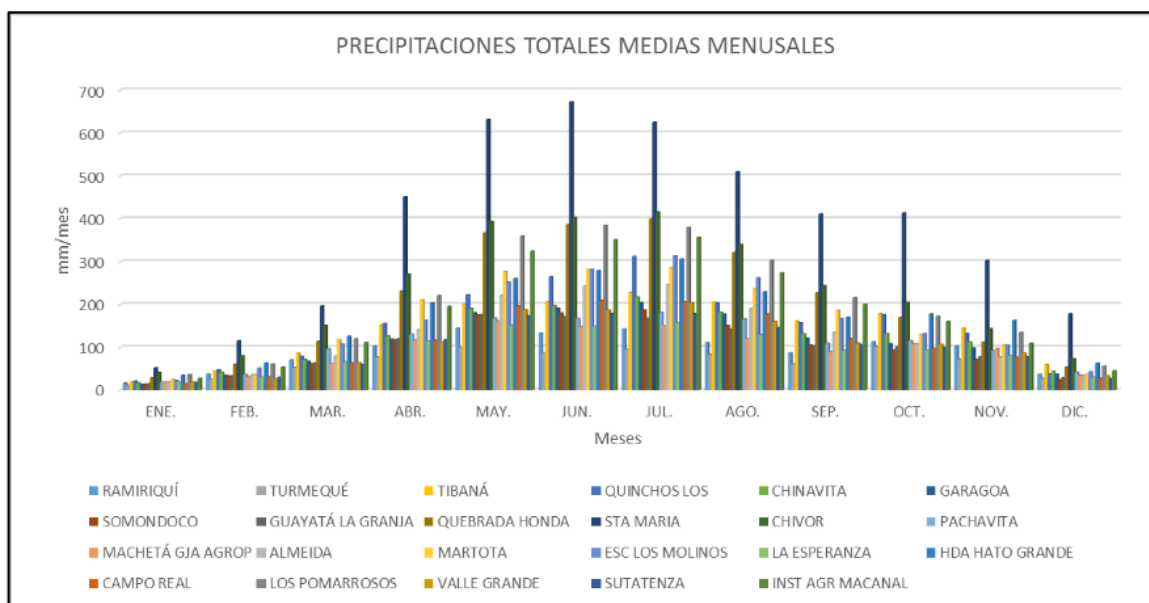
La jurisdicción de CORPOCHIVOR se encuentra dentro del rango altitudinal comprendido entre 300 m.s.n.m. en el municipio de San Luis de Gaceno y los 3.500 m.s.n.m, dicha diferencia altitudinal da origen a diversos pisos térmicos y bioclimáticos, con climas que van desde el cálido, medio, frío y páramo, del cual se evidencia un régimen monomodal con pequeñas variaciones locales, con un rango de precipitación promedio anual desde 796 mm en el norte y, 4.600 mm en el sur de la jurisdicción, calculado a través de las series históricas de precipitación, con datos medidos desde 1.960 al año 2015 en las 53 estaciones convencionales con influencia en la jurisdicción (PGAR – CORPOCHIVOR, 2020).

3.1.1 Precipitación

Tomando como base el estudio Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa, realizado en el 2018, para el DRMI páramo de Cristales Castillejo o Guachaneque, el comportamiento de la precipitación muestra que de manera general se presenta una mayor precipitación al sur de la cuenca hidrográfica, hacia el sur oriente de la cuenca hacia la cuenca media, en el valle de los ríos Tibaná y Garagoa la precipitación desciende progresivamente en cuanto se presentan variaciones topográficas, en donde la interacción de las montañas y los valles de los ríos principales desencadenan este tipo de eventos; la precipitación encuentra valores entre 1294 mm/anuales en la estación Valle Grande (35070550) y los 796 mm/anuales en la estación Turmequé, finalmente hacia los municipios de Ciénega, Viracachá y Soracá, localizados hacia el nororiente de la cuenca, donde se encuentra ubicada la estación Villa Luisa (35075030), se registra la precipitación más baja con valores que oscilan entre los 400 mm a 700 mm; igualmente, se puede

observar en la región que cobija los Municipios de Ventaquemada, Turmequé, al noroccidente de la cuenca hidrográfica del río Garagoa en donde se encuentran las estaciones Ventaquemada (35070020) y Nuevo Colon (35075010) se evidencia una precipitación media anual de 899 mm y 939 mm respectivamente, como se muestra en la figura a continuación:

Figura 3-1. Precipitaciones medias mensuales.



Fuente: Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca del río Garagoa 2018.

De acuerdo a la información de los registros mensuales multianuales entre 1955 hasta 2016 (con rangos anuales variados) y teniendo en cuenta las estaciones localizadas en el área de influencia del DRMI páramo de Cristales Castillejo o Guachaneque (Tabla 3-1), se presentan los registros de precipitación media mensual multianual (Tabla 3-2) y se realizó la evaluación de la precipitación a nivel de subcuencas como se muestra a continuación:

- **Subcuenca del río Guaya.** Teniendo en cuenta los registros de la estación La Capilla, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.011,3 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de junio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (153,65 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de noviembre a febrero.
- **Subcuenca del río Garagoa.** Teniendo en cuenta los registros de las estaciones de Chinavita, Garagoa, Pachavita, Valle Grande y Sutatenza, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.203,4 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de mayo a

agosto, siendo este último mes el que registra el valor medio mensual multianual más alto (849 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo.

- **Subcuenca del río El Bosque.** Teniendo en cuenta los registros de la estación Úmbita, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 984,53 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (134,99 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo
- **Subcuenca del río Tibaná.** Teniendo en cuenta los registros de la estación Tibaná, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 1.115,63 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (153,01 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo
- **Subcuenca del río Turmequé.** Teniendo en cuenta los registros de las estaciones Ventaquemada y Nuevo Colón, el promedio de precipitación en la subcuenca es de 969,27 mm al año, presentando un régimen monomodal con mayores valores de precipitación entre los meses de abril a agosto, siendo el mes de julio el que registra el valor medio mensual multianual más alto (126,84 mm). El tiempo seco se registra entre los meses de diciembre a marzo.

Tabla 3-1. Estaciones localizadas en área del DRMI páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque.

No.	Municipio	Código de la estación	Nombre de la estación	Tipo de estación	Subcuenca	Años de registro
1	Pachavita	3507021	Pachavita	Pluviométrica	Garagoa	1976-2016
2	Úmbita	3507005	Úmbita	Pluviométrica	El Bosque	1956-2016
3	La Capilla	80094	La Capilla	Climatológica ordinaria	La Guaya	2005-2016

Fuente: CORPOCHIVOR, 2020.

Tabla 3-2. Registros de precipitación media mensual multianual (mm).

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

Fuente: CORPOCHIVOR, 2019.

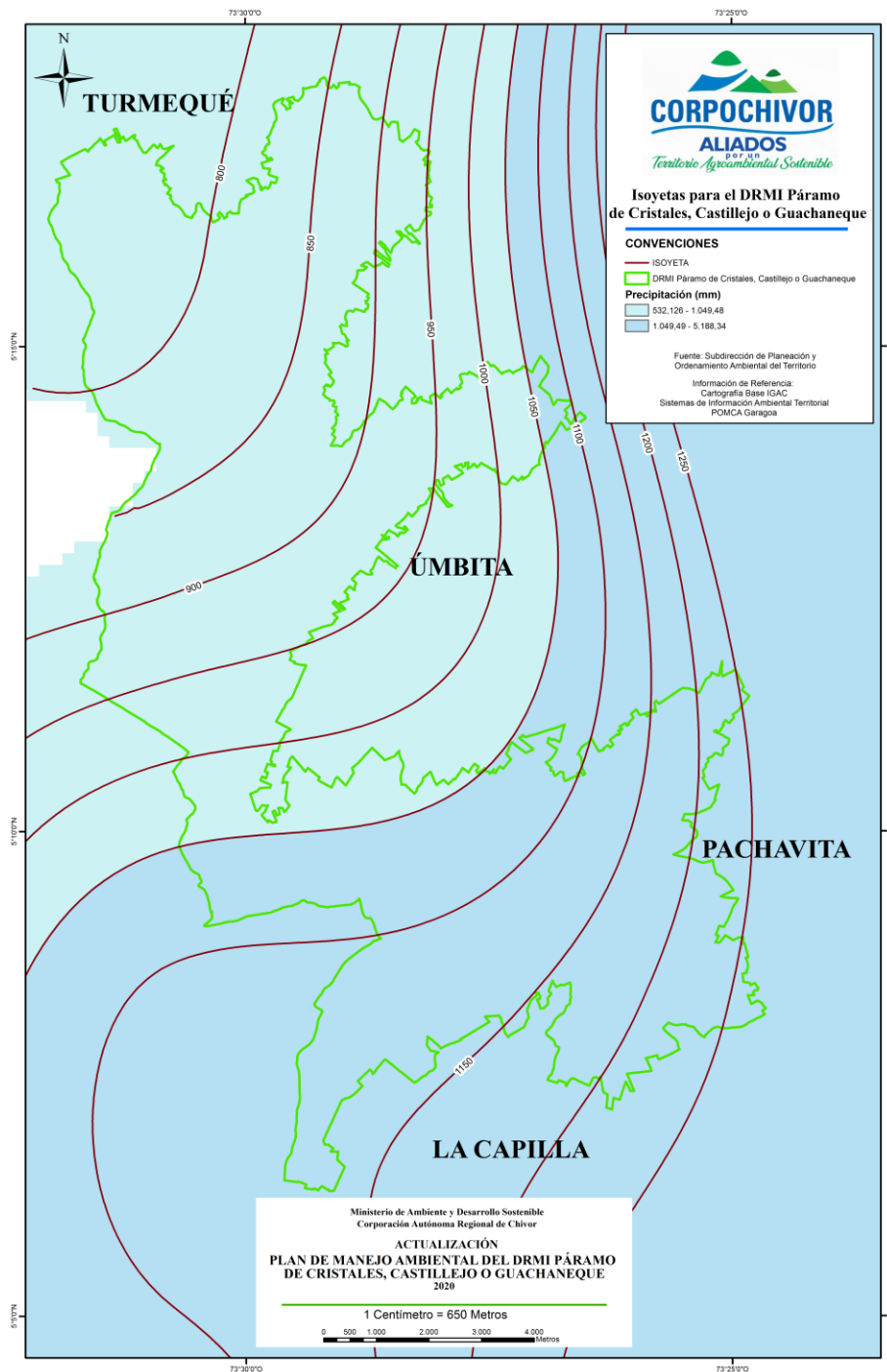
Así mismo, en el área del DRMI se pueden destacar dos zonas de comportamiento espacial de las lluvias, a saber:

- **Parte baja del DRMI:** Registra precipitaciones que oscilan entre los 1.000 a 1.400 mm. Esta zona se encuentra asociada a los municipios de Pachavita, La Capilla y la parte baja de Úmbita (CORPOCHIVOR, 2019).
- **Parte alta del DRMI:** Asociada a la parte alta del municipio de Úmbita y el municipio de Turmequé, presenta los índices más bajos de precipitación, con valores promedios anuales, menores a los 1.000 mm Úmbita (CORPOCHIVOR, 2019).

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

Es así como, los valores anuales de precipitación y temperatura exhiben diferencias en la superficie definida del área de estudio. Para la precipitación se observa un gradiente entre 1080 y 2518 mm anuales; para la temperatura los valores varían entre 9 y 20°C (Figura 3-2).

Figura 3-2. Mapa de isoyetas en área del DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



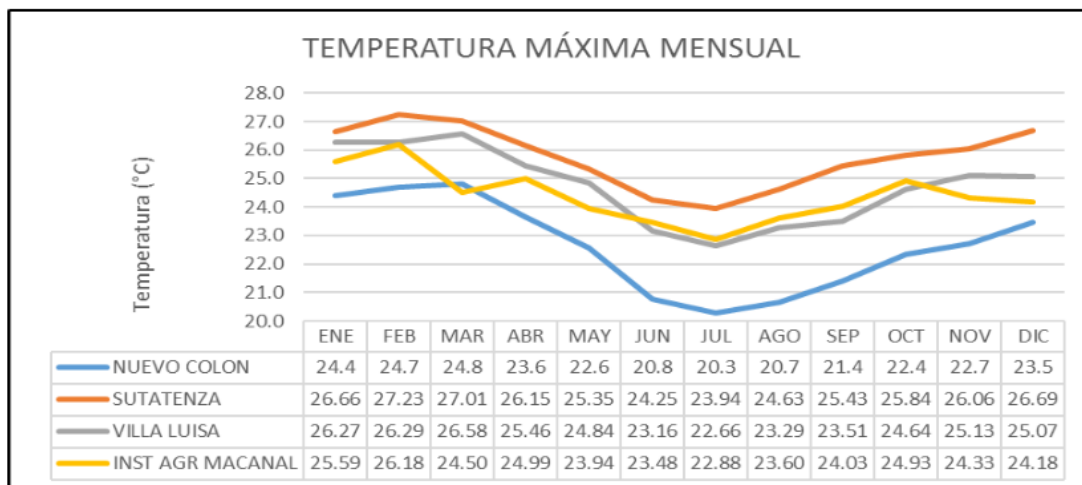
Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.1.2 Temperatura

Según el POMCA, 2018, la temperatura media para el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, varía de acuerdo a condiciones locales, principalmente influenciada por las variaciones topográficas, debido a que esta depende directamente de la elevación del terreno. Evaluada la información, se tomó como base de estudio para el DRMI reportes de cuatro estaciones ubicadas en jurisdicción de CORPOCHIVOR que miden la temperatura a lo largo del año, estas son: Nuevo Colón (35075010), Sutatenza (35075020), Villa Luisa (35075030), Ins Agro Macanal (35075040).

Dentro del análisis se pudo observar que la temperatura máxima mensual promedio para todas las estaciones son de 27,2°C.; el mes con mayor registro en promedio corresponde al mes de febrero, con un valor de 27,23 °C, correspondiente a la estación Sutatenza, las temperaturas más bajas se registran en el mes de julio, con valores promedio de 22,44 °C para todas las estaciones y la estación que reporta el valor más significativo corresponde a Nuevo Colón, con el valor máximo más bajo de 20,3 °C.

Figura 3-3. Temperaturas medias mensuales DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Para el análisis de la temperatura en el área del DRMI se tuvieron en cuenta los registros de la estación Chinavita, ubicada a 1.900 msnm, datos a partir de los cuales se calcularon los registros para el área de estudio, mediante el sistema o metodología del gradiente vertical de temperatura (GVC), el cual consiste en aumentar o disminuir la temperatura en 0,625 °C por cada 100 metros de diferencia de altura (Tabla 3-3).

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

Cálculo de temperatura método GVC		Temperatura (°C)											
		En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag	Sep	Oct	Nov	Dic
Sitio	Altitud (msnm)												
Estación Chinavita	1.900	19,42	19,89	19,69	19,70	19,52	18,97	18,73	18,83	18,54	19,25	19,97	19,74
DRMI	2.150	17,9	18,3	18,1	18,1	18,0	17,4	17,2	17,3	17,0	17,7	18,4	18,2
	3.450	9,73	10,20	10,00	10,01	9,83	9,28	9,04	9,14	8,85	9,56	10,28	10,05
S. Guaya	1.350	21,60	21,70	21,90	21,90	21,40	19,80	19,80	20,10	20,60	21,20	21,60	21,40
	3.150	19,25	19,35	19,55	19,55	19,05	17,45	17,45	17,75	18,25	18,85	19,25	19,05
S. Garagoa	1.300	28,24	28,34	28,54	28,54	28,04	26,44	26,44	26,74	27,24	27,84	28,24	28,04
	3.450	15,28	15,38	15,58	15,58	15,08	13,48	13,48	13,78	14,28	14,88	15,28	15,08
S. Bosque	1.850	24,49	24,59	24,79	24,79	24,29	22,69	22,69	22,99	23,49	24,09	24,49	24,29
	3.400	15,59	15,69	15,89	15,89	15,39	13,79	13,79	14,09	14,59	15,19	15,59	15,39
S. Tibaná	1.650	24,49	24,59	24,79	24,79	24,29	22,69	22,69	22,99	23,49	24,09	24,49	24,29
	3.200	16,84	16,94	17,14	17,14	16,64	15,04	15,04	15,34	15,84	16,44	16,84	16,64
S. Turmequé	1.950	24,18	24,28	24,48	24,48	23,98	22,38	22,38	22,68	23,18	23,78	24,18	23,98
	3.450	15,28	15,38	15,58	15,58	15,08	13,48	13,48	13,78	14,28	14,88	15,28	15,08

Fuente: Calculado con base en la información CORPOCHIVOR, 2019.

De acuerdo a la información de CORPOCHIVOR (2019), la temperatura media en el DRMI oscila entre 8.85 y 18,4, siendo los meses de febrero y noviembre los que presentan valores más altos y los meses de julio y septiembre los de menor temperatura.

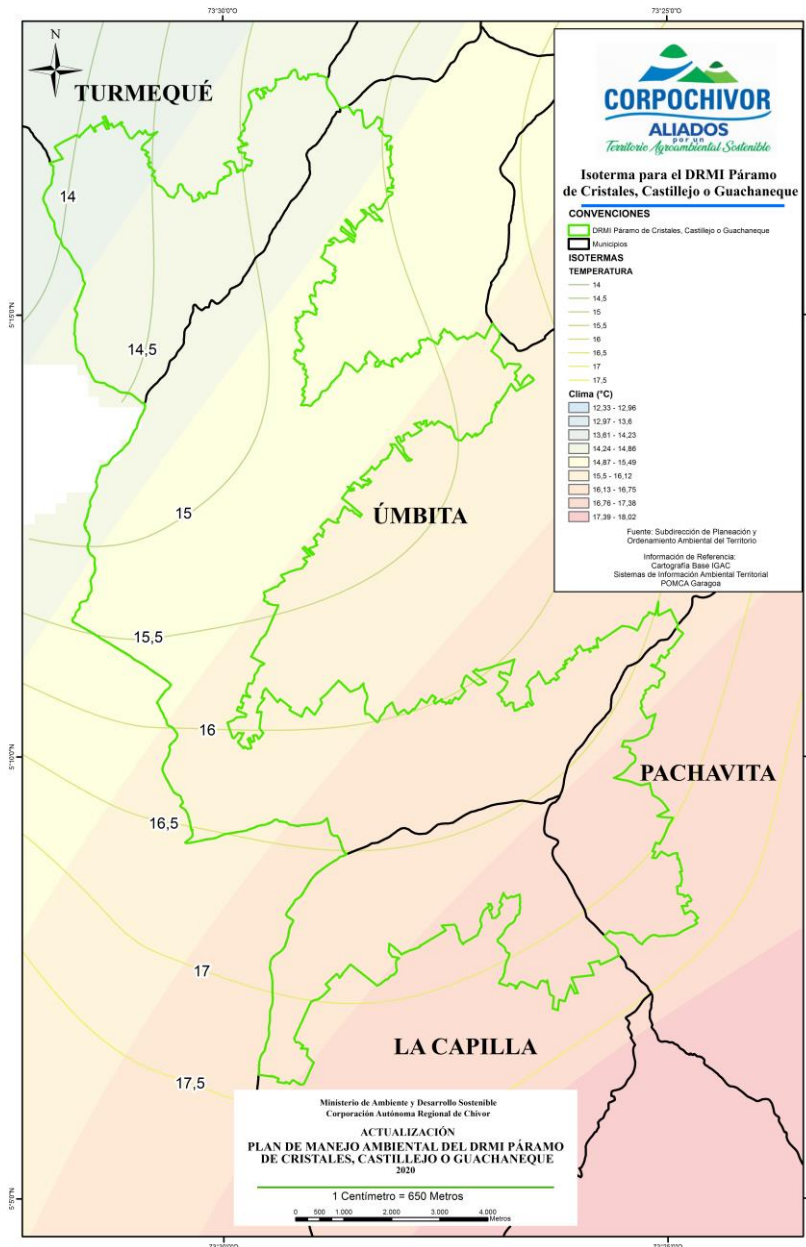
A continuación, se presenta la información de temperatura para cada una de las subcuencas asociados al DRMI.

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

- **Subcuenca del río Turmequé.** La temperatura media para la subcuenca es de 19,2°C, oscilando entre los 14,8 y los 24,5°C.

A continuación, en la Figura 3-4 se relacionan las características de isotermas (temperatura media) en área del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guacheneque.

Figura 3-4. Mapa de isotermas en área del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guacheneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

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

3.1.3 Evapotranspiración potencial

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

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

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

Donde:

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

K: Coeficiente de corrección dependiente de la duración del día. (Para el DRMI se trabajó con el K mensual utilizado para el Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense)¹ (Tabla 3.4).

Tabla 3-4. Coeficiente de corrección.

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

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

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

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

a: Coeficiente definido por la fórmula:

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

De esta manera la ETP calculada para DRMI se presenta en la Tabla 3.5.

¹ IGAC-ORSTOM. 1984. Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense. p 219. Bogotá.

Tabla 3-5. Evapotranspiración calculada para el DRMI (por la fórmula de Thornthwaite).

MES	°C	i	a	ETP
Enero	13,8	4,6483420	0,388424	22,80
Febrero	14,3	4,8902029	0,388424	23,10
Marzo	14,1	4,7867746	0,388424	22,98
Abril	14,1	4,7919281	0,388424	22,98
Mayo	13,9	4,6994525	0,388424	22,87
Junio	13,3	4,4207071	0,388424	22,51
Julio	13,1	4,3008973	0,388424	22,35
Agosto	13,2	4,3506822	0,388424	22,42
Septiembre	12,9	4,2068435	0,388424	22,23
Octubre	13,6	4,5618909	0,388424	22,69
Noviembre	14,3	4,9317840	0,388424	23,15
Diciembre	14,1	4,8125612	0,388424	23,01
TOTAL		55,4020662		273,10

Fuente: Calculado con base en la información CORPOCHIVOR, 2019.

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

3.1.3.1 Balance hídrico

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

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

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

Teniendo en cuenta los promedios de las precipitaciones determinados al igual que la EPT del área de estudio, se calcularon los valores que se presentan en la (Tabla 3.6), información de la cual observar, que para el DRMI la precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un

déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero, coincidiendo con la temporada seca.

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

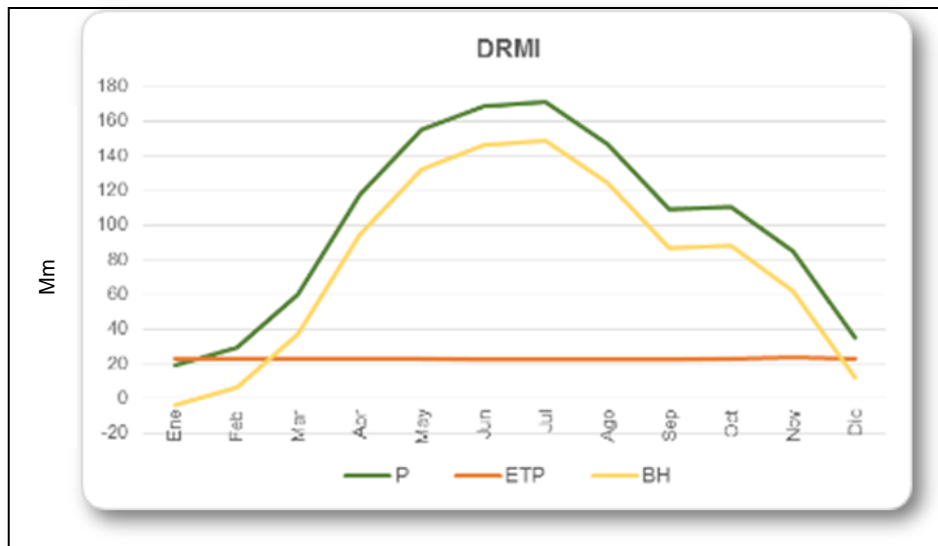
Similar situación se presenta en las subcuencas asociadas al DRMI, denotándose:

Tabla 3-6. Balance hídrico de las subcuencas asociadas al DRMI.

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

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

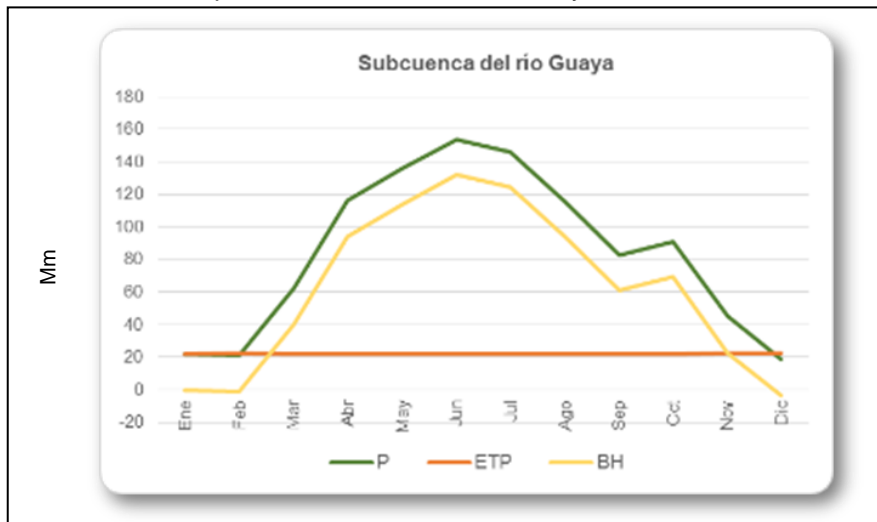
Figura 3-5. Balance hídrico para el DRMI.



P: Precipitación, ETP: Evotranspiración, BH: Balance hídrico.
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

- **Subcuenca del río Guaya:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante nueve de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero (Figura 3-6).

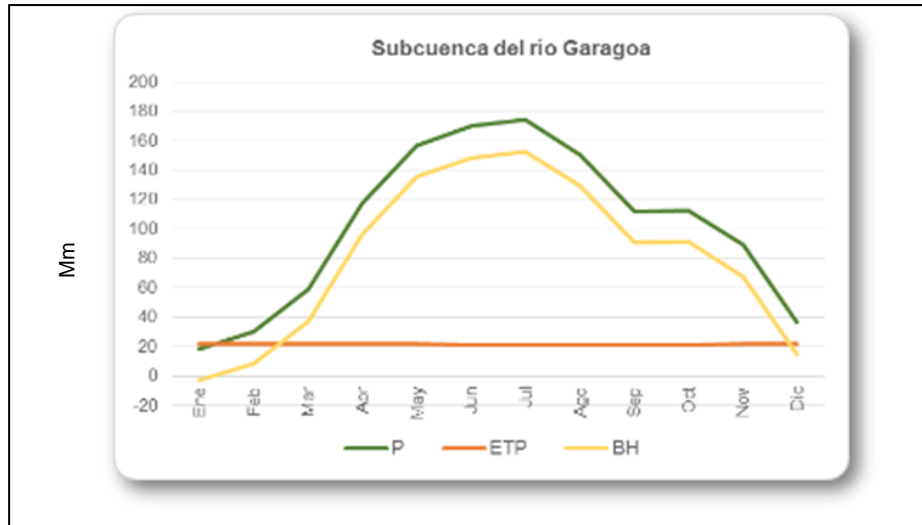
Figura 3-6. Balance hídrico para la subcuenca del río Guaya.



P: Precipitación, ETP: Evotranspiración, BH: Balance hídrico.
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

- **Subcuenca del río Garagoa:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 3-7).

Figura 3-7. Balance hídrico para la subcuenca del río Garagoa.

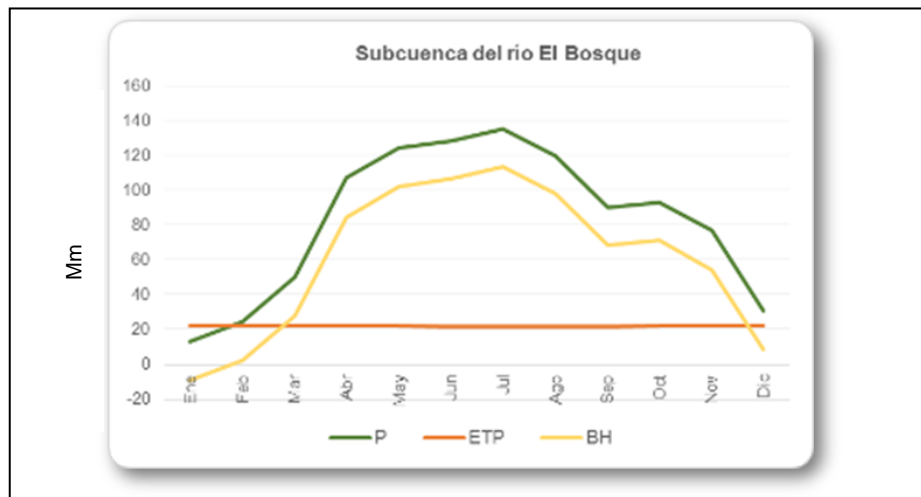


P: Precipitación, ETP: Evotraspiración, BH: Balance hídrico.

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

- **Subcuenca del río El Bosque:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante diez de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 3-8).

Figura 3-8. Balance hídrico para la subcuenca del río El Bosque.

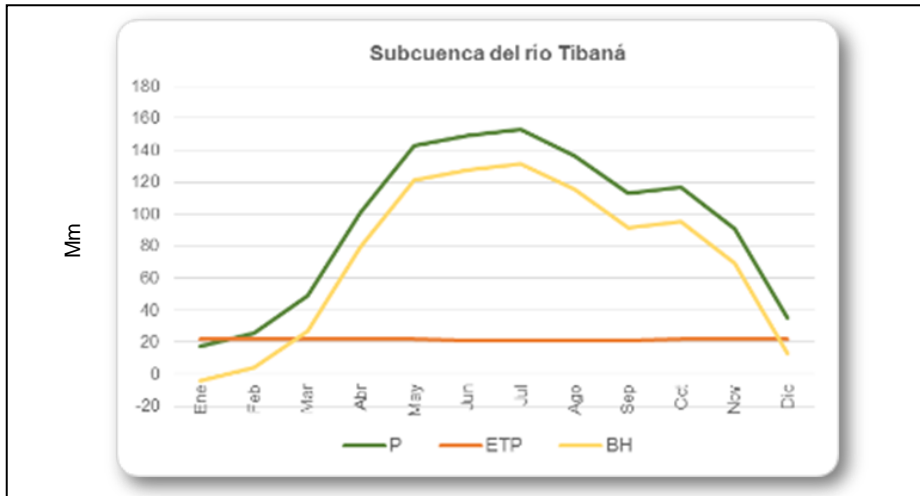


P: Precipitación, ETP: Evotraspiración, BH: Balance hídrico.

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

- **Subcuenca del río Tibaná:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 3-9).

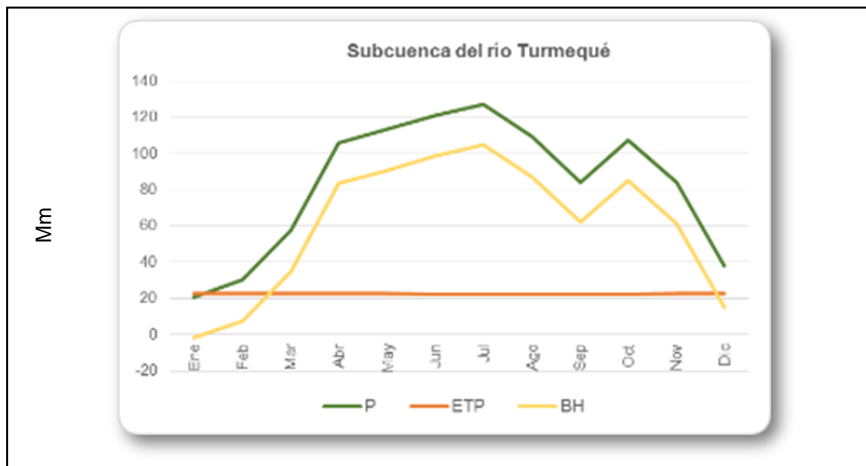
Figura 3-9. Balance hídrico para la subcuenca del río Tibaná.



P: Precipitación, ETP: Evotranspiración, BH: Balance hídrico.
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

- **Subcuenca del río Turmequé:** La precipitación supera en cantidad a la evapotranspiración potencial durante once de los doce meses del año, reportándose un déficit de humedad en los meses de diciembre, enero y febrero (Figura 3-11).

Figura 3-10. Balance hídrico para la subcuenca del río Turmequé.



P: Precipitación, ETP: Evotranspiración, BH: Balance hídrico.
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

En este orden de ideas, la situación encontrada es de un ecosistema de gran importancia en la regulación del recurso hídrico, ya que tiene once meses para su almacenamiento, la época de déficit se debe manejar con el mantenimiento del macizo, ya que, de seguir el avance de las actividades antrópicas, el desequilibrio puede aumentar, ya que se perdería la cobertura vegetal existente que permite su almacenamiento y regulación de caudales (CORPOCHIVOR *et al.*, 2009).

3.1.4 Zonificación climática

Basados en el estudio Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá² y el estudio CORPOCHIVOR *et al.*, 2009, realiza la zonificación climática para el DRMI, el detalle de las unidades topoclimáticas definidas para el área del DRMI se presenta en la Tabla 3.7.

Tabla 3-7. Discriminado de las unidades topoclimáticas en el área del DRMI.

	Zona de vida	Precipitación (mm)	Clima	Área (ha)	%
A	Zona Subpáramo (páramo bajo)	800-1.000	ligeramente húmedo	572,78	4,95
	Zona Andina (alta)		ligeramente húmedo	4.791,38	41,40
			moderadamente húmedo	496,46	4,29
			ligeramente húmedo	264,80	2,29
			moderadamente húmedo	235,46	2,03
Zona Andina (baja-media)					
B	Zona Subpáramo (páramo bajo)	1.000-1.200	moderadamente húmedo	156,74	1,35
	Zona Andina (alta)		húmedo	2,65	0,02
			húmedo	136,22	1,18
			húmedo	239,62	2,07
Zona Subandina		moderadamente húmedo	4,48	0,04	
C	Zona Subpáramo (páramo bajo)	1.200-1.400	húmedo	116,14	1,00
	Zona Andina (alta)		muy húmedo	1.483,06	12,81
			moderadamente húmedo	9,23	0,08
			húmedo	921,26	7,96
			superhúmedo	542,78	4,69
			moderadamente húmedo	37,58	0,32
			húmedo	1.562,81	13,50
Total, DRMI				11.574	100,00

Fuete: CORPOCHIVOR *et al.*, 2009.

Adicionalmente se realizó el estudio de la Clasificación climática por Caldas Lang en DRMI Cristales, Castillejo o Guacheneque, como se muestra en la (Tabla 3-8) y (Figura 3-12).

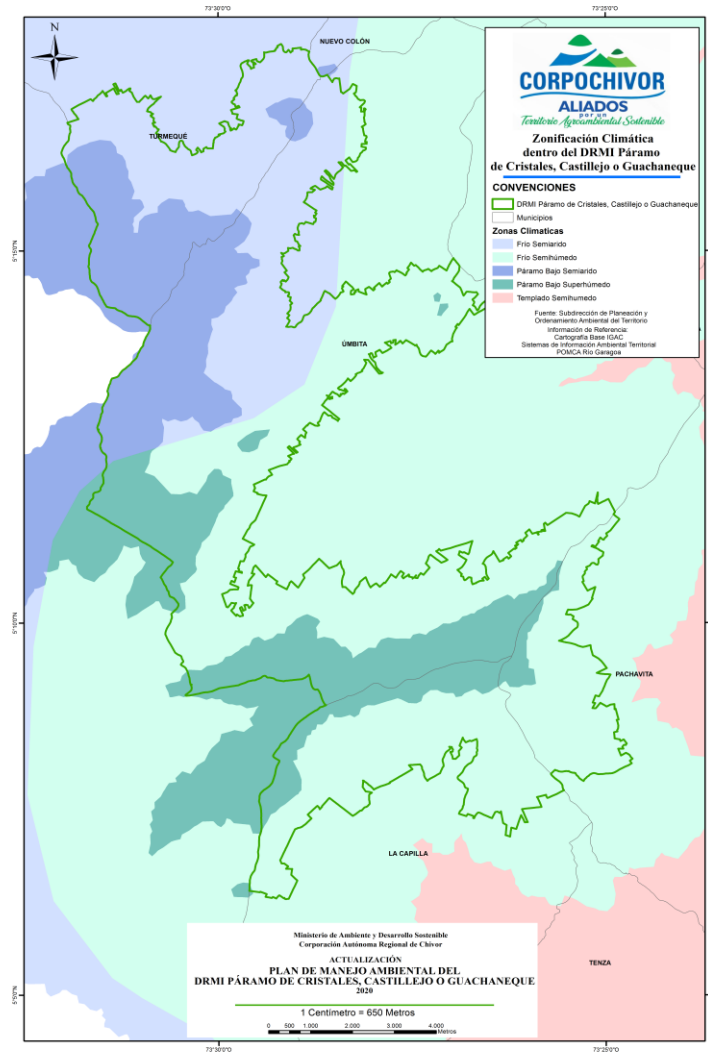
² CORPOCHIVOR y CAR en conjunto con MINAMBIENTE, en el marco del Convenio Interadministrativo FONADE – CAR, en calidad de coordinador (2002). Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá.

Tabla 3-8. Clasificación climática por Caldas Lang en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.

CLIMA	SIMBOLO	AREA – Has.
Frio Semiárido	Fsa	2389,088848
Frio Semihúmedo	Fsh	5267,474183
Paramo Bajo Semihúmedo	Pbsh	1914,011174
Paramo Bajo Superhúmedo	FSH	2001,742342

Fuente: CORPOCHIVOR, 2020.

Figura 3-11. Zonificación climática DRMI páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

En área del DRMI se encontraron 4 diferentes tipos climáticos, en donde predominan los climas Frío Semihúmedo y Frío Semiárido en mayor proporción, en la Tabla 3-8 se presentan los climas identificados y su extensión.

3.1.5 Conclusiones

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

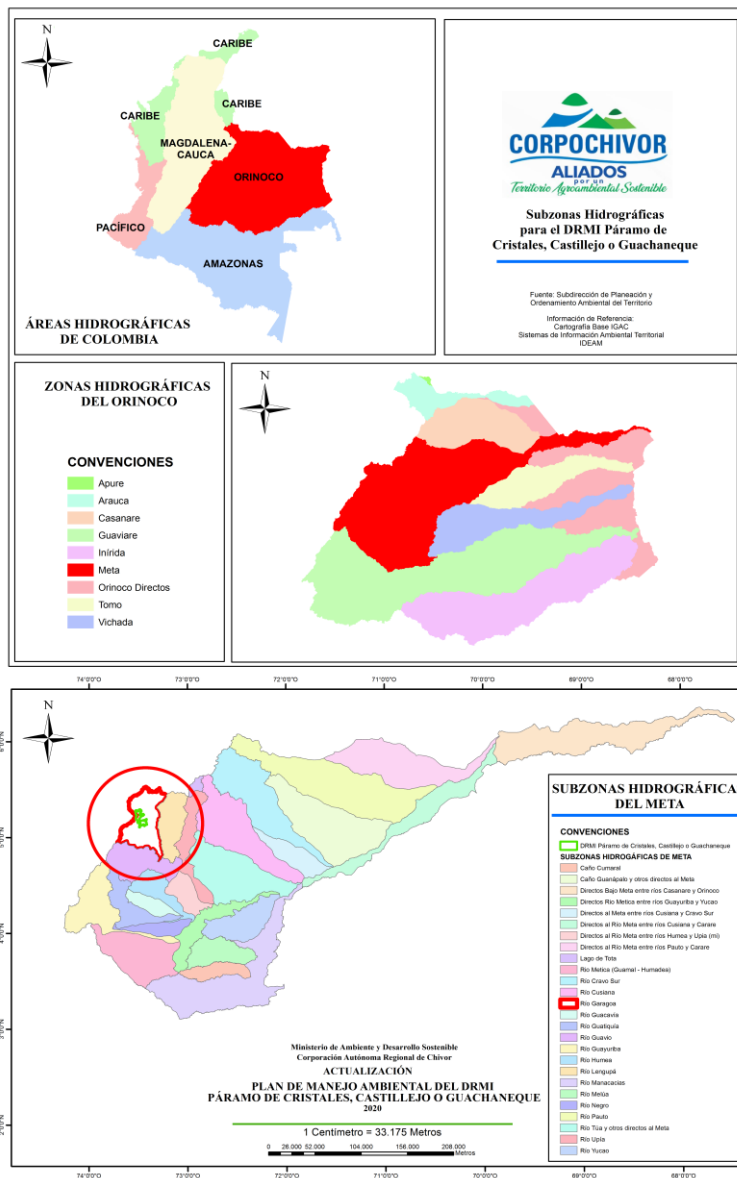
3.1.6 Hidrología

La hidrología se encarga del estudio del comportamiento y distribución del agua superficial en la tierra a lo largo del tiempo, con el fin de obtener herramientas que sirvan de soporte para la toma de decisiones acertadas en la gestión del recurso hídrico, tan importante para la comunidad, teniendo en cuenta las condiciones locales y regionales de la cuenca. El estudio del componente hidrológico se encuentra orientado a la identificación y evaluación de las unidades hidrológicas relacionadas con el área de influencia indirecta del DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, teniendo en cuenta que estas determinan las condiciones en cuanto a oferta hídrica con que cuenta el DRMI, su comunidad, así como también la oferta del recurso para el desarrollo de actividades productivas que se desarrollan, con el fin de evitar posibles conflictos de uso por el recurso (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.1.6.1 Localización hidrográfica del área del DRMI.

El Distrito Regional de Manejo Integrado páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque se encuentra ubicado en el área hidrográfica del Orinoco, zona hidrográfica del Meta, parte oeste de la subzona hidrográfica de Chivor o cuenca del río Garagoa (Figura 3-12).

Figura 3-12. Zonificación hidrográfica del DRMI.

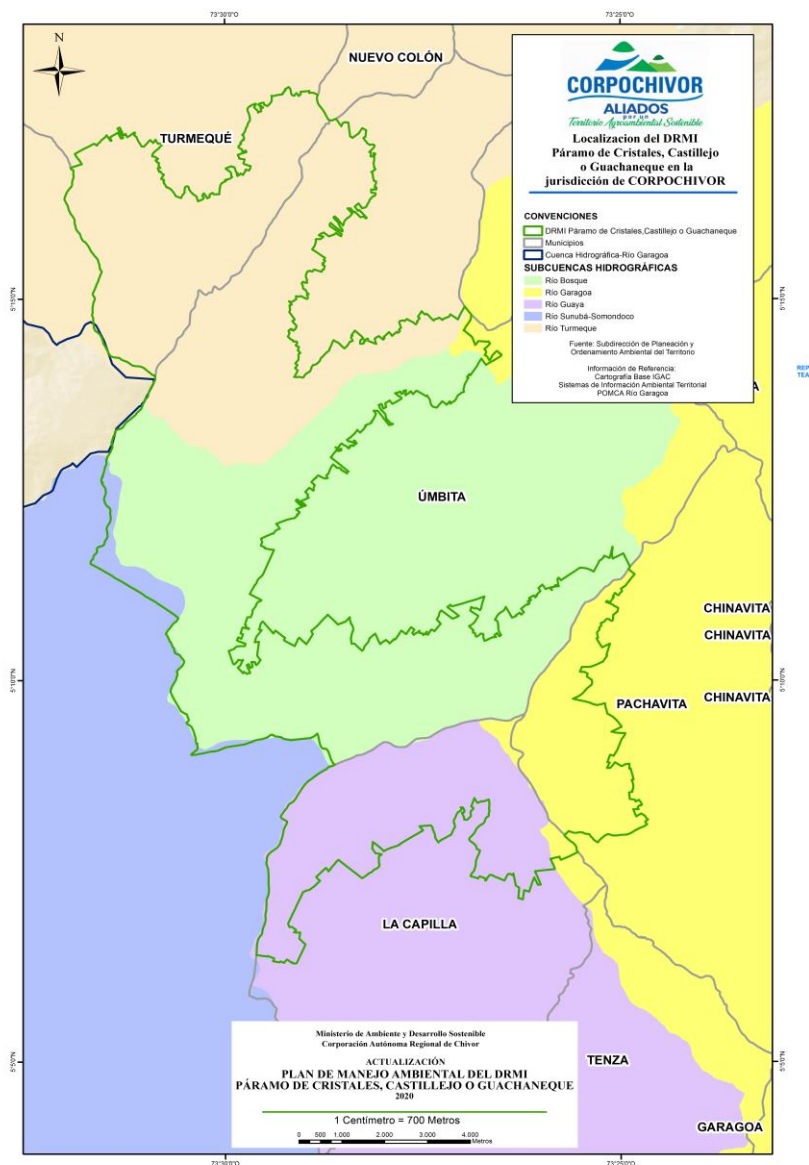


Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.1.6.2 Subcuencas asociadas al DRMI

La descripción de las áreas de drenaje asociadas al DRMI tiene como origen el desarrollo del componente hídrico del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca del río Garagoa 2018, las subcuencas del río Garagoa asociadas al área del DRMI se presentan en la (Figura 3-14) y (Tabla 3-9).

Figura 3-13. Subcuencas asociadas al territorio del DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Tabla 3-9. Subcuencas Río Garagoa asociadas al DRMI páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque.

CODIGO	SUBCUENCA	AREA_ha	ÁREA DRMI	% DRMI DE LA SUBCUENCA	% DRMI
3507-09	Río Guaya	9494,8	1744,4	18%	15%

3507-10	Río Sunubá-Somondoco	46113,1	0,1	0%	0%
3507-02	Río Garagoa	20138,8	1115,1	6%	10%
3507-08	Río Bosque	8877,8	4394,1	49%	38%
3507-07	Río Turmeque	23698,4	4121,1	17%	36%
3507-10	Río Sunubá-Somondoco	7181,1	197,5	3%	2%
TOTAL		115504	11574	10%	100%

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

En el DRMI se encuentra el 49% de la subcuenca del río Bosque, la cual ocupa todo el sector medio del Distrito y es la única a la cual tributan los afluentes que nacen en los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque, seguido por la subcuenca del Río Guaya con 18%, Río Turmequé 17%, Río Garagoa 6% y Río Sunubá-Somondoco con 3%.

En su orden, las subcuencas que ocupan el territorio en el DRMI son la del río El Bosque (38%), río Turmequé (36%), río Guaya (15 %), río Garagoa (10%), La descripción de cada una de las subcuencas se presenta a continuación:

▪ **Subcuenca Río Garagoa**

Localizada en el sector suroriental del DRMI en jurisdicción de los municipios de Pachavita, Chinavita, Garagoa y Tenza, ocupa una extensión total de 22.003,70 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que nace en el páramo de Cristales. Los principales afluentes que dan origen al río Garagoa corresponden a las quebradas El Hatillo, Roavita, Las Moyas, Los Potreros, El Volcán, La Esmeralda, Sicha, Cementerio, Gacal, Soaquira, Laja, Sinaí, La Chapa, El Chuscal, Chorro Hondo y La Quiña (POMCA Río Garagoa, 2018).

En la subcuenca del río Garagoa se encuentra localizada la estación El Caracol (35077120) estación Limnigráfica, la cual reporta una serie de datos en el periodo de 1983-2013, contando con una serie de 30 años, descontando el año 2005 por inconsistencia de datos. En la estación El Caracol, se registran caudales medios mensuales multianuales de 27,1 m³/s, evidenciándose un comportamiento monomodal de los caudales, consistente en una temporada de caudales máximos con un pico bien diferenciado en la mitad del año. En el primer semestre se presenta un incremento progresivo de los caudales medios a partir del mes de enero con valores de 6,6 m³/s, hasta el mes de julio, cuando se registran los caudales más altos, con valores de 64,1 m³/s, posteriormente se inicia un proceso de descenso de caudales el cual presenta un leve estancamiento en los meses de septiembre y octubre, cuando los caudales son muy parejos, (30,9 m³/s y 29,3 m³/s respectivamente) para finalmente descender hasta 13,2 m³/s en el mes de diciembre (POMCA Río Garagoa, 2018).

▪ **Subcuenca del río Guaya.**

Localizada en el sector sur del DRMI en jurisdicción de los municipios de La Capilla, Pachavita y Tenza, ocupa una extensión de 9.474,91 ha sobre un patrón de drenaje

dendrítico, que nace en el páramo de Cristales. Los principales afluentes que dan origen al río Guaya corresponden a las quebradas La Batea, Mazamorra, La Colorada, Agua Blanca, Abaquín, Los Moreno, El Volcán, Canatoque, Madre Juana, El Molino, La Clavellina, La Honda y La Gusba (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Subcuenca del río Bosque.**

Localizada en el sector medio del DRMI en jurisdicción del municipio de Úmbita ocupa una extensión de 9.103,21 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que tiene su origen en los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque. Los principales afluentes que dan origen al río Bosque corresponden a las quebradas Tasvita, Pantano Colorado, Caibo, Castillejo, Blanca, Agua Caliente, El Barrial y Colorada, la cañada Uvero y caño Rosal (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Subcuenca del río Turmequé.**

Localizada en el sector norte del DRMI en jurisdicción de los municipios de Turmequé, Úmbita, Ventaquemada, Nuevo Colón y Tibaná ocupa una extensión de 32.033,10 ha sobre un patrón de drenaje dendrítico, que nace en el páramo de Castillejo o Guachaneque. Los principales afluentes que aportan al río Turmequé corresponden a las quebradas Volador, Honda, Pantano, Peña Blanca, Páscata y Juratá que dan origen al río Muincha; las quebradas Samacá, Bollote, Rosal y Cañada Teguanque que dan origen al río Albarracín; y las quebradas Buitrera, Llano Grande, Bosque, Pavas y Sorda que dan origen al río Icabuco (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Subcuenca del Río Súnuba – Somondoco**

En la cuenca del río Súnuba-Somondoco se encuentra localizada la estación Barbosa Termales (35077140), estación limnigráfica que reporta una serie de datos en el periodo de 1987 a 2013, contando con una serie analizada de 21 años debido a la ausencia de información en algunos años. En la estación de Barbosa Termales se registran caudales medios mensuales multianuales de 8,97 m³/s, evidenciándose un comportamiento bimodal incipiente con tendencia a la variación en la segunda mitad del año. En el primer semestre se presenta un incremento progresivo de los caudales medios a partir del mes de enero con valores de 3,9 m³/s, hasta el mes de julio, cuando se registran los caudales más altos, con valores de 25,8 m³/s, posteriormente se inicia un proceso de descenso de caudales el cual presenta un leve estancamiento en los meses de septiembre, octubre y noviembre, cuando los caudales son muy parejos, (14,9 m³/s, 15,9 m³/s respectivamente) para finalmente descender hasta 6,3 m³/s y 13,8 m³ en el mes de diciembre (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.1.6.2.1 Características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI

Las características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI se presentan en la (Tabla 3-10).

Tabla 3-10. Características morfométricas de las subcuencas asociadas al DRMI.

Subcuenca	Área (km ²)	Perímetro (km)	Elevación (msnm)	Longitud (km)	Factor de forma (F _f)	Coefficiente de compacidad (K _c)	Índice de alargamiento (I _a)	Tiempo de concentración (horas)	Forma (*)	Tipo de creciente (**)
Río Guaya	95	42	2.130	14	0,42	1,30	1,59	1,18	R	S
Río Garagoa	220	83	2.047	27	0,36	0,48	1,89	3,78	R	L
Río Bosque	91	45	2.629	15	0,48	1,53	1,53	1,60	R	L
Río Turmequé	320	90	2.727	18	0,99	0,25	0,96	2,87	R	L

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

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

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

3.1.6.3 Red hídrica en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque

A continuación, se relaciona la red hídrica presente en los municipios de La Capilla, Pachavita, Turmequé y Úmbita, con relación al área del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque con un total de 60 cuerpos de agua con un total de 81463, 34 mts., como se muestra en la (Tabla 3-11) y se especializa en la (Figura 3-14).

Tabla 3-11. Red hídrica identificada para el DRMI páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque.

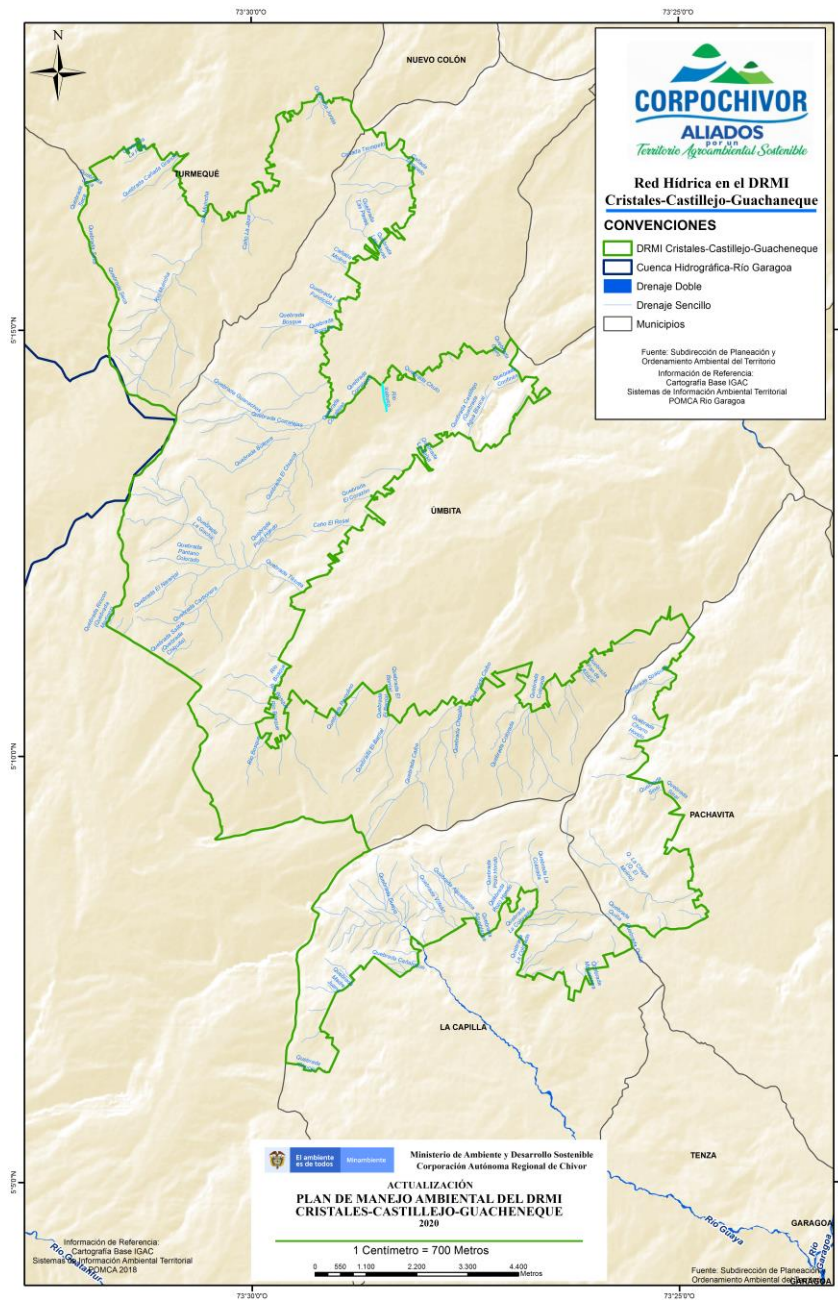
RED HIDRICA DRMI		
MUNICIPIO	NOMBRE	LONGITUD (Mts.)
LA CAPILLA	Quebrada Aguablanca	1011,6
	Quebrada Aguablanca	1332,92
	Quebrada Cañatoque	584,268
	Quebrada Chucio	84,382
	Quebrada Guaya	765,336
	Quebrada Guaya	1003,22
	Quebrada La Colorada	1483,08
	Quebrada La Colorada	839,847
	Quebrada Madre Juana	254,854
	Quebrada Mazamorra	378,193

	Quebrada Pozo Hondo	1495,07
	Quebrada Pozo Hondo	274,979
	Quebrada Volcán	900,685
	Quebrada Volcán	963,986
PACHAVITA	Q. La Chapa (Q. El Molino)	556,049
	Q. La Chapa (Q. El Molino)	3623,52
	Quebrada Chorro Hondo	333,692
	Quebrada Quiña	1199,75
	Quebrada Sinai	463,008
	Quebrada Soaquirá	1291,31
TURMEQUE	Caño La Jaza	1295,6
	Quebrada Cañada Grande	1659,18
	Quebrada Jurata	492,358
	Quebrada La Paila	775,489
	Quebrada Seca	817,347
	Río Muincha	4721,52
ÚMBITA	Cañada Molino	623,357
	Cañada Trompeto	1679,79
	Caño El Rosal	1024,55
	Quebrada Bosque	1448,84
	Quebrada Buitrera	2410,84
	Quebrada Caibo	4445,6
	Quebrada Cairo	78,8104
	Quebrada Carbonera	3002,57
	Quebrada Castillejo (Quebrada Agua Blanca)	8,92454
	Quebrada Castillejo (Quebrada Agua Blanca)	1179,87
	Quebrada Chiquita	1863,49
	Quebrada Chulo	292,16
	Quebrada Colorada	2314,75

Quebrada Confines	569,324
Quebrada Corralejas	3530,59
Quebrada El Barrial	2114,5
Quebrada El Chuscal	2523,49
Quebrada El Chuscal	340,797
Quebrada El Corazón	897,231
Quebrada El Naranjal	2051,9
Quebrada Guanachas	3873,44
Quebrada La Balsa	598,07
Quebrada La Fundición	495,155
Quebrada La Gacha	3447,58
Quebrada Las Pavas	1514,09
Quebrada Pan de Azucar	424,554
Quebrada Pantano Colorado	1772,48
Quebrada Pozo Hondo	1684,12
Quebrada Remolino	1355,14
Quebrada Rincon (Quebrada Martinez)	593,765
Quebrada Salitre (Quebrada Chiquita)	822,247
Quebrada Tásvita	1554,88
Río Bosque	1728,16
Río Icabuco	597,039
TOTAL GENERAL	81463, 34 mts.

Fuente: CORPOCHIVOR, 2020.

Figura 3-14. Red hídrica en Distrito Regional de Manejo Integrado Páramo de Cristales, Castillejo o Guacheneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.1.6.3.1 Concesiones de agua, usuarios y formas de abastecimiento

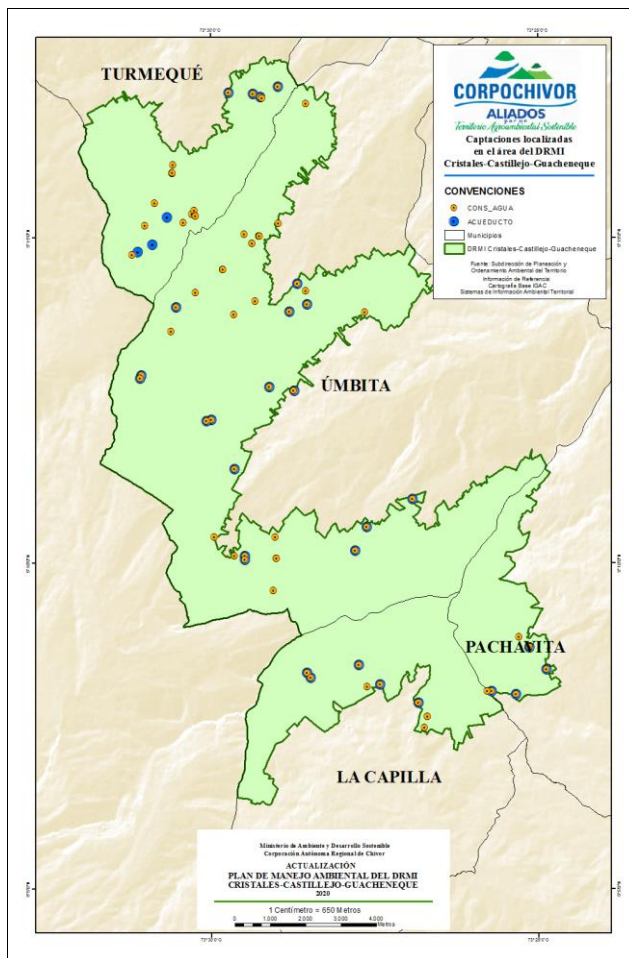
Para 2020, en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque la jurisdicción de CORPOCHIVOR existen 97 captaciones por lo que ha aumentado en 20 captaciones desde el año 2014 en el área del DRMI. El municipio con más concesiones de aguas es Úmbita, seguido de Turmequé, La capilla y Pachavita (Tabla 3-12) y (Figura3-17).

Tabla 3-12. Concesiones de agua en el DRMI.

No. Concesiones	LA CAPILLA	PACHAVITA	TURMEQUE	UMBITA	Total, general
	10	8	24	55	97

Fuente: Proyecto Administración y Manejo adecuado del Recurso hídrico – CORPOCHIVOR, 2020.

Figura 3-15. Captaciones localizadas en el área del DRMI.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Del total de las captaciones, 32 pertenecen (en el anterior plan de manejo -2014- se tenía conocidas 27 acueductos) a sistemas colectivos de abastecimiento (37%) con un total de 8.510 usuarios, los cuales captan 39,9 l/s, encontrándose el 74,1% de las captaciones en la Subcuenca del río Turmequé (Tabla 3-14). Se destaca la presencia de las captaciones que abastecen la población urbana de los municipios de Pachavita, Úmbita y Turmequé, así como el acueducto interveredal de La Capilla, entre otros.

Tabla 3-13. Distribución de las captaciones de sistemas colectivos por subcuencas.

Forma de abastecimiento	CORPOCHIVOR
Individuales	65
Sistemas colectivos	32
Total general	97

Fuente: Proyecto Administración y Manejo adecuado del Recurso hídrico – CORPOCHIVOR, 2020.

Se reportan 49 captaciones para concesiones particulares (63,6%) que son utilizadas en uso doméstico, pecuario y riesgo, las cuales utilizan un caudal de 17,08 l/s, predominando las mismas en la subcuenca del río Turmequé (Tabla 3-14).

Tabla 3-14. Distribución de las captaciones de concesiones particulares por subcuencas.

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

Fuente: CORPOCHIVOR, 2020.

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

3.1.6.4 Demanda del recurso hídrico en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.

El concepto de demanda comprende La sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes (POMCA Río Garagoa, 2018).

La evaluación de la de la demanda en el DRMI tiene como intención identificar la presión que ejercen los diferentes sectores y usuarios sobre la disponibilidad del recurso, la demanda establece un insumo indispensable para realizar el balance hídrico; al entender sus diferentes usos. En este aparte se analiza el volumen de agua utilizado para los sectores: agrícola, pecuario, servicios, industrias, doméstico y concesiones; estas últimas otorgadas por las diferentes Corporaciones con jurisdicción en la cuenca del río Garagoa.

▪ Demanda doméstica concesionada

La concesión de agua es el permiso que otorga la autoridad ambiental competente, su objetivo se basa principalmente en satisfacer las necesidades prioritarias del ser humano entre las que se encuentra el consumo humano, uso agropecuario, recreativo, entre otros. (POMCA Río Garagoa, 2018).

De acuerdo con las subcuencas identificadas en para el DRMI y tomando como base la información del Plan de Ordenamiento y Manejo de la cuenca del Rio Garagoa 2018, se presenta un resumen de la demanda concesionada doméstica, encontrando un mayor registro para la subcuenca Sunubá – Somondoco con 1,1328 Mm³/s (Tabla 3-15).

Tabla 3-15. Demanda concesionada domestica para el DRMI.

Demanda concesionada en (Mm ³ /s)	
Subcuenca el Bosque	0,0945
Subcuenca Garagoa	0,0522
Subcuenca Guaya	0,0064
Subcuenca Sunubá - Somondoco	1,1328
Subcuenca Turmequé	0,2084

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

▪ Demanda agrícola por subcuencas para el DRMI

El uso del agua en la producción agrícola se estableció en función de las necesidades de riego de los diferentes cultivos, con el propósito de alcanzar un equilibrio entre la cantidad de agua requerida por el cultivo, la pérdida por evapotranspiración, y la precipitación (POMCA Río Garagoa, 2018).

Se tomo como base de información el POMCA Río Garagoa, 2018, como punto de partida para identificar la demanda hídrica de cada municipio del DRMI, asociado a las subcuencas hidrográficas, como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 3-16. Demanda agrícola para el DRMI.

MUNICIPIO	SUBCUENCA	ÁREA (Km2)	AREA %	Demanda Agrícola (l/s)
La Capilla	Río Guaya	55,195	96,95	3,066,469,452,71
	Río Súnuba-Somondoco	0,052	0,09	2,861,558,18
	Río Garagoa	1,636	2,87	90,887,958,87
	Río Bosque	0,048	0,08	688,054,65
	Área total	56,931	100	3,162,907,024,40
Pachavita	Río Guaya	0,037	0,06	2,148,344,19
	Río Garagoa	66,624	99,90	3,881,950,976,20
	Río Bosque	0,029	0,04	1,703,595,98
	Área total	66,690	100	3,885,802,916,37
Turmequé	Río Turmequé	79,707	100	3,559,039,112,79
	Área total	79,707	100	3,559,039,112,79
Úmbita	Río Guaya	0,002	0,00	55,061,61
	Río Súnuba-Somondoco	0,164	0,11	3,706,969,83
	Río Garagoa	14,181	9,71	320,282,884,07
	Río Bosque	88,553	60,64	1,999,947,644,13
	Río Turmequé	43,128	29,53	974,026,602,92
	Área total	146,029	100	3,298,019,162,56

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

De acuerdo con las distribuciones presentadas, se puede concluir que la subcuenca del Río Garagoa y Sunubá – Somondoco presentan la mayor demanda agrícola para los municipios asociados al DRMI.

▪ **Demanda pecuaria concesionada para el DRMI.**

Para este análisis se tomó como base información del POMCA Río Garagoa, 2018, de las subcuencas que hacen parte del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, identificando los siguientes grupos pecuarios: bovinos, porcinos, aves, búfalos, caprinos, equinos y ovinos. Encontrando que la mayor demanda pecuaria concesionada se presenta en la subcuenca del Río Turmequé con 2,4433 Mm³/s (Tabla 3- 17).

Tabla 3-17. Demanda pecuaria para el DRMI.

Demanda concesionada en (Mm ³ /s)	
Subcuenca el Bosque	0,0120
Subcuenca Garagoa	03318
Subcuenca Guaya	0,0000
Subcuenca Sunubá – Somondoco	0,24433
Subcuenca Turmequé	2,4433

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

▪ **Demanda concesionada de industrias y servicios en el DRMI.**

Para este análisis se tomó como base información del POMCA Río Garagoa, 2018, de las subcuencas que hacen parte del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, identificando las instituciones educativas presentes. Encontrando que la mayor demanda de industria y servicio concesionada se presenta en la subcuenca del Río Garagoa con 0,1374 Mm³/s (Tabla 3- 18).

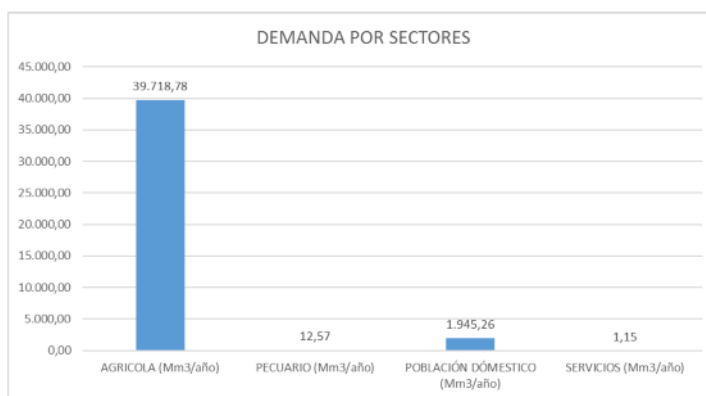
Tabla 3-18. Demanda concesionada de industrias y servicios.

Demanda concesionada en (Mm ³ /s)	
Subcuenca el Bosque	0,0473
Subcuenca Garagoa	0,1374
Subcuenca Guaya	0,0005
Subcuenca Sunubá – Somondoco	0,1026
Subcuenca Turmequé	0,0098

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

De los sectores establecidos para determinar la demanda hídrica en el DRMI, el análisis realizado arrojó que la mayor demanda se establece para el sector agrícola pues estas actividades generan más presión sobre el recurso, debido a las grandes cantidades de agua que se requieren para el riego de los diferentes cultivos que se manejan en la región como resultado actualmente ocupa el 95,30%, seguidamente la demanda doméstica tiene 4,67%; el sector pecuario establece el agua necesaria para las diferentes cabezas de ganado con 0,033%, el sector de servicios que contiene la cantidad de alumnos matriculados para el año lectivo 2016 y las diferentes concesiones otorgadas cuenta con el 0,00276% (Figura 3-16) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-16. Demanda total sectorial



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

3.1.6.4.1 Índice de Uso de Agua Superficial (IUA) o Índice de escasez.

El Índice de Uso de Agua Superficial (IUA) o índice de escasez, hace referencia a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios en un periodo

determinado (anual, mensual) y una unidad espacial de análisis (área, zona, sub zona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales (Tabla 3-19) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Tabla 3-19. Categorías del índice de escasez.

Categoría UIA	RANGO (Dh/OH)*100UIA	SIGNIFICADO
Muy bajo	< 1 %	Demanda no significativa con relación a la oferta
Bajo	1 – 10 %	Demanda muy baja con respecto a la oferta
Moderado	10.1 – 20 %	Demanda baja con respecto a la oferta
Alto	21 – 50 %	Demanda apreciable
Muy Alto	50.1 - 100 %	Demanda alta con respecto a la oferta
Crítico	>100	La demanda supera de la oferta

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Teniendo en cuenta el análisis realizado para demanda hídrica concesionada y los rangos establecidos para la categorización de los diferentes meses del año la subcuenca Súnuba Somondoco en enero a diciembre presenta una categoría alta con respecto a la oferta disponible donde se encuentran registros de 39,75%, 26,67% y 25,00% respectivamente.

En la subcuenca Turmequé para el mes de enero se encuentra que la presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible, no obstante, en los once meses restantes la presión de la demanda es baja. En la subcuenca Turmequé y Guaya, en los meses de diciembre a marzo se presenta una presión hídrica muy alta, no obstante, en los meses restantes la presión de la demanda se encuentra entre moderada y alta (POMCA Río Garagoa, 2018).

En la (Tabla 3-20) se presenta el análisis para demanda hídrica concesionada y los rangos establecidos para la categorización de los diferentes meses del año en las diferentes subcuencas pertenecientes al DRM.

Tabla 3-20. Índices de uso de agua superficial mensual concesionada por subcuencas para el DRMI.

SUBCUENCA		I,U,A, MENSUAL											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
BOSQUE	Oferta hídrica neta (m ³ /s)	0,0673	0,2271	0,5577	2,2391	2,9461	2,8644	3,1763	2,4884	1,6999	1,9491	1,4138	0,2425
	Demanda hídrica neta (m ³ /s)	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095	0,0095
	I.U.A.	14,127%	4,189%	1,706%	0,425%	0,323%	0,332%	0,300%	0,382%	0,560%	0,488%	0,673%	3,924%
GARAGOA	Oferta hídrica neta (m ³ /s)	5,0370	4,7581	5,2405	10,6934	20,8602	35,6311	48,6382	40,4981	23,4234	22,2079	20,2001	9,9953
	Demanda hídrica neta (m ³ /s)	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230	0,0230
	I.U.A.	0,457%	0,483%	0,439%	0,215%	0,110%	0,065%	0,047%	0,057%	0,098%	0,104%	0,114%	0,230%
GUAYA	Oferta hídrica neta (m ³ /s)	0,0900	0,0823	0,7707	1,8534	3,8491	3,8066	4,3229	3,2120	1,6083	1,5143	1,1497	0,1923
	Demanda hídrica neta (m ³ /s)	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	I.U.A.	1,059%	1,157%	0,124%	0,051%	0,025%	0,025%	0,022%	0,030%	0,059%	0,063%	0,083%	0,496%
SÚNUBA SOMONDOCO	Oferta hídrica neta (m ³ /s)	2.5051	2.4391	4.2264	12.2481	22.8076	36.5155	40.9601	32.7150	20.0889	16.0094	12.9952	6.5140
	Demanda hídrica neta (m ³ /s)	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989	0.3989
	I.U.A.	15.923%	16.355%	9.438%	3.257%	1.749%	1.092%	0.974%	1.219%	1.986%	2.492%	3.070%	6.124%

		I,U,A, MENSUAL											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
TURMEQUÉ	Oferta hídrica neta (m³/s)	1,2352	1,1397	1,3893	2,5345	4,3940	6,5087	8,2215	7,0132	3,9741	4,0426	3,8016	1,9038
	Demanda hídrica neta (m³/s)	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056	0,1056
	I.U.A.	32,485%	9,838%	2,620%	1,398%	1,069%	1,133%	1,030%	1,273%	2,003%	1,127%	1,723%	8,679%

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

A continuación, se presenta el valor anual del I.U.A. por subcuencas, para la demanda mensual concesionada donde se puede observar los valores anuales promedio y su respectiva categorización para el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.

Tabla 3-21. Promedio anual del Índice de Uso de Agua superficial anual por subcuencas del DRMI.

SUBCUENCA	PROM. ANUAL
BOSQUE	0,575%
GARAGOA	0,112%
GUAYA	0,051%
SÚNUBA SOMONDOCO	2,279
TURMEQUÉ	1,743%

Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

3.1.6.5 Calidad del agua

Para establecer el índice de calidad del agua – ICA- en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, se tomó como base los estudio realizados en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Garagoa – POMCA, 2018, con el cual se pudo determinar el estado en general del agua y las posibilidades o limitaciones para determinados usos de acuerdo con las condiciones fisicoquímicas y biológicas del agua. Asimismo, este índice permite reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico.

Para estimar este índice en las diferentes subcuencas del Río Garagoa, se tomó como referencia las caracterizaciones del año más reciente de calidad de agua disponible en las tres corporaciones (2015), para periodo seco y de lluvia.

Tabla 3-22. Criterios de calidad establecidos para las subcuencas asociadas al DRMI.

Subcuenc	Jurisdicció	Uso proyectado a mediano plazo	Criterio de Calidad
Río Guaya	Corpochivor	Agrícola Restringido Recreativo, contacto primario	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000
Río Súnuba-Somondoco	Corpochivor CAR	Agrícola Restringido Recreativo, contacto primario	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000
Río Turmequé	Corpochivor CAR	Río Albarracín: Agrícola Restringido (Tramo I), Agrícola no Restringido (Tramo II).	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000
Río Bosque	Corpochivor	Agrícola Restringido	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000
Río Garagoa	Corpochivor	Agrícola Restringido Recreativo, contacto primario	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000
Río Garagoa	Corpochivor	Agrícola Restringido Recreativo, contacto primario	OD (mg/l): >2,0 DBO5 (mg/l): <5,0 DQO (mg/l): <8,3 SST (mg/l): <1000 Coliformes totales (NMP/100 ml): <1000

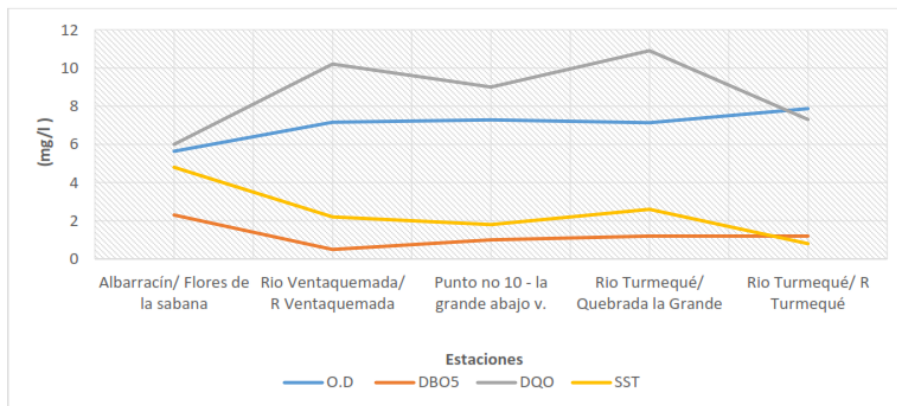
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

▪ ICA Río Turmequé

Los parámetros fisicoquímicos analizados, en comparación con los criterios de calidad establecidos para el uso recomendado para esta subcuenca (Agrícola no restringido a mediano plazo), se encuentran dentro de límites aceptables ya que ninguno excede los estándares de la Resolución 471 de 2012.

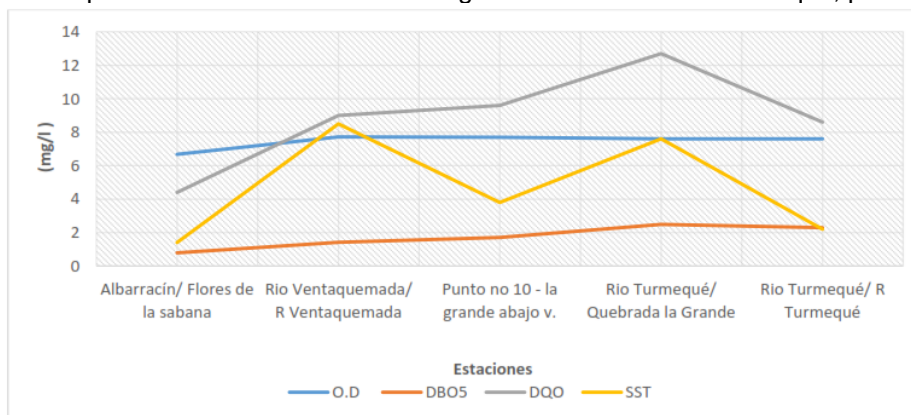
En la (Figura 3-16 y 3-17) se muestra el comportamiento de los parámetros OD, DBO₅, DQO y SST en temporada seca y de lluvias. Según estas gráficas, la concentración de DQO es considerablemente mayor a los demás parámetros. A excepción de la estación “Albarracín/ Flores de la sabana”, todas las estaciones, tanto en temporada seca como de lluvia, excede el criterio de calidad de DQO (8,3 mg/l) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-17. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Turmequé, periodo seco.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Figura 3-18. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Turmequé, periodo lluvias.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

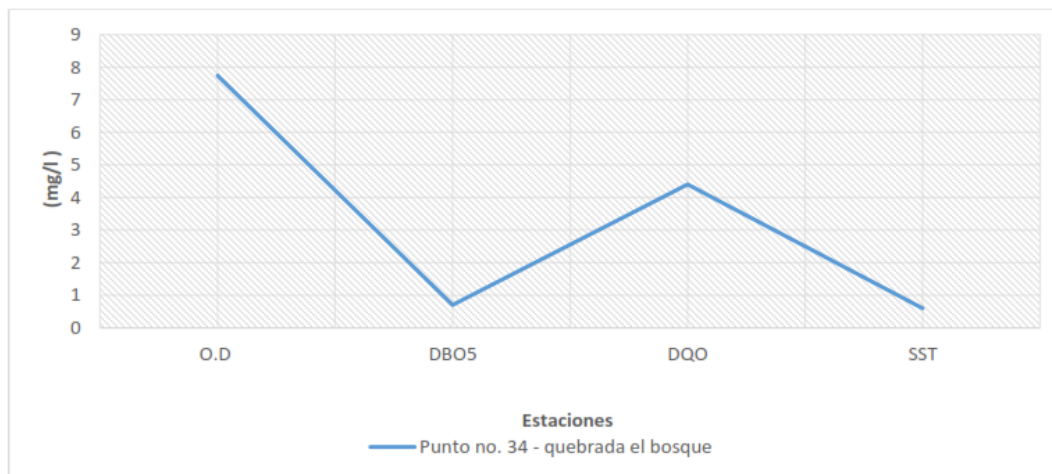
El perfil de calidad de la subcuenca Turmequé presenta indicios de contaminación según la clasificación del ICA. Según la valoración de este índice, a lo largo de la subcuenca se conserva la misma tendencia de la calidad del agua. Sin embargo, en

temporada de lluvia, se presenta un poco de fluctuación ya que en la estación “Albarracín/ Flores de la sabana mejora la calidad del agua, mientras que en la estación “Río Turmequé/ Quebrada la Grande” y “Río Turmequé/ R Turmequé” se deteriora (POMCA Río Garagoa, 2018).

▪ ICA Río Bosque

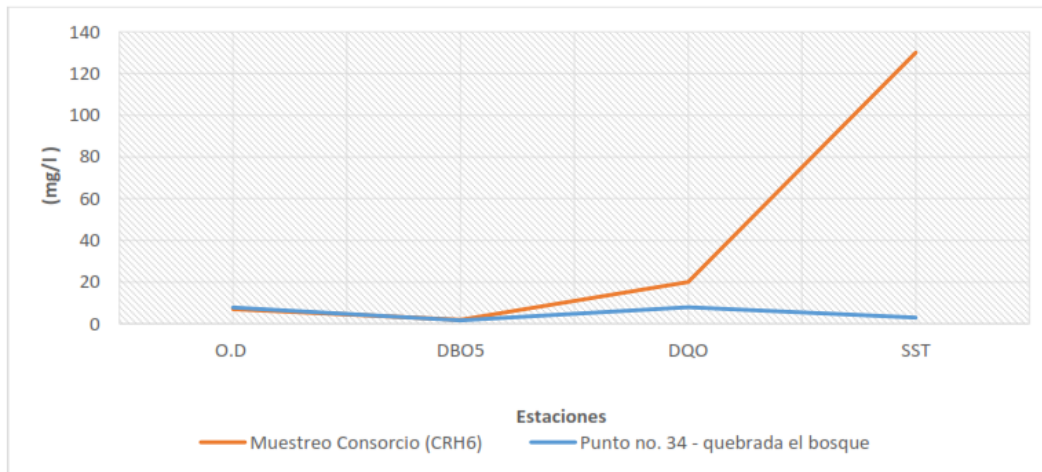
De acuerdo con el uso del recurso hídrico recomendado para esta subcuenca (Agrícola Restringido a mediano plazo) y las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos analizados; la subcuenca Río Bosque se encuentra dentro de los criterios de calidad establecidos según su uso. Sin embargo, se observa que, durante el periodo de lluvias del año 2015, el valor de la DQO (7,9 mg/l) estuvo cerca de exceder el límite del criterio de calidad establecido (8,3 mg/l) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-19. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca El Bosque, periodo seco, para el DRMI.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Figura 3-20. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca El Bosque, periodo de lluvias, para el DRMI.



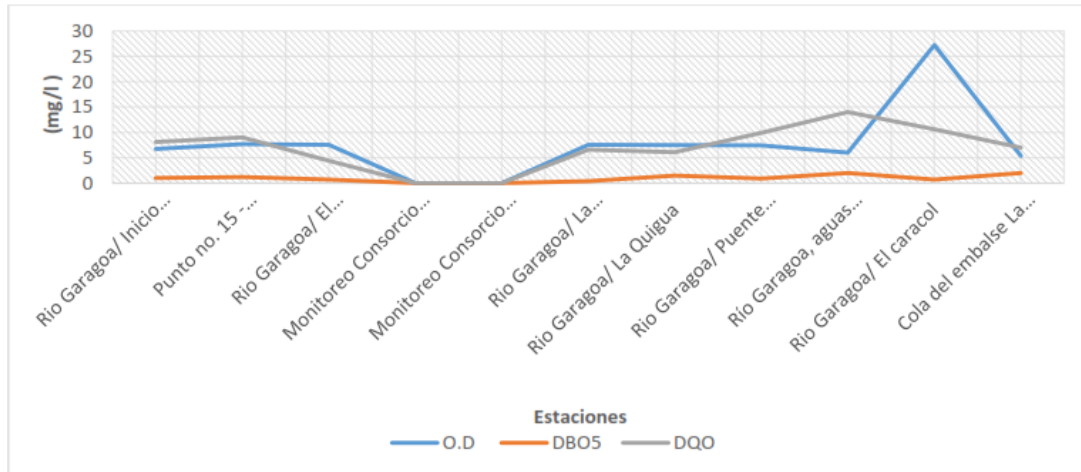
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Dado la ausencia de información disponible para esta subcuenca, ya que solo se cuenta con datos de una sola estación de monitoreo, no es posible construir un perfil de calidad a lo largo de la subcuenca. Sin embargo, con base en la información de la estación “Quebrada Bosque”, se logró identificar que la fuente hídrica presenta un índice de 73 lo cual sugiere que es una corriente con indicios de contaminación (POMCA Río Garagoa, 2018).

▪ ICA Río Garagoa

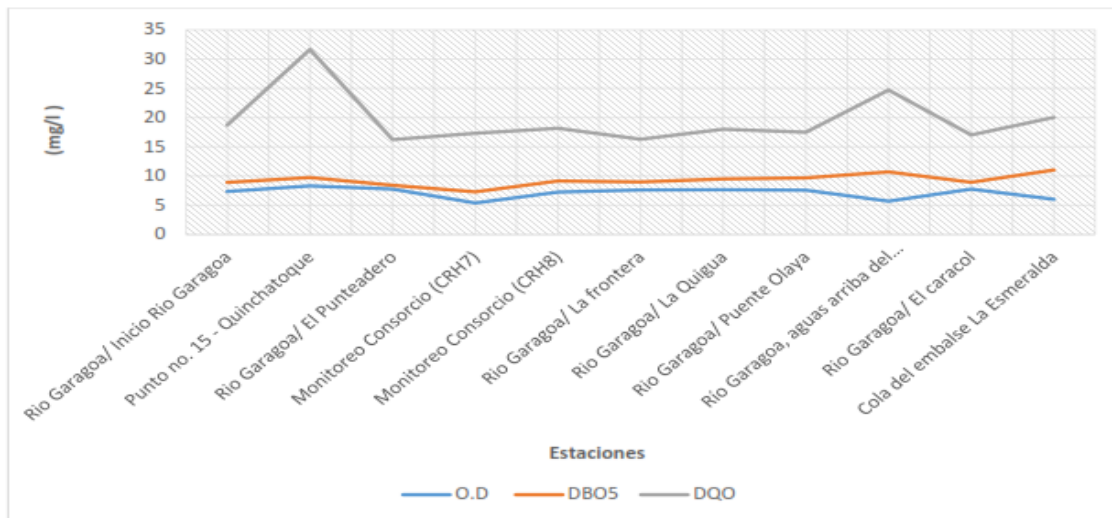
En esta subcuenca se ubican 9 estaciones de monitoreo de calidad de agua, que según los datos registrados para la temporada seca y de lluvias del año 2015, muestran que el parámetro de DQO no cumple con los criterios de calidad establecidos para el uso recomendado para esta subcuenca a mediano plazo (Agrícola Restringido – Recreativo Contacto primario), en algunas estaciones. En temporada seca las estaciones de “El caracol”, “Garagoa, aguas arriba del embalse”, “Puente Olaya” y “Quinchatoque” reflejan que los valores de DQO excede el criterio de calidad establecido por la Corporación (8,3 mg/l), ya que se registran valores de 10,6 mg/l, 14 mg/l, 9,9 mg/l y 9 mg/l respectivamente, (Figura 3-21 y 3-22) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3- 21. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca rio Garagoa, periodo seco, para el DRMI.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Figura 3-22. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca rio Garagoa, periodo de lluvias, para el DRMI.



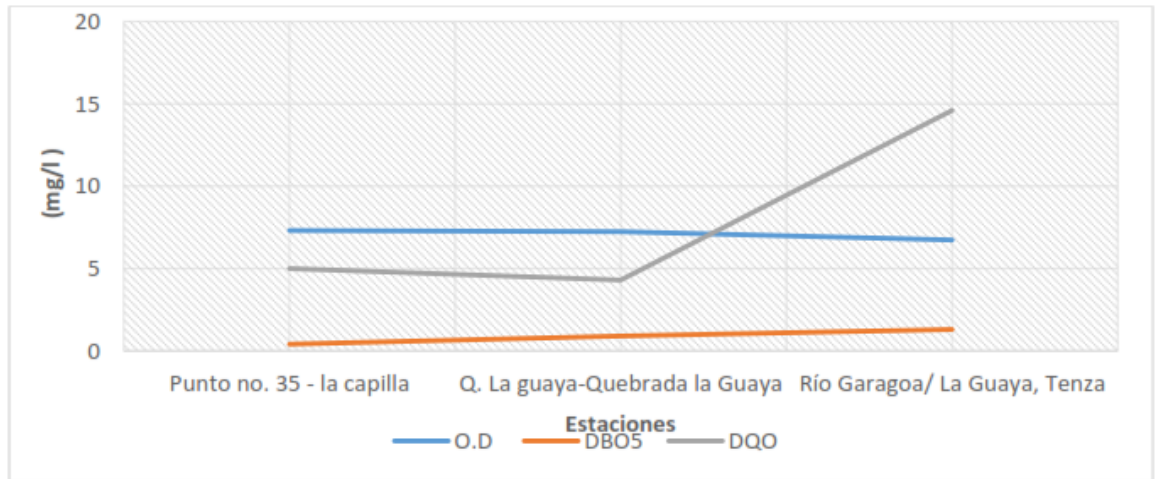
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Según el índice ICA, esta subcuenca presenta indicios de contaminación sobre todo en los tramos comprendidos por las estaciones “Río Garagoa, aguas arriba del embalse” “Cola del embalse La Esmeralda “. Aunque en ambas temporadas, el índice de calidad de agua muestra indicios de contaminación, se presenta mayor calidad en temporada seca (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **ICA Río Guaya**

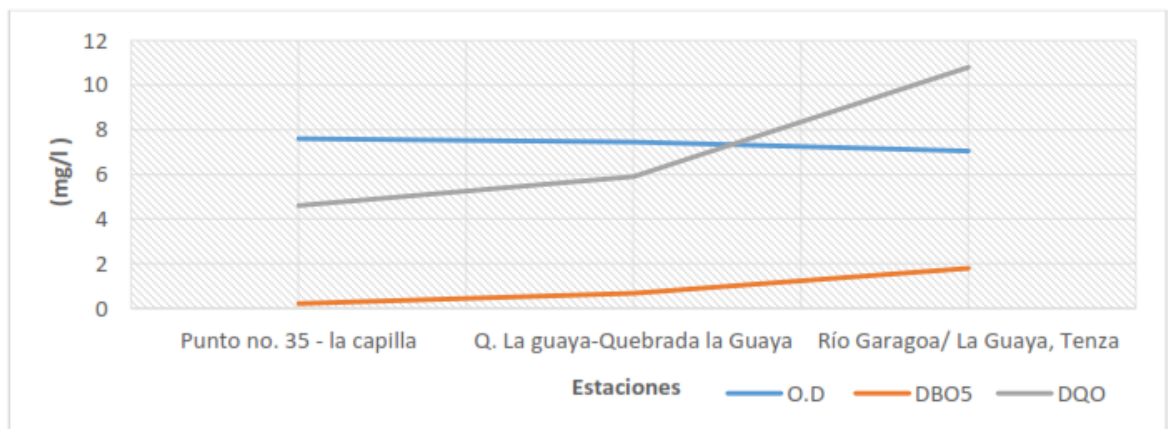
Se evidencia que en la estación “Río Garagoa/ La Guaya” en el municipio de Tenza (vereda Rucha), el parámetro de DQO excede el criterio de calidad para el uso agrícola restringido – recreativo contacto primario. Tanto en temporada seca, como de lluvias la DQO supera el umbral de 8,3 mg/L con 14,6 y 10,8 mg/l respectivamente. En la (Figura 3-23 y 3-24) se muestra el comportamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto, DBO₅, DQO (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-23. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Río Guaya, periodo seco, para el DRMI.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Figura 3-24. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Río Guaya, periodo de lluvias, para el DRMI.



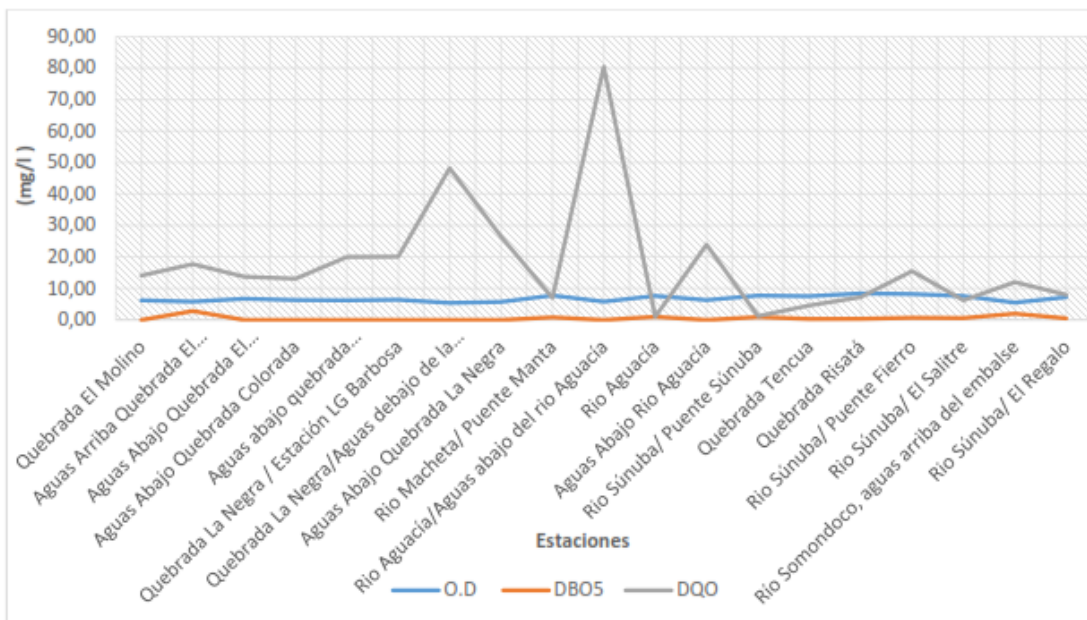
Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

De acuerdo con el ICA, esta subcuenca, tanto en temporada seca como de lluvia presenta el mismo comportamiento en sus condiciones de calidad. Se observa que la calidad del agua desmejora a medida que avanza hacia su desembocadura en el Río Garagoa (POMCA Río Garagoa, 2018).

▪ **ICA Río Sunubá – Somondoco**

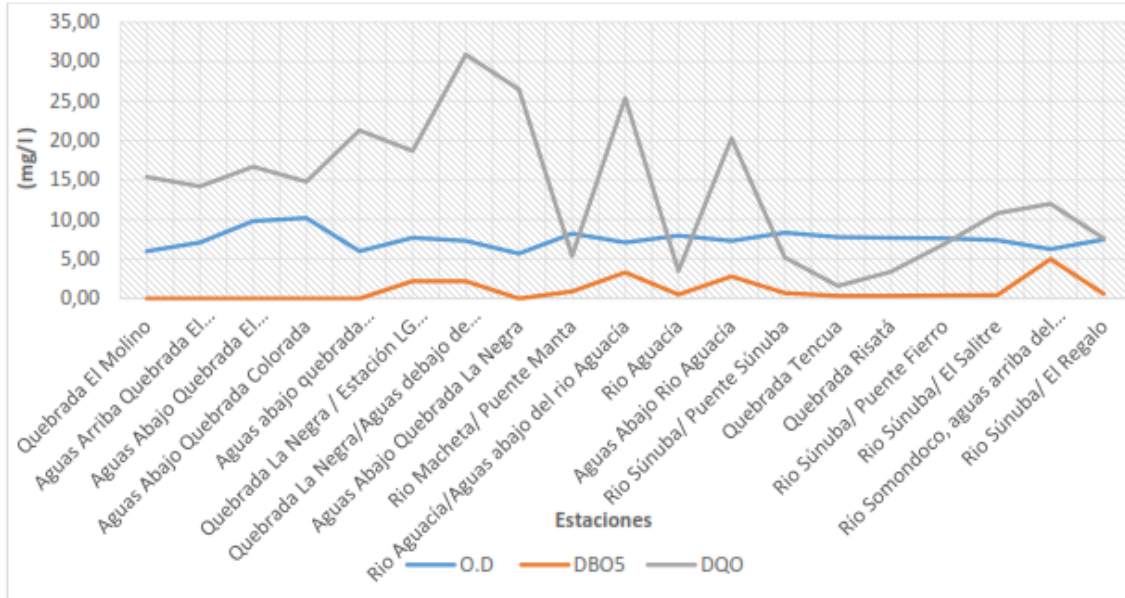
Para la cuenca del Río Sunubá – Somondoco, se proyectan dos usos predominantes, el primero es para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional y el segundo para uso agrícola y pecuario con restricciones. En las (Figuras 3-25 y 3-26) muestra la concentración de los parámetros de DBO, DQO y SST en temporada seca y de lluvias (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-25. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Río Sunubá - Somondoco, periodo seco, para el DRMI.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Figura 3-26. Comportamiento de la Calidad del Agua en la subcuenca Río Sunubá - Somondoco, periodo de lluvias, para el DRMI.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018.

Aun cuando la calidad del agua es aceptable, cabe anotar que el número de Coliformes totales de esta subcuenca supera ampliamente el criterio de calidad establecido (5000 NMP/100 ml)⁸. En las estaciones que se muestran en el Gráfico 48, se observa que en temporada seca y de lluvia, se excede el umbral establecido hasta en 5 veces (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.1.6.6 Conclusiones

Realizado el análisis para el área correspondiente al DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, se identificaron las subcuencas Río Garagoa, Río Guaya, Río Bosque, Río Turmequé y Río Sunubá – Somondoco, encontrado que el 49% de la subcuenca del río Bosque ocupa todo el sector medio del Distrito y es la única a la cual tributan los afluentes que nacen en los páramos de Cristales y Castillejo o Guachaneque, seguido por la subcuenca del Río Guaya con 18%, Río Turmequé 17%, Río Garagoa 6% y Río Sunubá-Somondoco con 3%.

En su orden, las subcuencas que ocupan el territorio en el DRMI son la del río El Bosque (38%), río Turmequé (36%), río Guaya (15 %), río Garagoa (10%)

Se identificó la red hídrica presente en los municipios de La Capilla, Pachavita, Turmequé y Úmbita, con relación al área del DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, con un total de 60 cuerpos de agua con un total de 81463, 34 mts.

Para 2020, en el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque la jurisdicción de CORPOCHIVOR existen 97 captaciones por lo que ha aumentado en 20 captaciones desde el año 2014 en el área del DRMI. El municipio con más concesiones de aguas es Úmbita, seguido de Turmequé, La capilla y Pachavita.

Tomando como base el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Garagoa, 2018, se realizó el análisis de la demanda del recurso hídrico para el DRMI páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, para usos doméstico, agrícola, pecuario e industrial y servicios. El análisis realizado arrojó que la mayor demanda se establece para el sector agrícola pues estas actividades generan más presión sobre el recurso, debido a las grandes cantidades de agua que se requieren para el riego de los diferentes cultivos que se manejan en la región como resultado actualmente ocupa el 95,30%.

El Índice de Uso de Agua Superficial (IUA) o índice de escasez, analizó la demanda hídrica concesionada y los rangos establecidos para la categorización de los diferentes meses del año en las diferentes subcuencas pertenecientes al DRM.

El análisis realizado para demanda hídrica concesionada y los rangos establecidos para la categorización de los diferentes meses del año la subcuenca Súnuba Somondoco en enero a diciembre presenta una categoría alta con respecto a la oferta disponible donde se encuentran registros de 39,75%, 26,67% y 25,00% respectivamente.

En la subcuenca Turmequé para el mes de enero se encuentra que la presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible, no obstante, en los once meses restantes la presión de la demanda es baja.

En la subcuenca Turmequé y Guaya, en los meses de diciembre a marzo se presenta una presión hídrica muy alta, no obstante, en los meses restantes la presión de la demanda se encuentra entre moderada y alta.



ACTUALIZACIÓN COMPONENTE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE MANEJO DEL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE, JURISDICCIÓN DE CORPOCHIVOR.

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

3.2 Geología

3.2.1 Evolución geológica regional

El DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque, se encuentra ubicado geográficamente sobre la Cordillera Oriental de Colombia, la cual es un cinturón orogénico, cuya fase principal de levantamiento ocurrió después del Mioceno medio mediante la reactivación e inversión tectónica de fallas normales de antiguas cuencas extensionales del Jurásico superior y Cretácico inferior, afectada por episodios previos de deformación los cuales han sido documentados en diversos sectores de la misma (Caballero, Parra, & Mora Bohórquez, 2010).

La litología de la Cordillera Oriental, desde el basamento hasta la superficie, está compuesta de rocas metamórficas de alto grado como granulitas y gneises del Precámbrico, rocas metamórficas del Paleozoico temprano como filitas, esquistos, cuarcitas, migmatitas, y rocas plutónicas del Paleozoico y Mesozoico. Por su parte, rocas sedimentarias marinas del Paleozoico superior recubren discordantemente las rocas metamórficas del Paleozoico inferior, cuyo terreno se acrecionó al bloque autóctono, que luego fue afectado por un cinturón magmático en su borde occidental durante el Jurásico. Posteriormente, eventos de rifting dieron lugar a la depositación de sedimentos en el Mesozoico y Cenozoico (Tabla 3- 23) (Caballero, Parra, & Mora Bohórquez, 2010).

Tabla 3-23. Recuento de los procesos y eventos geológicos a nivel regional en el DRMI.

PERÍODO	EDAD	EVENTO
	(m.a.)	
Devónico – Carbonífero	410-295	Se presenta el ingreso de las aguas marinas y se depositan los sedimentos discordantemente (se presume sobre el Grupo Quetame), que conformarían las areniscas, limolitas, arcillolitas, conglomerados y calizas del denominado Grupo Farallones.
		Discordancia con baja angularidad debido a los avances del mar Cretácico en esta región, representados por Grupo Farallones del Paleozoico Superior y las formaciones Batá, Santa Rosa y Chivor del Cretácico Inferior. Altos y bajos de basamento Paleozoico, limitados por fallas normales condicionaron la sedimentación cretácica que se evidencia especialmente en las unidades basales del Cretáceo inferior correspondientes al piso Berriasiano.
Cretácico / Berriasiano	114-138	Se registra los primeros avances del mar Cretácico sobre una cuenca extensional de tipo “rift” tectónicamente activa desde los periodos Triásico y Jurásico. Sobre la cual descansan inconformemente las unidades basales del Cretácico inferior las formaciones Batá, Chivor y Santa Rosa.

PERÍODO	EDAD	EVENTO
	(m.a.)	
Cretácico / Berriasiano-Valanginiano	138-131	Sedimentación marina en un ambiente de aguas poco profundas, correspondiente a la Formación Lutitas de Macanal.
Cretácico / Hauteriviano–Barremiano	131-119	Con el relleno de la cuenca se presentó el retiro de las aguas marinas y se presentó la depositación de los clastos gruesos que dieron origen a las rocas de la denominada Formación Areniscas de Las Juntas.
Cretácico / Aptiano	119-113	El área volvió a hundirse depositándose sedimentos finos que corresponden a la Formación Fόμεque.
Cretácico / Albiano – Maestrichtiano	113-66	La cuenca sufrió fluctuaciones en el nivel base por relleno de la cuenca y movimientos tectónicos.
Cretácico / Albiano – Cenomaniano	113-91	Se depositaron los sedimentos de las Areniscas de Une.
Cretácico / Turoniano – Coniaciano	91-88	Se depositaron los sedimentos de las Formaciones Chipaque.
Cretácico / Santoniano-Maastrichtiano	88-66	En la región occidental de la cuenca, se depositaron sedimentos en aguas poco profundas con influencia deltaica, correspondiente al Grupo Guadalupe.
Límite Cretácico-Terciario	65	Se presentó la depositación de los sedimentos arcillosos y arenosos de la Formación Guaduas, la cual se caracteriza por presentar mantos de carbón.
Durante el Terciario	66-2	La sedimentación pasó de ser marina a continental con varios movimientos tectónicos que culminaron con la denominada Orogenia Andina (Evento generado por las fuerzas de la tectónica de Placas que dio origen a la formación de la Cordillera de Los Andes). En este período se depositaron los sedimentos de las denominadas Formaciones: Arenisca de El Cacho, Arenisca de Socha, Bogotá, Arcillas de Socha y Concentración.
		Discordancia Erosional – Contacto discordante sobre rocas paleógenas.
Durante el Cuaternario	2	Inicialmente se presenta la depositación discordante de los sedimentos de la Formación Tilatá. Posteriormente, se presentan los procesos de denudación, erosión y traslocación de materiales preexistentes, cuya sedimentación da lugar a los depósitos no litificados que se observan en la cuenca.

Fuente: Modificado (POMCA RÍO GARAGOA, 2018)

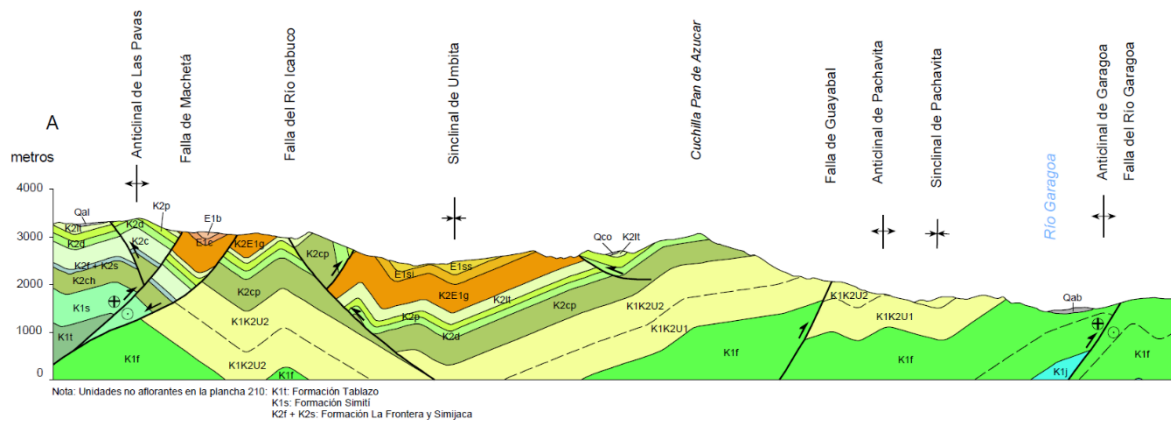
3.2.2 Geología Local

Geológicamente la zona fue caracterizada y cartografiada por el Servicio Geológico Colombiano- SGC- antiguo INGEOMINAS, dentro de la Plancha Geológica 210-Guateque (Escala 1:100.000), y en el Plan de Manejo y Ordenación de la Cuenca del Río Garagoa-

POMCA a (Escala 1:25000), en donde de forma general la sucesión litoestratigráfica inicia con una secuencia basal areno-lodosa del Paleozoico Superior correspondiente al Grupo Farallones (Segovia y Renzoni, 1965), seguida en contacto disconforme de las unidades basales del Cretácico Inferior, correspondientes a la Formación Batá o Santa Rosa y Chivor, tiempo durante el cual se registraron los primeros avances del mar sobre esta región. Esta configuración tectónica de fallamiento normal activo contemporáneo con la sedimentación favoreció la existencia de variaciones de espesor y cambios de facies laterales en las unidades involucradas (Guerra, 1972; Mora *et al.*, 2006), características evidentes en las formaciones Batá y Santa Rosa, que son coetáneas y heterópicas. Igualmente, hace parte de este proceso “sinrift” la formación Chivor, que se encuentra como techo de la formación Santa Rosa (SGC, Plancha 210 Guateque, 2010).

Las unidades de esta edad corresponden a una espesa cuenca sedimentaria “sinrift”, constituida por las unidades antes citadas y la Formaciones Lutitas de Macanal, Las Juntas, Foméque y la parte inferior de la Formación Une (Etayo, *et al.*, 1969; Fabre, 1987; Etayo, *et al.*, 1997; Sarmiento 2001; Mora *et al.*, 2006), que deben su origen a una cuenca extensional de tipo “rift” activa desde el Triásico hasta finales del Cretáceo Inferior (Figura 3-27).

Figura 3-27. Perfil geológico del área abarcada por el DRMI, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.



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

Con respecto a la fase “post-rift”, se depositaron las formaciones Une, Chipaque, Grupo Guadalupe y Guaduas. (INGEOMINAS, 2010).

Las formaciones Cacho, Bogotá, Socha Inferior, Socha Superior y Concentración, representan la fase de sedimentación previa a la inversión del Rift. Con respecto a los rellenos cuaternarios, se desarrollaron como productos finales de la fase de sedimentación simultánea a la inversión del Rift. (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3 Estratigrafía

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

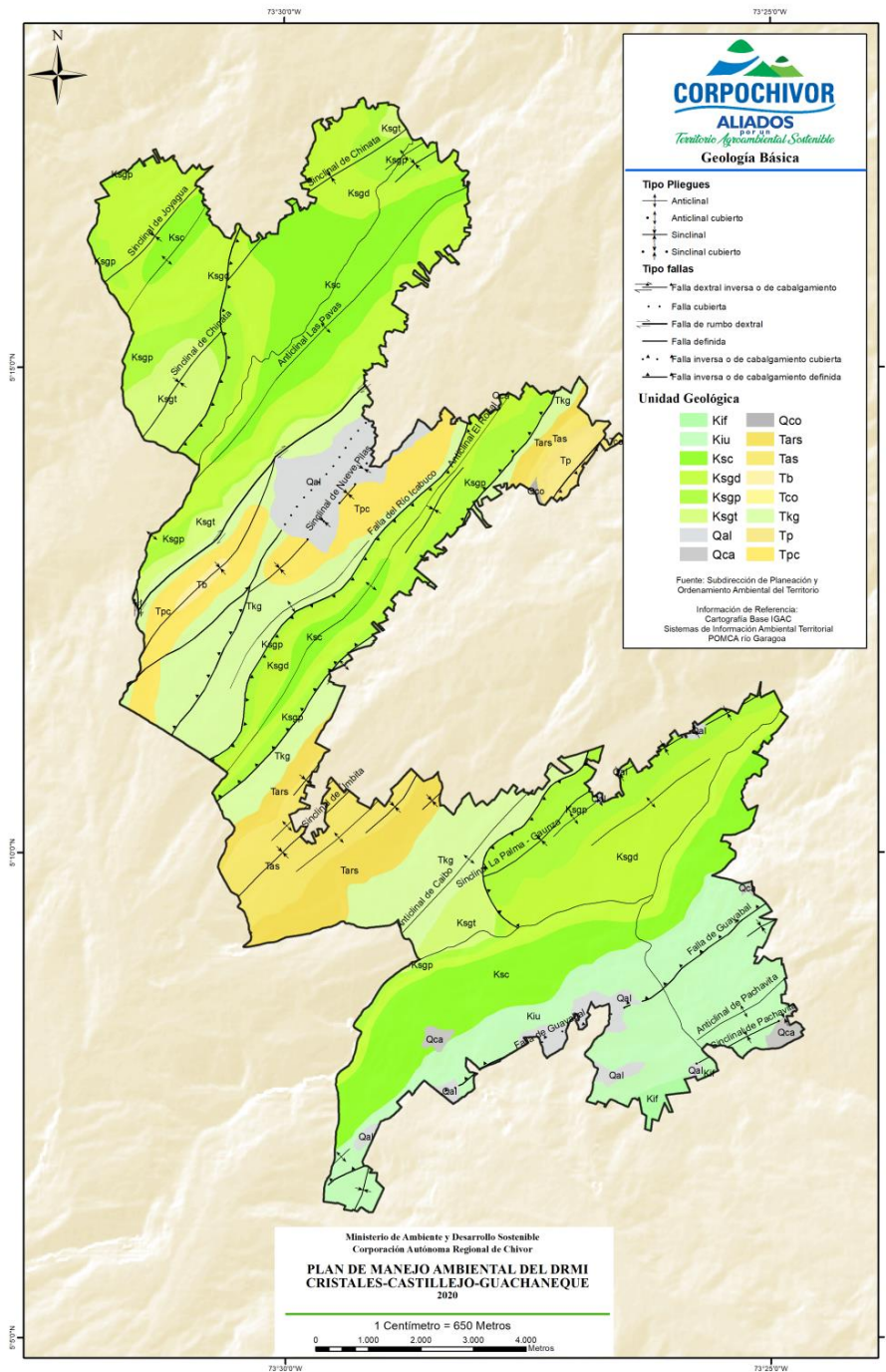
A continuación, se hace una descripción de las unidades para la zona de estudio en orden cronológico de la más antigua a la más reciente (Figura 3-28).

3.2.3.1 Unidades del Cretácico

En general la formación de rocas sedimentarias en el periodo Cretácico es producto de la depositación de sedimentos de origen marino durante el Berrisiano. El cual estuvo controlado por la paleotopografía existente (entrantes y salientes de la línea costera) generada por las rocas del Grupo Farallones, como por paleofallas normales que actuaron al mismo tiempo de la sedimentación; factores que en conjunto determinaron el tipo de material que se depositó, de tal forma que mientras en un sector se depositaban arenitas y/o conglomerados, en otro lugar se depositaban rocas de textura fina, tanto siliciclásticas como calcáreas (arcillolitas, lodolitas, limolitas o calizas), en diferentes ambientes y condiciones de acumulación. Este contexto tectonoestratigráfico hizo posible que sobre el basamento paleozoico las unidades cretácicas basales muestren variaciones de espesor y cambios faciales laterales, encontrando en algunos sectores unidades coetáneas y heterópicas (INGEOMINAS, 2010).

En la zona que abarcan los páramos de Cristales y Castillejo el SGC (Antiguo Ingeominas y el POMCA del Río Garagoa 2018) cartografiaron las unidades correspondientes a las formaciones Fómeque (Barremiano-Albiano inferior?), Une (Albiano medio-Cenomaniano), Chipaque (Cenomaniano- Santoniano), Grupo Guadalupe (Campaniano- Maastrichtiano), Guaduas (Campaniano-Maastrichtiano temprano), Bogotá (Eoceno temprano?), Cacho (Paleoceno tardío?), Concentración (Eoceno medio - Oligoceno medio), Picacho (Eoceno medio?), Socha (Eoceno temprano?), San Fernando (Oligoceno – Mioceno temprano), Limbo (Eoceno tardío – Oligoceno temprano), Grupo palmichal (Campaniano-Maastrichtiano temprano) y depósitos cuaternarios, los cuales se muestran a continuación:

Figura 3-28. Mapa geológico del área abarcada por el DRMI, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.3.1.1 Formación Fomeque (Kif)

La Formación Fómeque en la Plancha 210-Guateque está constituida principalmente por paquetes de arcillolitas o lodolitas negras con intercalaciones frecuentes de biomicritas y

de algunas arenitas y bioesparitas que resaltan morfológicamente en los afloramientos por ser más resistentes a la erosión (INGEOMINAS, 2010)

- **Nombre y sección tipo**

El nombre de esta unidad fue propuesto por Hubach (1931), quién la denominó como Conjunto de Fόμεque en la región oriental de Bogotá, entre Cáqueza y Quetame, con buena exposición en el municipio de Fόμεque del cual toma su nombre. El Conjunto de Fόμεque, según Hubach (1931), corresponde a la parte inferior del Piso de Villeta (edad Aptiano con posibilidad de abarcar parte del Barremiano) y se compone de “esquistos piritosos, caliza cristalina, arenisca (o tufita) calosa y areniscas cuarcíticas que se hallan principalmente hacia la parte baja. El color de descomposición es frecuentemente rojo”. Posteriormente Hubach (1957), redefine la unidad y le asigna rango formacional ubicándola como la unidad inferior del Grupo Villeta entre la Arenisca de Cáqueza (parte alta del Grupo Cáqueza) y la Arenisca de Une (parte media del Grupo Villeta) (INGEOMINAS, 2010)

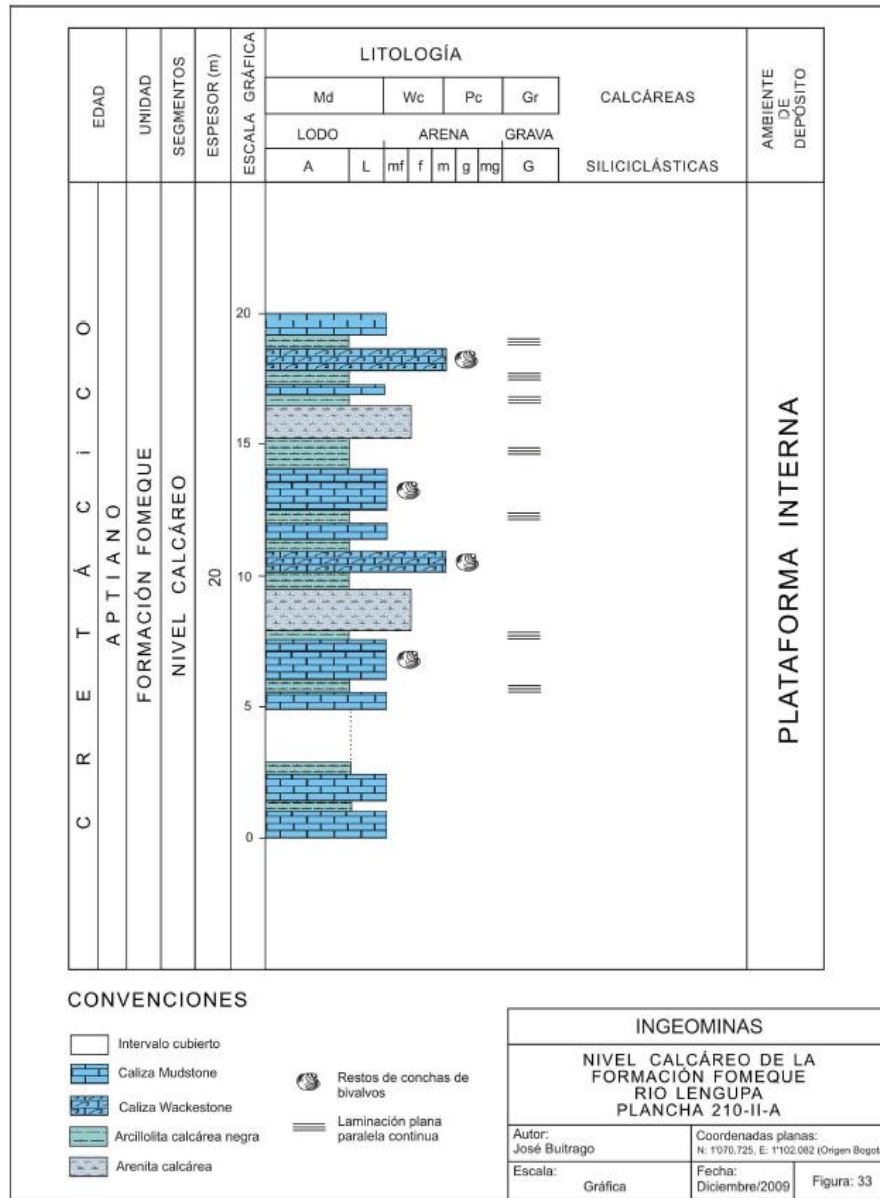
- **Descripción litológica**

Habitualmente, la Formación Fόμεque en el área de estudio se compone de arcillolita o lodolita negra a gris oscuro, compacta, poco carbonosa, en capas delgadas plano-paralelas, laminadas (habitualmente de forma plana paralela discontinua, muy delgada a mediana, ocasionalmente lenticular y ondulosa) o con aspecto macizo; presenta piritita muy fina diseminada, moscovita y niveles de nódulos silíceos frecuentemente huecos por meteorización. Se intercalan frecuentemente capas gruesas y muy gruesas (generalmente tabulares, en menor proporción cuneiformes) de wackestone terrígeno de bivalvos (calizas lumaquelícas arenosas, areno-arcillosas o lodosas, de bivalvos completos e incompletos); la fuerte meteorización le imprime a la roca tonos naranja amarillento, gris medio o claro, púrpura grisácea o café amarillento. Aparecen niveles importantes de cuarzoarenitas de 20 hasta 30 m de espesor que se explotan para recebo, agregados para concreto o base y sub-base para carreteras.

- **Posición estratigráfica, edad y espesor**

El límite inferior de la Formación Fόμεque con la Formación Las Juntas se considera concordante-neto en la zona de estudio; el límite superior con la Formación Une es concordante-transicional. Según Terraza et al. (2008), la fauna de amonitas encontradas en la base de la unidad, aproximadamente a unos 120 m del techo de la Formación Las Juntas indican edad Barremiano temprano (quebrada Cuya, carretera Las Juntas-Chivor, 210: G4). Las amonitas hacia la parte superior de la unidad al SW de Garagoa (quebrada El Ramo, 210: F8) indican el Aptiano tardío (Etayo-Serna, comunicación personal), de tal forma que la Formación Fόμεque abarcaría el lapso Barremiano-Aptiano tardío con posibilidad de incluir el Albiano temprano (Figura 3-29) (INGEOMINAS, 2010).

Figura 3-29. Sección Estratigráfica base de la formación Fomeque.



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

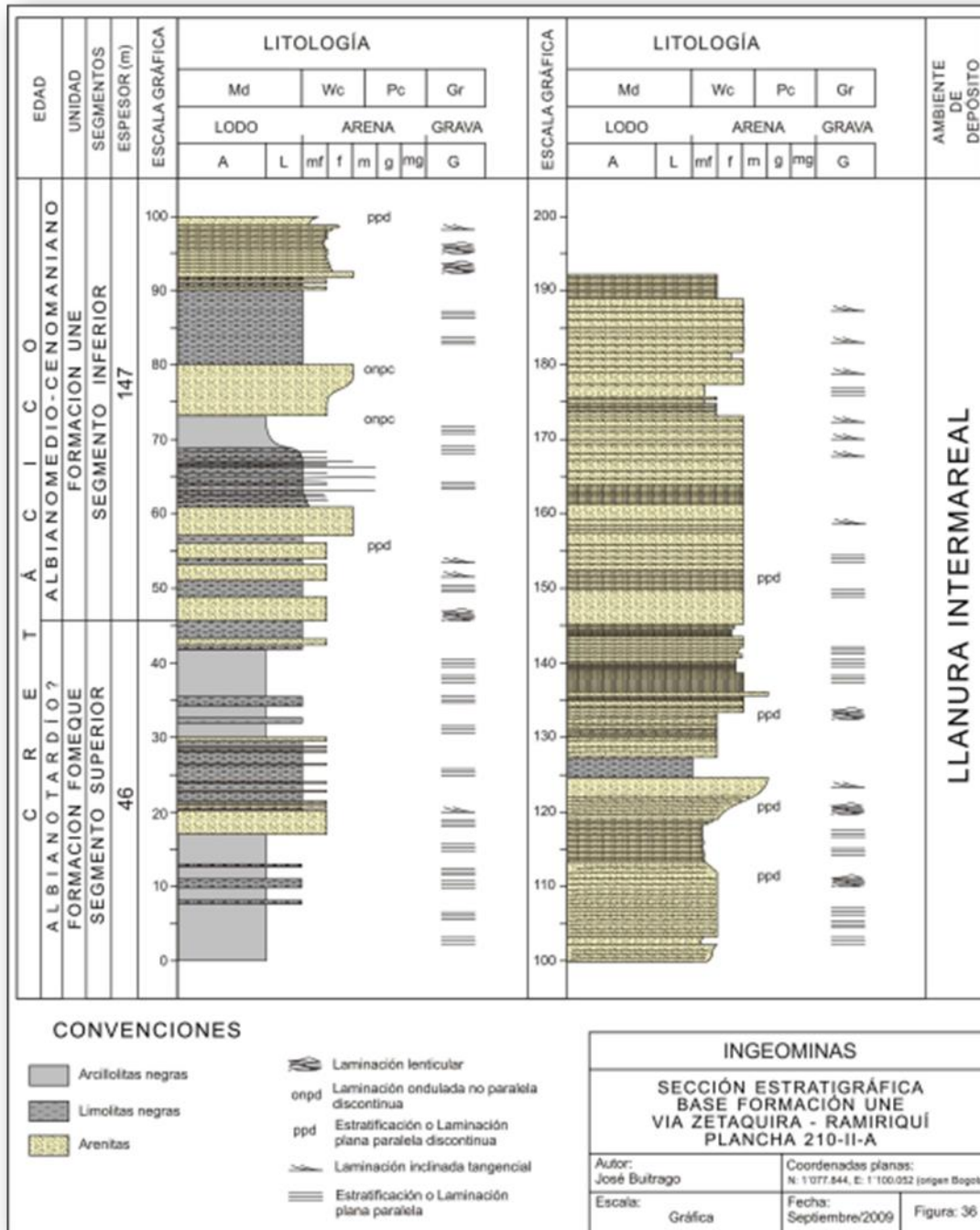
3.2.3.1.2 Formación Une Inferior y Superior (KiU)

La Formación Une aflora extensamente en la región central de la Plancha 210- Guateque desde la población Tibirita hasta el municipio de Zetaquirá, ocupando el núcleo de grandes y amplias estructuras sinclinales como el Sinclinal de Almeida-Mamapacha y Pachavita; sin embargo, dentro del área de estudio solamente se encuentra en el sector suroeste del Páramo de Cristales, (INGEOMINAS, 2010).

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

- **Nombre y sección tipo.** Nombre propuesto por Hubach (1931) refiriéndose al conjunto medio del Piso de Villeta, el cual denominó Areniscas de Une en la región oriental de Bogotá (occidente de Ubaque y Choachí) y está formado por 400 a 500 m de areniscas principalmente; según este autor la unidad se localiza entre el Aptiano y el Cenomaniano (edad Albiano)”.
- **Descripción litológica.** Se encuentran afloramientos en los niveles arenosos ya que los intervalos arcillosos generalmente están cubiertos por suelo residual o depósitos de pendiente. La unidad está constituida por bancos gruesos, medianos y delgados de cuarzoarenitas de color gris oscuro a medio (meteorizada a tonos gris claro o amarillentos) con textura fina a muy fina, moderadamente a bien calibradas, maduras, con cemento silíceo, micáceas y con bioturbación baja; la forma de las capas es tabular y lenticular, frecuentemente con estratificación interna inclinada en artesa (sugiriendo migración lateral de canales); se intercalan con las arenitas capas gruesas y delgadas de arcillolita gris oscuro o negro, algo limosa, laminada internamente o maciza; hacia el sector de Chinavita y Pachavita se encuentran algunos niveles delgados de carbón. En la franja localizada desde Tibirita hasta el municipio de Zetaquirá que incluye los municipios de Pachavita y Chinavita el INGEOMINAS cartografió dos conjuntos litológicos en la Formación Une denominados informalmente como K1K2u1 (Une inferior) y K1K2u2 (Une superior). Estos conjuntos presentan niveles de 50 a 60 m de arenitas en la base o en el techo, lo que permitió su diferenciación morfológica tanto de la infrayacente Formación Fómeque como de la suprayacente Formación Chipaque, (Figura 3-30) (INGEOMINAS, 2010).

Figura 3-30. Sección Estratigráfica base de la formación Une.



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

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** La edad establecida por posición estratigráfica es Albiano medio-Cenomaniano. El límite inferior con la Formación Fômeque es concordante transicional; el límite superior con la Formación Chipaque es concordante neto. El espesor de la Formación Une es de por lo

menos 1.300 m sobre el flanco oriental del Sinclinal de Úmbita de los cuales 600 m corresponden al conjunto inferior y 700 m al superior. Hacia el costado suroriental de la Plancha 210-Guateque, en el flanco oriental del Sinclinal de Nazareth, se estimaron 1.400 m de espesor. Montoya & Reyes (2003) reportan 1.432 m en una sección levantada por la carretera Manta- Machetá en la Plancha 209-Zipaquirá, (INGEOMINAS 2010).

- **Afloramientos en el área de estudio.** Se presentan los siguientes afloramientos:
 - **Formación Une Superior:** En la vereda Camagoa en el municipio La Capilla, aflora un segmento de 15 m de espesor compuesta de base a tope, en los primeros 5 m con capas gruesas a medias de lodolitas grises intercaladas con cuarzoarenitas blancas a amarillas están alteradas bien cementadas en capas delgadas, los siguientes 5 m se componen de cuarzoarenitas en capas medias con intercalaciones de lodolitas grises y shales negros en láminas, y los últimos 5 m se componen de capas medias de lodolitas y cuarzoarenitas en capas medias. Las cuarzoarenitas y lodolitas se encuentran ricas en moscovita alrededor de un 15 %, la sucesión se encuentra orientada N20°E / NW, y se encuentra interrumpida por un plano de falla orientada N60°E / 70°SE, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

A 3 km al NW del municipio de La Capilla se encontró una sucesión de shales negros de 8 metros de espesor en el talud de la vía El Retiro y La Capilla, de shales negros en láminas (Foto 3-1). (AGS-CORPOCHIVOR, 2014)

Foto 3-1. La Formación Une Superior se encuentra intersectada por una falla orientada N60°E / 70°SE.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014.

- **Formación Une Superior:** Se encuentra un escarpe de unos 50 metros de altura con pendientes de 60° a 70° y una quebrada encañonada donde afloran 30 m de espesor de un segmento compuesto de capas medias a muy gruesas (hasta 2 m de espesor), de tamaño de grano arena media a fina, con esporádicas capas delgadas de cuarzoarenitas con abundantes líticos (hasta 15%) de color blanco hueso y amarillas cuando están alteradas, presenta

estratificación levemente lenticular a planoparalelas orientadas N70°E / 22°NW (Foto3-3) (POMCA Río Garagoa, 2018).

Foto 3-2. Capas medias a muy gruesas de cuarzoarenitas de grano medio a fino con abundantes líticos.

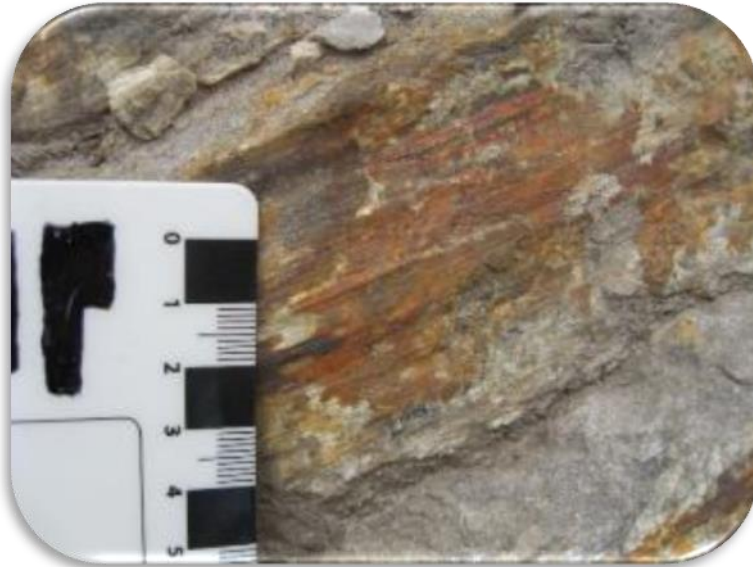


Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

En la vereda Sacaneca Alta en el municipio de Pachavita se encuentra una cantera de recebo con dimensiones de 50 x 12 x 20 m, en la cantera afloran 50 m de espesor de una sucesión compuesta de capas medias a gruesas de cuarzo arenita de grano medio a fino, con moscovita al 15%, se encuentran esporádicas intercalaciones de limolitas en capas muy delgadas. La morfología de las capas es levemente lenticular a plano paralela (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Las cuarzo arenitas presentan cuarzo, moscovita y líticos, la sucesión se encuentra orientada N56°E / 40° SE, interrumpida por espejos de fallas verticales orientados N12°W, los espejos de falla presentan estrías con dato estructural S56°W / 22°, eso puede evidenciar esfuerzos tectónicos en dirección SW-NE, de tipo inverso relacionado a la neotectónica local y el reactivamiento de fallas inversas en planos de fallas normales antiguas (Foto 3-3) (AGS-CORPOCHIVOR, 2014)

Foto 3-3. Espejo de falla con estrías en rojo, se desarrolla una amalgama silícea, vereda Sacaneca, Municipio Pachavita.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

3.2.3.1.3 Formación Chipaque (K2cp)

La Formación Chipaque aparece en el sector medio del Páramo de Cristales, conformando una franja orientada en sentido SW-NE. La unidad aflora en los flancos del Sinclinal de Pachavita, en el flanco occidental del Sinclinal de Úmbita sobre la cuchilla Pan de Azúcar, y en el bloque colgante de la Falla del Río Icabuco, en donde se encuentra plegada y fallada, cabalgando sobre sí misma y sobre rocas del Paleógeno (formaciones Guaduas, Socha Inferior y Socha Superior) y Cretácico más superior (Grupo Guadalupe) (INGEOMINAS, 2010).

- **Nombre y sección tipo.** Denominada por Hubach (1931), a las rocas que afloran desde la angostura del río Une (en Cáqueza) hasta la región de Chipaque como Piso de Villeta, abarcando la sucesión que se desarrolla encima de las Areniscas de Cáqueza y subyace al Piso de Guadalupe. Lo subdivide en tres conjuntos bien destacados, el inferior lo llamó Conjunto de Fόμεque, le siguen las Areniscas de Une y al conjunto superior lo llamó Conjunto de Chipaque (INGEOMINAS 2010).

Posteriormente, Renzoni (1962), denomina como Formación Chipaque al intervalo estratigráfico que descansa sobre la Formación Une e infrayace a la Formación Arenisca Dura (base del Grupo Guadalupe), es decir, incluye tanto al Conjunto de Chipaque como a la secuencia que Hubach (1931, 1957a) denominó como Guadalupe Inferior, pues, según Renzoni (1962), no existen diferencias litológicas que justifiquen tal separación; es en este sentido que se cartografió la Formación Chipaque en el área de estudio. El nombre posiblemente provenga del municipio del mismo nombre y su localidad tipo es por la carretera Bogotá-Villavicencio en cercanías de la población de Chipaque (INGEOMINAS 2010).

- **Descripción litológica.** Está conformada por arcillolitas de color gris oscuro, laminadas, meteorizadas, con intercalaciones tabulares de arenitas de cuarzo, de textura fina, maduras, con cemento silíceo, generalmente bioturbadas en la base de las capas, con espesor delgado hasta grueso. Según el INGEOMINAS cerca de la población de Chinavita aparecen intercalados tres mantos medianos de carbón dentro de una secuencia arcillosa-lodosa perteneciente a la base de la unidad. Los afloramientos de la Formación Chipaque en el área de estudio son muy puntuales, ya que por su carácter arcilloso casi siempre están cubiertos por suelos residuales o coluviones (INGEOMINAS, 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Está limitada por la parte superior con la Formación Arenisca Dura, y aunque está cubierto se considera concordante neto, lo mismo que el límite inferior con la Formación Une. Montoya & Reyes (2003), en la plancha 209-Zipacquirá contigua a la plancha 210, le asignan edad Cenomaniano tardío-Santoniano. Guerrero & Sarmiento (1996) con base en datos palinológicos piensan que la base de la unidad es del Turoniano temprano y su techo Santoniano en una sección levantada sobre el flanco W del Sinclinal de Nazareth en cercanías de San Luis de Gaceno. El espesor de la Formación Chipaque, calculado por corte geológico, sobre el flanco occidental del Sinclinal de Úmbita es de por lo menos 450 m. Guerrero & Sarmiento (1996) reportan 565 m en la sección de San Luis de Gaceno (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.1.4 Grupo Guadalupe (K2g)

En el área comprendida por el DRMI enmarcada en el costado noroccidental de la Plancha 210-Guateque, el Grupo Guadalupe aflora en varias franjas orientada en sentido SW-NE, hace parte de los flancos del Sinclinal de Úmbita y Anticlinal de Las Pavas y de otros pliegues anticlinales y sinclinales de menor importancia (INGEOMINAS, 2010).

Litológicamente está conformado de base a techo por las formaciones Arenisca Dura, Plaeners, Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. Hacia el extremo más NW de la Plancha 210-Guateque aparece la Formación Lidita Superior que se considera coetánea y heterópica con la Formación Arenisca Dura, unidad que ya había sido reconocida y cartografiada en sectores de la Plancha 209-Zipacquirá y Sabana de Bogotá por Montoya & Reyes (2003, 2007), no obstante, en esta parte de la cordillera oriental siempre fue confundida con la Formación Plaeners debido a la similitud litológica entre las dos unidades, especialmente por el contenido de porcelanitas y cherts en capas delgadas que fracturan prismáticamente; la Formación Lidita Superior hace parte del Grupo Olini en el Valle Superior del Magdalena (INGEOMINAS, 2010).

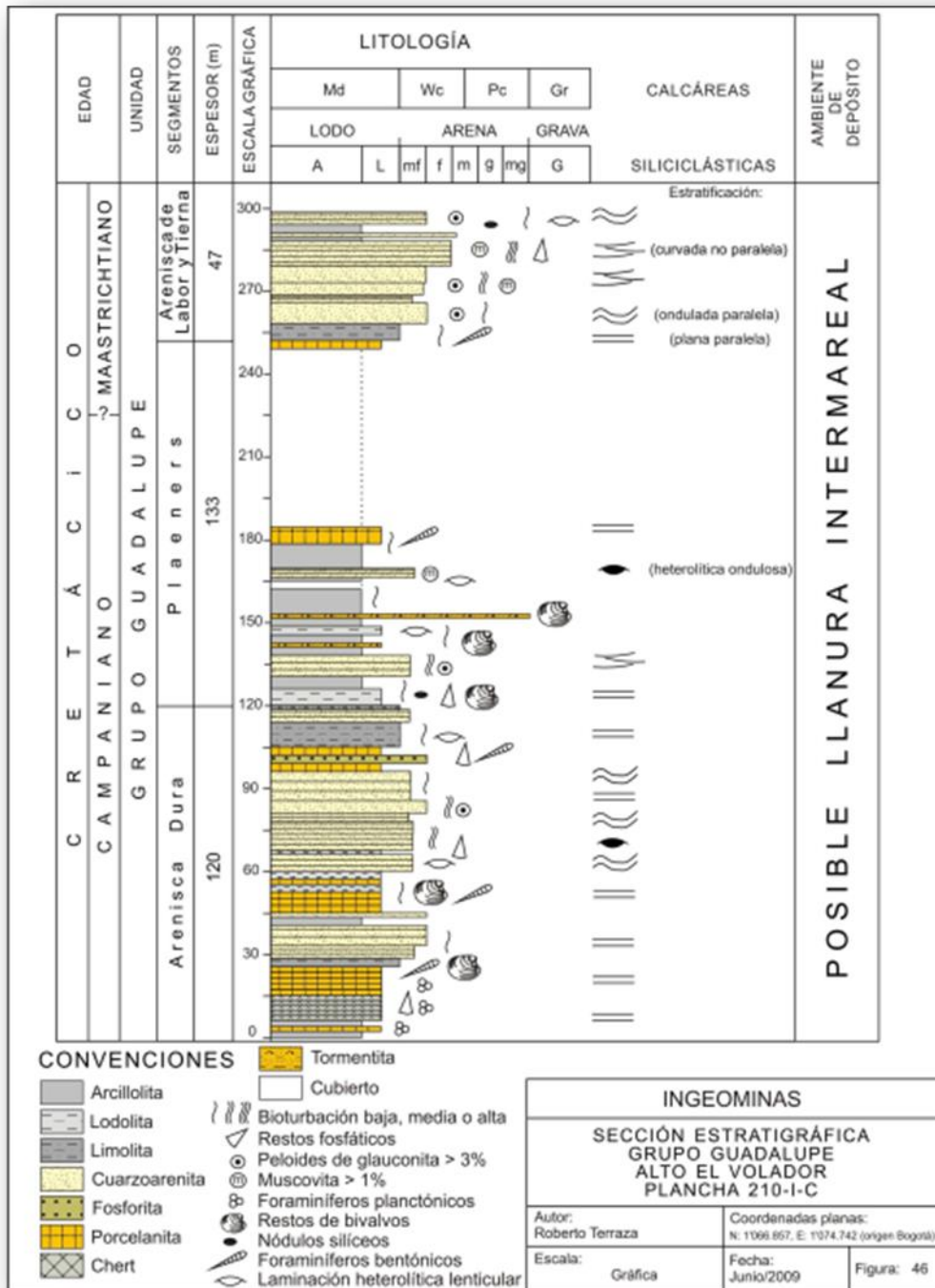
- **Nombre y sección tipo.** De acuerdo con Julivert (1968) “el origen del nombre proviene del Cerro Guadalupe, al Oriente de Bogotá. La descripción original de la unidad se debe a Hettner (1892) quien establece la subdivisión del Cretáceo de la Cordillera Oriental en Guadalupe y Villeta. El Guadalupe limita por su parte superior con La Formación Guaduas (término con el cual Hettner comprendía los sedimentos arcillosos rojos y abigarrados de la Cordillera Oriental en su sector de

Sabanas y los niveles de areniscas y conglomerados intercalados)” (INGEOMINAS, 2010).

- **Descripción litológica.** En la memoria explicativa de la plancha 210-Guateque se levantó una sección estratigráfica del Grupo Guadalupe en el Alto del Volador, la que se describirá a continuación de base a techo (Figura 3-28). Se distinguen claramente las cuatro formaciones del grupo, sin embargo, tanto el contacto inferior con la Formación Chipaque y el superior con la Formación Guaduas están cubiertos, faltando unos pocos metros de la base de la Arenisca Dura y aflorando bien solamente los primeros 6 m de la Arenisca Tierna. El espesor del Guadalupe en esta sección es de 300 m, de los cuales 120 m (incompleto) son para la Arenisca Dura, 133 m para Los Plaeners, 41 m para la Arenisca de Labor y 5 m (incompleto) para la Arenisca Tierna. La Arenisca de Labor está separada de la Arenisca Tierna por un intervalo arcilloso delgado de unos 6 m de espesor, el cual hacia el costado oriental del Río Garagoa se engruesa y alcanza por lo menos 90 m de espesor, sin embargo, unos 3 km más al NE, este nivel desaparece y no se pueden separar, litológicamente ni cartográficamente, la Arenisca de Labor de la Arenisca Tierna, y es por esta razón que en el mapa geológico de la Plancha 210-Guateque estas unidades aparecen como una sola unidad cartográfica denominada Arenisca de Labor y Tierna (INGEOMINAS, 2010).

Morfológicamente se diferencian muy bien tres niveles en el Grupo Guadalupe, un nivel inferior (Arenisca Dura) y otro superior (Arenisca de Labor y Tierna) separados por un nivel blando correspondiente a Los Plaeners (Figura 3-28).

Figura 3-31. Sección Estratigráfica Grupo Guadalupe.



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

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

- **Arenisca Dura (Ksgd):** Cuarzoarenitas de color naranja grisáceo, naranja amarillento o marrón amarillento por meteorización, textura muy fina a fina, maduras, algo micáceas y glauconíticas (al techo especialmente), en capas con estratificación delgada hasta muy gruesa, plana paralela (continua o discontinua) y laminación interna delgada-mediana, ligeramente ondulosa paralela discontinua o aspecto macizo; se intercalan porcelanitas color gris parduzco y negro oliva, en conjuntos de capas delgadas y medianas, plano-paralelas (tabulares), entre 1 y 6 m de espesor con laminación interna delgada a mediana plana paralela (continua y discontinua) y partición prismática característica, y también arcillolitas de color gris medio en capas muy gruesas y medianas con laminación delgada plana paralela discontinua, poco carbonosa, con rompimiento en esquirlas, bloques y astillas. Con las porcelanitas son frecuentes las intercalaciones de chert y ocasionalmente capas medianas hasta muy gruesas de fosforitas; son comunes los foraminíferos bentónicos, aunque los planctónicos se observaron en la base. En la parte baja y techo aparecen conjuntos de limolitas de cuarzo (INGEOMINAS, 2010).

Afloramientos en el área de estudio

En la vereda de Nueve Pilas al NW del municipio de Úmbita se encuentra una cantera donde se extrae material arenoso y de mala selección con abundantes guijos a bloques angulares soportados en una matriz de arena media a gruesa, fijado a un costado de la ladera, se puede entender como una morrena lateral con un ancho de 50 m y un alto de 30 metros con una variación longitudinal por los cambios topográficos, se encuentra contactos entre el depósito glaciar y areniscas de grano muy fino de color negro con estratificación plano paralela aflora una secuencia de 20 metros de espesor buzando al sur oriente, en este contacto se observan las areniscas fuertemente alteradas y el depósito glaciar con guijos y cantos de areniscas grises y lodolita. La cantera presenta una vía auxiliar en forma de rampa de 100 metros que comunica el lugar de la extracción y la vía Villapinzón – Úmbita (Foto 3-4), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

El material extraído es utilizado como material de recebo en las vías y construcción local, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-4. Contacto erosivo entre morrena lateral y lodolitas.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

En la vereda Suaquira Arriba al NW del municipio de Pachavita, se encuentra un afloramiento muy bueno con dimensiones de 25 x 30 x 5 m, aflora una sucesión de 20 m de espesor compuesta de liditas grises en capas medias a delgadas con esporádicas capas medias y delgadas de lodolitas grises, los plaeners presentan un contenido de foraminíferos y bivalvos bajo en comparación a afloramientos locales más ricos, de base a tope se encuentra a los 15 m una capa gruesa de cuarzoarenita bien cementada de tamaño de grano arena muy fina y de color blanco hueso. La sucesión está orientada estructuralmente hacia N74°E / 29°NW (Foto 3-5), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-5. Cantera de recebo con plaeners en la vereda Soaquira Arriba, municipio de Úmbita.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

En el límite de las veredas Sacaneca Arriba y La Palma se encuentra un escarpe muy fuerte donde afloran bancos de capas muy gruesas de cuarzo arenitas de grano muy fino

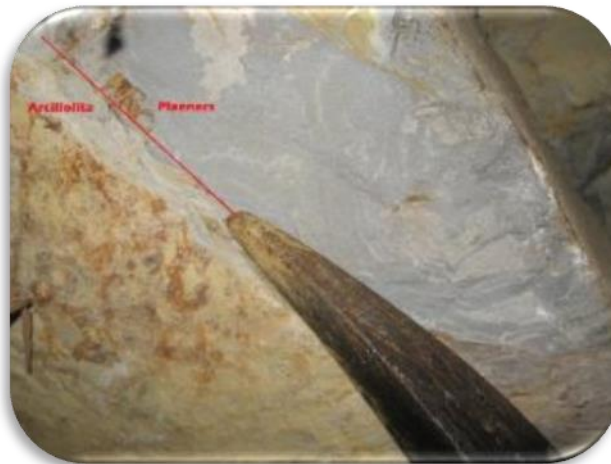
y de color blanco muy bien cementadas. La sucesión se encuentra orientada estructuralmente N37°E / 20°NW. Se generan pendientes de 90° por la competencia de la unidad (Estación: Escarpe Las Antenas) (Foto 3-7), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

- **Plaeners (Ksgp):** Aflora aproximadamente un 50% de esta unidad la cual está cubierta por coluviones. Se compone de arcillolitas de color gris medio y claro, meteorizadas, muy poco carbonosas en las cuales se intercalan cuarzoarenitas (muy finas, maduras), tormentitas de fragmentos de bivalvos, lodolitas y porcelanitas, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Afloramientos en el área de estudio

Se encuentra una sucesión de 1,5 m de espesor, a 2 km al W de Úmbita, en la vía que comunica la vereda El Chuscal y Úmbita, compuesta de plaeners en capas delgadas a medias y con esporádicas láminas de arcillolitas grises con estratificación planoparalela, orientadas N74°E / 35°SE (Estación: Plaeners y Arcillolitas) (Foto 3-6), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3- 6. Contacto entre capa de plaeners y láminas de arcillolita grises de la Formación Plaeners.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

A 2 km al W del casco urbano del municipio de Úmbita, en la vía El Chuscal – Úmbita, se encuentra en el talud de la carretera un afloramiento de 20 x 15 m, con una sucesión estratigráfica de intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino a muy fino en capas gruesas interdigitadas, con capas medias de lodolitas y arcillolitas de color gris claro y esporádicas capas delgadas de plaeners. Estratificación planoparalela orientadas estructuralmente N28°E / 36°NW, este afloramiento presenta procesos de remoción en masa, en épocas lluviosas se presentan derrumbes que cubren toda la vía dificultando la movilidad entre la vereda El Chuscal y Umbita (Estación: Cuarzoarenitas, arcillolitas y plaeners) (Foto 3-7). (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-7. Procesos de remoción en masa de la Formación Plaeners, este derrumbe amenaza con cubrir la vía en épocas lluviosas.



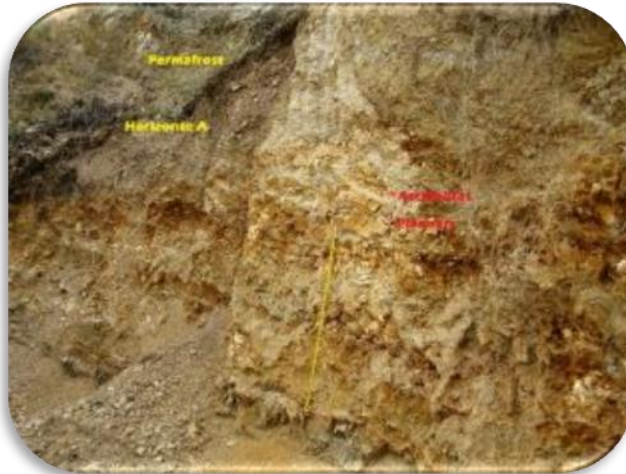
Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014.

Aflora una sucesión de 60 m de espesor con capas delgadas y esporádicas capas medias de plaeners de color café claro, e intercaladas con arcillolitas blancas a grises en capas medias a delgadas; de base a tope se encuentran en los primeros 20 m de espesor un predominio de las capas de plaeners, los restantes 40 m están compuestos de intercalaciones de plaeners y arcillolitas, orientados estructuralmente $N54^{\circ}W / 43^{\circ}SW$, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

En las capas de plaeners se encuentran abundantes restos fósiles como restos de foraminíferos, bivalvos y otros restos fósiles (Cantera plaeners y arcillolitas 1) (Foto 3-8), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

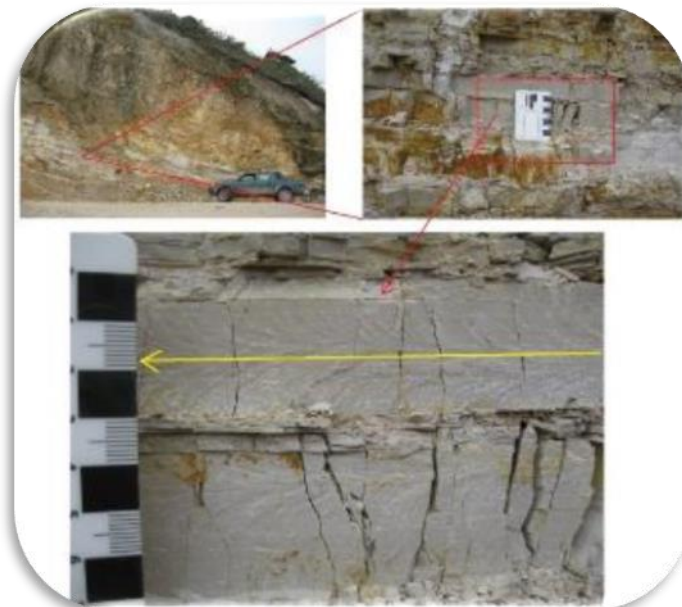
En la vereda Pozo Negro del municipio de Turmequé se presenta una cantera para la extracción del recebo, con un área de explotación de 15 x 20 m, y una altura de 20 m. Se encuentra una sucesión de 21 m de espesor de plaeners en capas delgadas intercaladas con arcillolitas blancas a grises con material fósil como foraminíferos en poca proporción, presentan una estratificación planoparalela y orientación $N60^{\circ}W / 12^{\circ}NE$ (Estación: Cantera Plaeners y arcillolitas 2) (Fotos 3- 9 y 3-10), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-8. Intercalación de Plaeners con arcillolitas, vereda Pozo Negro, municipio de Turmequé, (escala 1 m)



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

Foto 3-9. Capas delgadas de plasters con láminas de arcillolitas, la línea amarilla representa la dirección de propagación de la diaclasa.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

Foto 3-10. Plaeners con abundante fauna fósil, entre estos foraminíferos plantónicos.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

3.2.3.1.5 Formación Guaduas (TKg)

Aflora principalmente en la parte central del DRMI, costado NW de la Plancha 210-Guateque, ocupando los flancos o el núcleo de varias estructuras sinclinales de las cuales la más importante es el Sinclinal de Úmbita. (AGS-CORPOCHIVOR, 2014)

- **Nombre y sección tipo.** Hettner (1892), denominó Guaduas (Guaduasschichten; Stufe der Guaduasschichten) a todos los materiales que en la región de Bogotá se encuentran por encima de la Formación Guadalupe (Guadalupeschichten de Hettner). Posteriormente Hubach (1931b, 1945c, 1957a; Hubach & Alvarado, 1932a) restringe el sentido del término. En el sentido actual, Guaduas está limitado en su parte inferior por la Formación Guadalupe, y en la parte superior por la Arenisca Cacho. De Porta (1974) indica que “el nombre de esta unidad procede de la población de Guaduas situada en el borde occidental de la Cordillera Oriental sobre la carretera Bogotá-Honda, (INGEOMINAS, 2010).
- **Descripción litológica.** Gracias a su posición estratigráfica entre la infrayacente Formación Arenisca de Labor y Tierna y la suprayacente Formación Cacho o Socha Inferior (unidades arenosas resistentes a la erosión); litológicamente está constituida predominantemente por arcillolitas con algunas intercalaciones de cuarzoarenitas, características que permiten que la Formación Guaduas geomorfológicamente tienda a generar zonas bajas en el terreno, (INGEOMINAS, 2010).

La Formación Guaduas presenta pocos afloramientos y además muy puntuales, debido a que casi siempre están cubiertos por depósitos de origen coluvial o se encuentran muy meteorizados, no obstante, es fácil de cartografiar por su

expresión morfológica de bajos topográficos y porque en diferentes partes de la unidad aparecen mantos de carbón, (INGEOMINAS, 2010).

Las arcillolitas son de coloración gris pero generalmente se encuentran meteorizadas por lo cual toman coloración marrón pálido, naranja o amarillenta; se presentan en capas de diferente espesor sin laminación interna o con laminación heterolítica ondulosa y lenticular; en diferentes puntos de la secuencia es común observar niveles con nódulos ferruginosos muy meteorizados de coloración amarillenta con diámetros entre 2 y 7 cm, (INGEOMINAS, 2010).

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior (con la Formación Arenisca Tierna) como el límite superior (con la Formación Socha Inferior) son concordantes y netos. El espesor de la unidad reportado en una sección estratigráfica por la vía Pachavita - Úmbita fue de 510 m (Mejía, L. J.; Arboleda, C. y Mariño, J. A., 1982); Ulloa & Rodríguez (1979) reportan 446 m de espesor en la localidad de Pachavita - Chinavita; en el Sinclinal de Nazareth mediante corte geológico se estimaron 60 m de espesor. Guerrero & Sarmiento (1996) reportan 59 m de espesor para la Formación Guaduas en el sector de San Luis de Gaceno (15 km al sur del área de estudio sobre el flanco W del Sinclinal de Nazareth), que corresponden solamente a la parte inferior de la unidad debido a erosión previa al depósito de la Formación Socha Inferior, según estos autores (Foto 3-11), (INGEOMINAS, 2010).

Foto 3-11. Expresión geomorfológica (colinas bajas y valles poco profundos) de la Formación Guaduas (K2E1g) entre las formaciones Arenisca de Labor y Tierna (K2lt) y Socha Inferior (E1si)



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

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

- **Afloramientos en el área de estudio**

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

Se encuentra un afloramiento pequeño al costado de la Vía que comunica la Vereda El Chuscal con Úmbita, y afloran lodolitas grises laminadas con abundantes láminas de materia orgánica, en este lugar aflora una secuencia de 2 metros de espesor orientada N80°E / 6°SE, sin embargo, todo el segmento aparenta presentar un pequeño colapso por gravedad (Estación: Punto Control Guaduas) (Foto 3-12) (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-12. Lodolitas grises laminadas con abundante materia orgánica de la Formación Guaduas.



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

3.2.3.2 Unidades del Paleógeno

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

Las unidades Cacho-Bogotá y Socha Inferior-Socha Superior son equivalentes en posición estratigráfica y muy similares litológicamente (también lo son con las unidades Barco-Los Cuervos de la región del Cocuy, Capitanejo y Málaga), pudiendo inclusive estar en sinonimia. En la Plancha 210-Guateque se delimitaron geográficamente las unidades Cacho- Bogotá y Socha Inferior-Socha Superior, sin embargo, esta delimitación se hizo de manera arbitraria por las razones antes expuestas; las unidades Cacho-Bogotá (del área

de la Sabana de Bogotá y alrededores) quedaron localizadas al lado occidental de la Falla del Río Icabuco, mientras que las unidades Socha Inferior- Socha Superior (incluyendo Picacho y Concentración de la zona de Paz del Río en Boyacá) quedaron restringidas al lado oriental de esta estructura en el Sinclinal de Úmbita. Guerrero & Sarmiento (1996) reconocen para la región del Piedemonte Llanero (Sinclinal de Nazaret) a las unidades Socha Inferior y Socha Superior, justificando detalladamente su utilización en esta parte de la cordillera oriental. Para el sistema Paleógeno no se cuenta con ningún dato bioestratigráfico, por tanto, la edad se toma de la literatura disponible publicada hasta la fecha (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.2.1 Formación Cacho (Tpc)

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

- **Nombre y sección tipo.** Según De Porta (1974), Scheibe (1934 escrito en 1918) “da el nombre de Zona de Areniscas del Cacho a una arenisca muy bien desarrollada que al SW de Zipaquirá forma el Pico del Cacho. Scheibe (1934) considera esta arenisca dentro de la Formación Guaduas, término al que hoy se da un sentido más restringido, y considera el Cacho como la zona limítrofe superior del conjunto II del Guaduas; por encima del Cacho se encontraría el conjunto III (hoy Formación Bogotá), (INGEOMINAS, 2010).
- **Descripción litológica.** De forma general la unidad se compone de cuarzoarenitas de textura fina a gruesa, de coloración naranja muy pálido o naranja amarillento oscuro, friables, submaduras, algo líticas y feldespáticas, (aunque pueden ser líticas de porcelanitas meteorizadas) en conjuntos de estratos gruesos a muy gruesos con estratificación curvada no paralela discontinua e internamente con estratificación inclinada tangencial a la base de las capas de escala decimétrica. Se observan también algunas interposiciones de lodolitas rojizas. Los afloramientos son escasos y se hallan en avanzado estado de meteorización (INGEOMINAS, 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Guaduas como el límite superior con la Formación Bogotá son concordantes y netos. El espesor de la Formación Cacho calculado mediante corte geológico en un pliegue sinclinal menor localizado entre las fallas de Mchetá y Río Icabuco al occidente del municipio de Úmbita es de 120 m aproximadamente, (INGEOMINAS, 2010).

Según Van der Hammen La Formación Cacho es Paleocena y Hubach (1957a) (basado en los datos palinológicos de Van der Hammen, 1957) la infiere del Paleoceno tardío en la Sabana de Bogotá y sus alrededores (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.2.2 Formación Arenisca de Socha (Socha Inferior) (Tras)

La Formación Socha inferior aflora sobre los flancos de estructuras sinclinales regionales como el Sinclinal de Úmbita (210: A5-A6, B3-B6, C2-C3, D1) y el Sinclinal de Nazareth (210: H11-H12). Por su constitución litológica predominantemente arenosa y por su posición estratigráfica entre unidades arcillosas (suprayaciendo a la Formación Guaduas e infrayaciendo a la Formación Socha Superior) genera en el relieve escarpes o filos topográficos (INGEOMINAS 2010).

- **Nombre y sección tipo.** Alvarado & Sarmiento (1944) crean esta unidad en la región del valle alto del Río Chicamocha entre Sogamoso y Paz del Río en el departamento de Boyacá; la sección tipo se encuentra cerca de la localidad de Socha Viejo a 7 km al NE de Paz de Río. Estos autores describen la unidad de la siguiente manera: “las areniscas son de grano medio, color blanco y consistencia en su parte superior (INGEOMINAS, 2010).

La parte inferior del conjunto es de grano grueso y presenta zonas de grano muy grueso, hasta guijoso. Las areniscas son compactas y tienen estratificación cruzada. Su color es blanco, pero en partes muestra tintes verdosos. El tamaño medio de los guijos es de 1/2 cm de diámetro, pero en partes alcanza a 2 cm. Los guijos son cuarzo blanco y forma redondeada. Estas areniscas se diferencian de las areniscas El Picacho, que yacen estratigráficamente más arriba, en el tamaño del grano, que es generalmente más fino en las del Socha Inferior. El espesor de esta formación oscila entre los 100 y 150 m”, (INGEOMINAS, 2010).

- **Descripción litológica.** En general, la Formación Socha Inferior está constituida por arenitas cuarzosas de color marrón rojizo pálido (10 R 574) y naranja amarillento oscuro (10 YR 6/6), de textura muy fina hasta conglomerática, submaduras, friables, muy meteorizadas en conjuntos de capas muy gruesas (hasta de 4 m de espesor) hacia el contacto con la Formación Guaduas y Formación Socha Superior las capas son medianas y gruesas con interposiciones de arcillolitas grises con moteado rojizo (INGEOMINAS, 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Guaduas como el límite superior con la Formación Bogotá son concordantes y netos. El espesor de la Formación Cacho calculado mediante corte geológico en un pliegue sinclinal menor localizado entre las fallas de Machetá y Río Icabuco al occidente del municipio de Úmbita (210: C1) es de 120 m aproximadamente. ¿En cuanto a la edad de la Formación Cacho Van der Hammen (1957) la considera como Paleocena y Hubach (1957a) (basado en los datos palinológicos de Van der Hammen, 1957) la infiere del Paleoceno tardío? en la Sabana de Bogotá y sus alrededores, (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.2.3 Formación Bogotá (Tb)

Localizada solamente en una pequeña franja en el Páramo de Cristales, localizada al suroeste del área, puntualmente al occidente de Úmbita, entre las fallas de Machetá y Río Icabuco (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

- **Nombre y sección tipo.** De Porta (1974) indica que “la Formación Bogotá fue creada para reducir la Formación Guaduas que en el sentido de Hettner (1892, p. 16) abarcaba todo lo que se superponía a la Formación Guadalupe. Los autores posteriores a Hettner empiezan a subdividir el Guaduas, así Scheibe (1934) lo divide en tres conjuntos numerados de abajo a arriba, colocando el Cacho en la parte superior del conjunto II, Scheibe (1934, p. 34) indica ya como en el Conjunto III del Guaduas, es decir por encima del Cacho, no se encuentran capas de carbón. Esto hace que más adelante se distinga en el Guaduas entre conjunto productivo y conjunto improductivo (Hubach, 1947a, escrito en 1929), hasta que Hubach (1945, escrito en 1933, p. 34) restringe el nombre de Guaduas al conjunto productivo inferior y crea el nombre de Bogotá para el conjunto improductivo superior”, (INGEOMINAS 2010).
- **Descripción litológica.** Por su litología tiende a sufrir procesos de meteorización acelerados lo que la llevan a una alteración rápida a suelos residuales aptos para el desarrollo de vegetación o de cultivos, lo cual impide su reconocimiento de forma fácil en afloramientos. Todo esto lleva a que los afloramientos de esta unidad sean prácticamente inexistentes. Según el informe de la Plancha 201-Guateque, por carretables que conducen del caserío de Soatama de Villapinzón al municipio de Machetá o Villapinzón (por fuera del área de estudio) se pudo observar la porción inferior de la unidad la cual está constituida por una sucesión de arcillolitas y lodolitas grises con moteados de color rojo y púrpura; también se aprecian algunas intercalaciones de areniscas cuarzosas friables de tonalidad amarillenta, (INGEOMINAS 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Solamente es posible observar en el área de estudio el límite inferior con la Formación Cacho el cual es concordante y neto. El espesor aflorante se estima en 150 m correspondiente a la parte inferior de la Formación Bogotá. La edad más probable de la Formación Bogotá es Eoceno temprano, (INGEOMINAS 2010).

3.2.3.2.4 Formación Arcillas de Socha (Socha Superior) (Tas)

Esta unidad aflora sobre los flancos de los sinclinales de Úmbita (210: A5-A6, B3-B6, C2-C3, D1) y Nazareth (210: H11-H12). Por su posición estratigráfica entre unidades arenosas resistentes a la erosión (suprayaciendo a la Formación Socha Inferior e infrayaciendo a la Formación Picacho) y por su litología predominantemente arcillosa origina topografía suave en el terreno, (INGEOMINAS, 2010).

- **Nombre y sección tipo.** Según De Porta (1974), la “Formación Socha Superior es una unidad que queda comprendida entre dos conjuntos masivos de areniscas que corresponden a la Formación Socha Inferior y a la Formación Picacho. La localidad tipo está situada entre las poblaciones de Tasco y Corrales en el departamento de Boyacá. La parte inferior de la formación consta de arcillas arenosas, de color verde oscuro con algunas intercalaciones de areniscas. La parte media está formada por arcillas verdosas con mantos de carbón que se superponen a un nivel de areniscas lajosas. En su parte superior aparecen bancos

de areniscas de grano medio que alternan con arcillas. En casi todas las secciones aparece yeso en la parte superior de la formación, (INGEOMINAS, 2010).

- **Descripción litológica.** Sus afloramientos casi siempre se hallan cubiertos por coluviones, suelos residuales o se encuentran muy meteorizados, no obstante, es fácil de cartografiar por su posición estratigráfica entre unidades arenosas resistentes a la erosión y porque sus arcillolitas y lodolitas son de coloración moteada o abigarrada. Se observa que está constituida por una sucesión principalmente de arcillolitas con intercalaciones menores de lodolitas, limolitas cuarzosas y arenitas, (INGEOMINAS, 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Socha Inferior como el límite superior con la Formación Picacho son concordantes y netos. El espesor de la Formación Socha Superior se estimó en 260 m (mediante corte geológico) sobre el flanco oriental del Sinclinal de Úmbita en el sector de la cuchilla San Antonio (210: B4); Ulloa & Rodríguez (1976) reportan un espesor de 400 m medidos por la carretera Pachavita-Tibaná. Con relación a la edad de esta unidad De Porta (1974) señala que “Van der Hammen (in Hubach, 1957b, p. 82) en la asociación de polen de esta formación predomina Proxapertites operculatus y además se encuentran Bombacacidites annae y Ephiedripites vanegensis. Según esta asociación la edad de esta unidad sería Paleoceno superior y Van der Hammen la correlaciona con la Formación Lisama del Valle Medio del Magdalena y la Formación Los Cuervos del Catatumbo”. Guerrero & Sarmiento (1996) en un esquema estratigráfico secuencial plantean la secuencia ST2, que incluye parte del Paleoceno tardío (Thanetiano) y parte del Eoceno temprano (Ypresiano), conformada por las formaciones Socha Inferior y Socha Superior, asignando esta última al Eoceno temprano, (INGEOMINAS 2010).

3.2.3.2.5 Formación Picacho (Tp)

Dentro de la zona de estudio la Formación Picacho aflora hacia el núcleo del Sinclinal de Úmbita, donde forma un escarpe casi continuo debido a sus rocas arenosas resistentes a la erosión; varios filos o cuchillas son generadas por esta unidad como la cuchilla Castillejo o Loma Peñanegra, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

- **Nombre y sección tipo.** En De Porta (1974) “la Formación Picacho está formada por un conjunto potente de areniscas que descansan discordantemente sobre la Formación Socha superior. La sección tipo de esta Formación se encuentra al N de Betéivita en las proximidades de los Cerros El Fraile y Picacho, del cual deriva su nombre, situados al W de Paz de Río, (INGEOMINAS 2010).
- **Descripción litológica.** Por su litología es posible encontrar buenos afloramientos, por las vías Chinavita-Tibaná, Sisa-Úmbita o Chinavita- Guayabal-Tibaná se encuentran algunos, los cuales están conformados por capas muy gruesas de cuarzoarenitas de color blanco o gris claro, textura media hasta conglomerática, friables, inmaduras o submaduras, algo líticas (1-2%) y feldespáticas (1-5%), con estratificación interna inclinada decimétrica. Son comunes lechos de guijos redondeados de cuarzo lechoso e intercalaciones de

lodolitas abigarradas micáceas. Por el alto grado de meteorización de las arenitas que destruye el material cementante que une los granos, muchos niveles de la Formación Picacho han sido aprovechados como canteras de arena como las que se observan por la vía Sisa-Úmbita, (INGEOMINAS, 2010).

- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** Tanto el límite inferior con la Formación Socha Superior como el límite superior con la Formación Concentración son concordantes y netos. Según el INGEOMINAS no existen datos bioestratigráficos de esta unidad en el área de estudio. Según Van Der Hammen (1958) la edad de la Formación Picacho es Eoceno temprano, datación realizada indirectamente mediante el método de reducción de escala con base en puntos palinológicos fijos en las formaciones Guaduas y Socha. Van der Hammen (1957) la correlaciona con la base de la Formación La Paz del Valle Medio del Magdalena y con la base de la Formación Mirador del Catatumbo (INGEOMINAS, 2010).

El espesor de la formación Picacho calculado mediante corte geológico en el flanco W del Sinclinal de Úmbita es de 400 m. Sobre el mismo flanco de esta estructura, a la altura de la vía Guayabal-Jenesano, se estimaron 180 m; estas diferencias de espesor se atribuyen a cambios laterales de facies, ya que hacia el sector de Úmbita se reconocen tres segmentos litológicos en la Formación Picacho, dos arenosos separados por un segmento arcilloso, mientras que hacia el sector de la vía Guayabal-Jenesano solo se observa un paquete arenoso como el que se muestra en la Foto 3-15, (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.2.6 Formación Concentración (Tco)

Aflora en el núcleo del Sinclinal de Úmbita (210: A6, B3-B5) donde por su composición litológica esencialmente lodosa origina relieve relativamente suave (INGEOMINAS, 2010).

- **Nombre y sección tipo.** Según De Porta (1974) “para Alvarado & Sarmiento (1944) la Formación Concentración incluye todos los estratos del Terciario medio a superior que se desarrollan concordantemente sobre las Areniscas del Picacho. La sección tipo de esta formación, está localizada a lo largo del Río Soapaga entre el Caserío de Concentración y el puente de Uvo, (INGEOMINAS, 2010).
- **Descripción litológica.** En general, la Formación Concentración está conformada por una sucesión de arcillolitas y lodolitas abigarradas (rojas, grises y púrpura), macizas, micáceas, con capas muy gruesas de conglomerado arenoso o sublitoarenitas conglomeráticas intercaladas, algunas de las cuales se explotan para materiales de construcción (arena o gravilla fina) por su carácter friable, (INGEOMINAS, 2010).
- **Posición estratigráfica, edad y espesor.** El límite inferior con la Formación Picacho es concordante y neto; el límite superior no aparece en el área de estudio. En la Plancha 210-Guateque afloran solamente los primeros 400 m de la Formación Picacho calculados mediante corte geológico sobre el flanco W del Sinclinal de Úmbita a la altura del alto Peñas Uvero (210: B3), (INGEOMINAS, 2010).

Con relación a la edad De porta (1974) indica que “Royo y Gómez (1945) ha determinado de la parte media de esta formación la siguiente fauna que se encuentra en dos horizontes: Sogamosa cyrenoides Pilsbry & Olsson, S. próxima Royo y Gómez, Diplocyma succionis y Hemisinus (Basistoma) corroensis Pilsbry & Olsson. Royo y Gómez (1945) le asigna de acuerdo con esta fauna una edad comprendida entre el Eoceno superior y el Oligoceno. Posteriormente Van der Hammen (1957c) señala que la edad del horizonte fosilífero inferior es Eoceno medio-superior y el horizonte superior Eoceno superior-Oligoceno inferior. En las correlaciones palinológicas establecidas por Van der Hammen (1957c, pl. 2) parte inferior de esta unidad se considera como Eoceno medio. Posteriormente “Van der Hammen (1958, p. 93) señala que la parte inferior de la Formación Concentración es probablemente Eoceno medio, pero faltan datos palinológicos, mientras que los datos palinológicos de la parte media señalan una edad del Eoceno superior a Oligoceno inferior. La parte superior correspondería al Oligoceno medio”. De acuerdo con lo anterior la edad de la Formación Concentración sería Eoceno medio-Oligoceno medio, (INGEOMINAS, 2010).

3.2.3.3 Unidades Inconsolidadas del Neógeno (Holoceno)

Las unidades ubicadas en esta clasificación corresponden a depósitos sedimentarios recientes, acumulados posiblemente en el Holoceno (parte superior del sistema Neógeno) y que se encuentran cubriendo discordantemente a las rocas cretácicas; los depósitos más importantes por su espesor y extensión geográfica corresponden a coluviones o depósitos de pendiente, abanicos aluviales, terrazas aluviales y en menor proporción aparecen aluviones recientes. Por lo general, la presencia de estas acumulaciones cuaternarias origina en el paisaje una topografía más suave, fácilmente diferenciable en los mapas topográficos y fotografías aéreas, lo que facilita su delimitación cartográfica, (Foto 3-13) (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Foto 3-13. Panorámica de la Formación Picacho donde se aprecian tres segmentos litológicos, dos arenosos (E₂pi y E₂ps) separados por un segmento arcilloso (E₂pm).



Fuente: Tomado estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014

3.2.3.3.1 Coluviones o depósitos de pendiente (Qco)

En la Plancha 210-Guateque aparecen cartografiados varios depósitos de importancia, algunos de los cuales pueden alcanzar áreas de hasta 30 km² como los que se localizan el alrededor de Garagoa, otros de menor extensión se localizan en La Capilla; sin embargo, dentro del área del páramo de Cristales se observan unas pequeñas áreas. Estos depósitos presentan textura muy heterogénea desde cantos muy grandes hasta partículas tamaño arcilla que se acumulan sobre el valle de quebradas, rellenos topográficos o sobre la base de escarpes debido a procesos de remoción en masa (deslizamientos, desprendimientos de roca o suelo), posiblemente con la participación también de avenidas o flujos torrenciales provenientes de las cabeceras de estos drenajes.

▪ Afloramientos en el área de estudio

A 50 metros al E del punto Cascada El Retiro, en la vereda Camagoa, municipio de La Capilla se encuentra un depósito coluvial compuesto de bloques angulares de areniscas cuarzosas de 6 a 8 m, dentro de este depósito coluvial se encontró un canto rodado de una arenisca cuarzosa con venas de cuarzo lechoso hidrotermal con drusas de cuarzo variedad cristal de roca con cristales de 2 a 4 cm de longitud, es posible que el nombre del Páramo de Cristales provenga por la presencia de mineralización de cuarzo variedad cristal de roca, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

3.2.3.3.2 Depósitos Coluvio Aluviales (Qca)

Corresponden a depósitos de ladera asociados también al curso de ríos, lo que hace que sea una mezcla de materiales de tipo aluvial como cantos rodados y material producto de procesos hidrogravitacionales. Se caracterizan por ser matriz soportados (material aluvial), presentando fragmentos de rocas angulares a subangulares de tamaños variables, (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.2.3.3.3 Depósitos Aluviales (Qal)

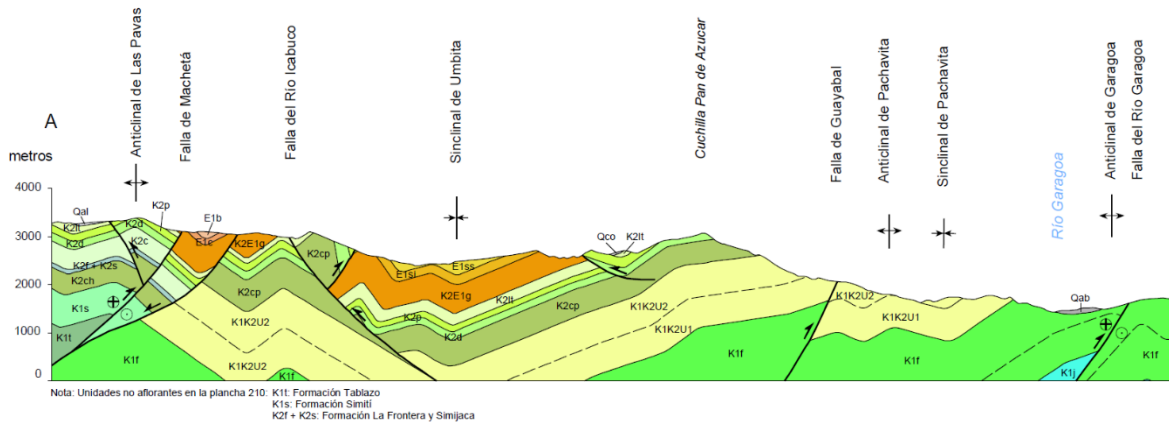
Son aquellos generados por la acumulación de materiales transportados por corrientes fluviales, encontrándose en las márgenes de los ríos y quebradas. Se componen generalmente de arenas, gravas de cuarzo y bloques subredondeados a redondeados de arenisca compacta, embebidos en una matriz areno-arcillosa, (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.2.4 Geología Estructural

Dentro del área abarcada por el DRMI se encuentran estructuras geológicas importantes por su amplitud y extensión regional como el Sinclinal de Umbita, al cual se asocian pliegues menores como los anticlinales de Las Pavas y Pachavita. Igualmente, en el sector se encuentran estructuras de fracturamiento y desplazamiento como las fallas de Mchetá, Río Icabuco y Guayabal, que además de presentar un comportamiento inverso

evidencian un salto transcurrente; están orientadas SW-NE convergencia tanto al SE como al NW (Figura 3-32).

Figura 3-32. Perfil geológico del área abarcada por los Páramos de Cristales y Castillejo, donde se encuentran las diferentes unidades litológicas y los principales rasgos estructurales del área de estudio.



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

Las estructuras evidenciadas en la zona de estudio no son más que el reflejo del plegamiento de la Cordillera Oriental, definida como una cuenca invertida con un estilo estructural de cabalgamientos de escama gruesa convergencia W y E, donde los frentes de inversión convergen hacia el núcleo de la cuenca Cretácica. Estos cabalgamientos se encuentran limitados o cortados por fallas rumbo - deslizantes predominantemente de carácter dextral, y trazo aproximado NE-SW, que funcionan a menudo como rampas laterales o que se expresan como flexiones y cabeceo de los pliegues, o fallas transversales que cortan las estructuras preexistentes debido a su actividad moderna relacionada con los últimos pulsos del levantamiento de la Cordillera Oriental. En términos generales la Cordillera es el resultado de la acción de varios estilos estructurales; en donde el primero y más antiguo está relacionado a la tectónica de bloques de edad Mesozoica, de los cuales surgen las orientaciones de algunos sistemas de fallas y ejes de plegamiento sirviendo como base y armazón para la inversión de la cuenca; el segundo estilo es originado por una tectónica compresiva que produce la inversión de la cuenca, cuyo patrón de fallamiento presenta dirección principal NNE-SSW, caracterizado por fallas inversas o de cabalgamiento. Adicionalmente se sobre-impone un estilo estructural con componente de rumbo importante cuya orientación principal es NW-SE o SW-NE (INGEOMINAS, 2010).

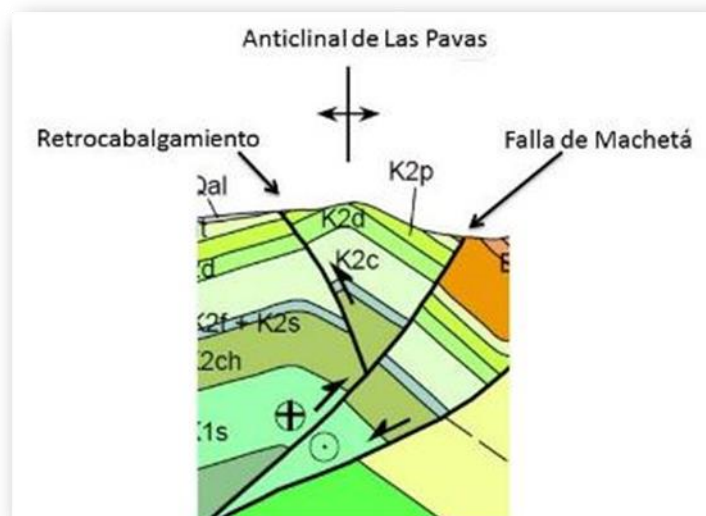
3.2.4.1 Fallas

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

- **Falla de Machetá**

Tanto la Falla de Machetá como su retrocabalgamiento se encuentran al través del Páramo de Castillejo. La Falla de Machetá es una falla inversa de alto ángulo orientada aproximadamente N55°E y con vergencia al SE; presenta componente transcurrente dextral. Ésta estructura, junto con una falla retroinversa localizada más al occidente producen el levantamiento del Anticlinal de Las Pavas en forma de “pop up” similar a una estructura en flor positiva, esto hacia el sector NW de Úmbita, de tal forma que se ponen en contacto la Arenisca Dura, los Plaeners o la Arenisca Labor y Tierna con la Formación Guaduas; hacia el SW de Úmbita se produce otro pequeño “pop up” equivalente al anterior, poniéndose en contacto los Plaeners sobre la Formación Guaduas. Unos 6 km al norte de Úmbita la Falla de Machetá es cortada por la Falla del Río Icabuco que presenta vergencia opuesta (Figura 3-33).

Figura 3-33. Representación de la Falla de Machetá y su retrocabalgamiento, con la estructura en “pop up”.



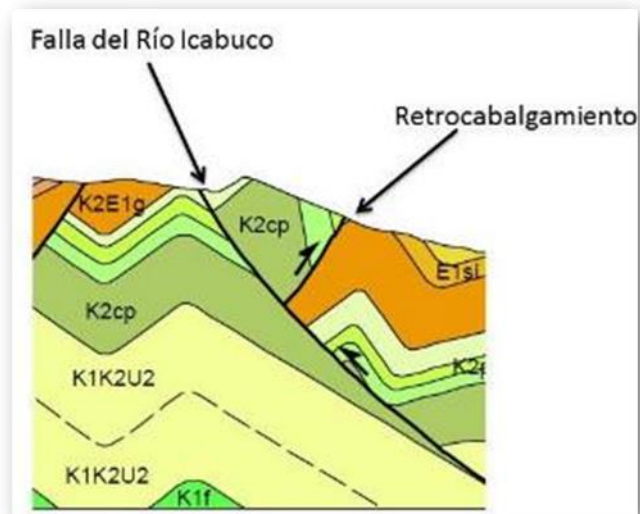
Fuente: INGEOMINAS. Geología de la Plancha 210-Guateque. Escala 1:100.000. Terraza R, *et al.*, Bogotá, 2010.

- **Falla del Río Icabuco**

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

del Río Icabuco pone en contacto la Arenisca Dura o los Plaeners con la Formación Guaduas (Figura 3-30).

Figura 3-34. Representación de la Falla del Río Icabuco y su retrocabalgamiento, con la estructura en “pop up”.



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

▪ **Falla de Guayabal**

La falla de Guayabal se encuentra por el borde SE del Páramo de Cristales; es una falla inversa de alto ángulo con rumbo general N60°E y buzamiento de 42° al noroeste, (vergencia al SE). En la mayor parte de su trayectoria se produce repetición estratigráfica del nivel superior de la Formación Une; al norte de Chinavita, en la vereda Quincho, pone en contacto la parte superior de la Formación Une sobre las formaciones Chipaque o Arenisca Dura, además de truncar la continuidad hacia el noreste del Anticlinal de Pachavita (Foto 3-14).

Foto 3-14. Trazo en superficie de la Falla de Guayabal. En la foto se observa un pliegue anticlinal asimétrico que termina contra la falla. El plano de falla se orienta N60°E/42°NW.



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

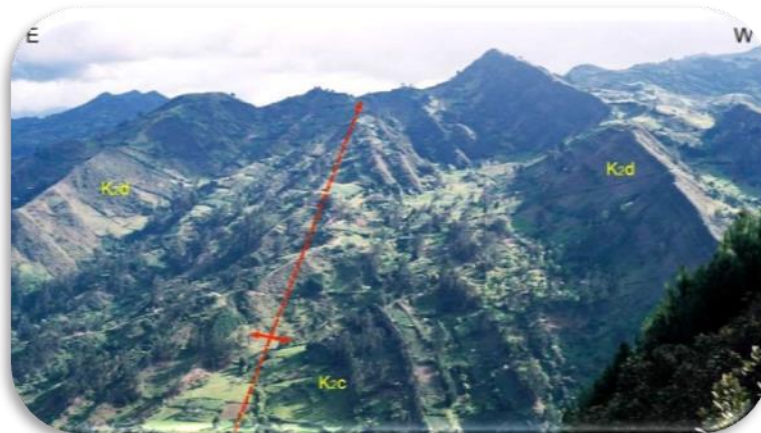
3.2.4.2 Estructuras de Plegamiento

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

▪ Anticlinal de Las Pavas

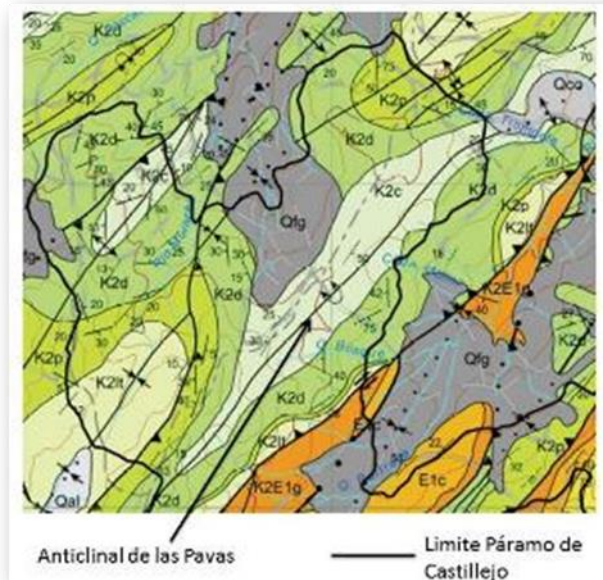
El Anticlinal de Las Pavas se localiza al norte del Páramo de Castillejo; es un pliegue anticlinal cerrado cuyo eje tiene una dirección que varía de N20°E al sur (Oeste de Úmbita) a N40°E al norte (Oeste de Tibaná); es un pliegue subvertical con inmersión moderada tanto hacia el SW como hacia el NE (doble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

Foto 3-15. Panorámica del Anticlinal de Las Pavas sobre la ladera sur del Río Turmequé; la estructura es cerrada con plano axial subvertical e inmersión moderada tanto al suroeste como al noreste; en el núcleo aparece la Formación Conejo (K2c) y en los flancos la Formación Arenisca Dura (K2d).



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

Figura 3-35. Anticlinal de las Pavas en la zona del Páramo de Castillejo. Se observa el pliegue tumbado.



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

- **Anticlinal de Pachavita**

Localizado solamente en un pequeño extremo en la esquina SE del Páramo de Cristales; éste anticlinal presenta dirección NE extendiéndose por unos 10 km desde el occidente del municipio de Pachavita hasta aproximadamente la confluencia de los ríos Garagoa y Fusavita al NW de Chinavita donde es truncado por la Falla de Guayabal. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil a moderada al noreste desarrollado en rocas de la Formación Une (Foto 3-18).

Foto 3-16. Trazo aproximado en superficie de los pliegues anticlinal y sinclinal de Pachavita desarrollados en rocas de la Formación Une.



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

▪ **Sinclinal de Pachavita**

Localizado solamente en un pequeño extremo en la esquina SE del Páramo de Cristales; este sinclinal presenta dirección NE extendiéndose por unos 16 km desde el occidente del municipio de Pachavita hasta el río Fusavita, lugar donde es truncado por la Falla de Guayabal. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil a moderada al noreste (Foto 3-18) en cuyo núcleo aparecen rocas de la Formación Plaeners. El eje del pliegue, a la altura del municipio de Chinavita, está desplazado por pequeños cabalgamientos posiblemente generados por deslizamiento flexural.

▪ **Sinclinal de Úmbita**

Es quizás el pliegue más importante de la zona, ya que gran parte de los páramos se desarrollan sobre éste; cuenta con una extensión superior a los 36 km y una amplitud de unos 10 km; éste sinclinal presenta dirección general N40°E a N45°E pero el trazo de su eje es sinuoso por lo cual en algunos sectores toma orientación E-W; se extiende desde el SW de Úmbita, lugar donde la Falla del Río Icabuco trunca su continuidad hacia el suroccidente, hasta salir del área de estudio al oriente de Tibaná. Es un pliegue suave, subvertical, con inmersión débil al noreste, en su núcleo aparecen rocas de la Formación Socha Superior en el sector comprendido por los páramos. La estructura presenta complicaciones estructurales debido a replegamientos internos, especialmente de Úmbita hacia el SW, y por tener fallado sus flancos orientales (fallas de Guayabal y Hermitaño) y occidental (retrofallas inversas relacionadas con la Falla del Río Icabuco y Falla de Soapaga).

De las 22 estaciones realizadas en el estudio AGS-CORPOCHIVOR, 2014 se lograron tomar datos estructurales en 11 estaciones, de los cuales existen datos estructurales de estratificación, planos de fallas y estrías, de las estructuras aflorantes en la zona. Los datos estructurales recolectados en campo se presentan en la Tabla 3-24.

Tabla 3-24. Datos estructurales.

Estación	X	Y	Z	Unidad geológica	Dato estructural	Tipo de dato
Punto Control Guaduas	1.067.551	1.070.877	2.869	K2E1g – Formación Guaduas	N80°E / 6°SE	Estratificación
Plaeners y Arcillolitas	1.066.841	1.068.879	2.763	K2p – Formación Plaeners	N74°E / 35°SE	Estratificación
Cuarzoarenitas, arcillolitas y plaeners	1.067.027	1.068.759	2.701	K2p – Formación Plaeners	N28°E / 36°NW	Estratificación
Cantera plaeners y arcillolitas 1	1.066.527	1.077.941	2.872	K2p – Formación Plaeners	N54°W / 43°SW	Estratificación
Cantera Plaeners y arcillolitas 2	1.064.876	1.077.301	2.782	K2p – Formación Plaeners	N60°W / 12°NE	Estratificación
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 – Formación Superior Une	N20°E / NW	Estratificación

Estación	X	Y	Z	Unidad geológica	Dato estructural	Tipo de dato
Cantera La Capilla	1.068.372	1.057.826	2.097	K1K2U1 Formación Superior	– Une N60°E / 70°SE	Plano de Falla
Cascada El Retiro	1.067.808	1.059.832	2.618	K1K2U2 Formación Superior; Depósitos Coluviales	– Une Qco – N70°E / 22°NW	Estratificación
Lodolitas negras, Barro Blanco	1.071.196	1.057.437	2.130	K1f – Formación Fomeque	N34°W / 20°NE	Estratificación
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 Formación Superior	– Une N56°E / 40° SE	Estratificación
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 Formación Superior	– Une N12°W / vertical	Plano de Falla
Cantera de recebo, Pachavita	1.074.883	1.061.337	1.922	K1K2U2 Formación Superior	– Une S56°W / 22°	Estría
Cantera Plaeners 3	1.074.769	1.066.903	2.284	K2d - Formación Arenisca Dura	N74°E / 29°NW	Estratificación
Escarpe Las Antenas	1.073.437	1.065.795	2.808	K2d – Formación Arenisca Dura	N37°E / 20°NW	Estratificación

Fuente: AGS-CORPOCHIVOR, 2014

3.2.5 Geomorfología

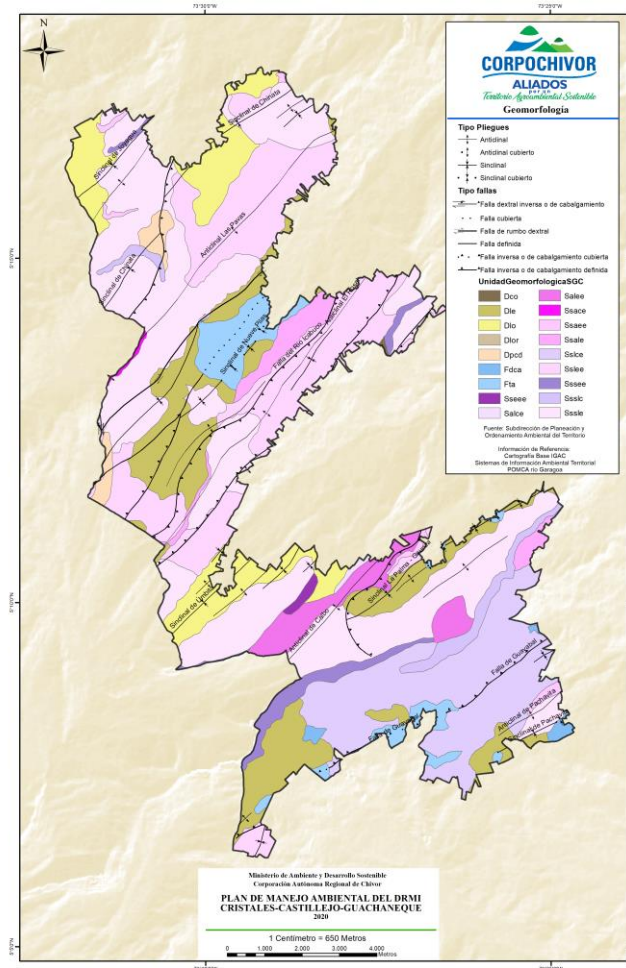
La geomorfología de la zona hace parte del contexto de modelamiento estructural de la cordillera Oriental, caracterizada por un relieve de altos y bajos topográficos alineados en dirección preferencial SW-NE, generados en principio por la influencia de factores morfogenéticos como el plegamiento de capas sedimentarias, generación de fallas y el posterior actuar de procesos erosivos. La evolución geomorfológica de toda la cordillera y puntualmente de la zona de estudio, se inició hacia el Cretácico con la formación de una cuenca distensiva en el borde occidental y la posterior inversión tectónica, a partir de la cual se generan los pliegues y fallas asociados con el levantamiento de la cordillera, tales esfuerzos provienen de la confluencia de las placas de Nazca y Sudamérica, (Ingeominas 2010).

La presencia de rasgos estructurales indicadores de fuertes esfuerzos compresivos en la zona es bastante importante, teniendo un significativo número de anticlinales, sinclinales y fallas orientadas en sentido SW-NE. Ésta orientación preferencial de las estructuras, acompañado de esfuerzos tectónicos secundarios, originan diaclasamiento en las charnelas y flancos de los pliegues (Figura 3-34), y generan al mismo tiempo debilidad en las rocas por fracturamiento, permitiendo que los procesos denudativos actúen preferencialmente en la misma dirección acentuando dichos rasgos estructurales. El conjunto de todos estos factores genera los patrones geomorfológicos observados en la zona, caracterizados primordialmente por una conjugación de cuchillas y valles orientados preferencialmente en dirección N45°E, (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

Geomorfológicamente la zona es considerada como un gran paisaje de relieve montañoso de tipo estructural-erosional y cuyos ambientes morfogenéticos adicionalmente evidencian características glacifluviales; las características geomorfológicas concuerdan con una unidad de relieve de extensión regional, de configuración compleja con montañas anticlinales compuestas y valles sinclinales compuestos, en donde también en algunos casos se desarrolla relieve invertido, es decir, estructuras sinclinales representan altos topográficos, como el caso del Sinclinal de Almeida-Mamapacha. Toda esta configuración estructural de las rocas dispuestas en pliegues y afectadas por fallas y diaclasas es el resultado de los diferentes procesos endógenos relacionados al levantamiento de la Cordillera Oriental, (Villota 1997), (AGS-CORPOCHIVOR, 2014).

A continuación, se presenta y describen las unidades que han sido identificadas en el área de estudio (Figura 3-36) (Tabla 3-25).

Figura 3-36. Mapa de Unidades Geomorfológicas DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Tabla 3-25. Unidades Geomorfológicas

GEOMORFO - ESTRUCTURA	PROVINCIA	REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	NOMENCLATURA	
Cordillera, Orógeno	Cordillera Oriental	Ambiente Fluvial	Depósitos de Cauce y Ladera	Depósito Coluvio Aluvial	Fdca	
			Depósitos de Cauce y Llanura Aluvial	Terraza de Acumulación	Fta	
		Ambiente Denudacional	Depósitos de Ladera	Depósito Coluvial	Dco	
			Sierra Denudada	Ladera Erosiva	Dle	
				Ladera Ondulada	Dlo	
				Loma Residual	Dlor	
				Planicie Colinada Denudada	Dpcd	
			Ambiente Estructural	Sierra Sinclinal	Escarpe Estructural Erosionado de Sierra Sinclinal	Ssee
					Ladera de Contrapendiente Erosionada de Sierra Sinclinal	Sslce
		Ladera Estructural Erosionada de Sierra Sinclinal			Sslee	
		Escarpe Estructural de Sierra Sinclinal			Sssee	
		Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal			Ssslc	
		Ladera Estructural de Sierra Sinclinal			Sssle	
		Sierras anticlinales	Ladera de Contrapendiente Erosionada de Sierra Anticlinal	Salce		
			Ladera Estructural Erosionada de Sierra Anticlinal	Salee		
			Cresta Estructural de Sierra Anticlinal	Ssace		
			Escarpe Estructural de Sierra Anticlinal	Ssaee		
			Ladera Estructural de Sierra Anticlinal	Ssale		

Fuente: POMCA RÍO GARAGOA, 2018.

3.2.5.1 Ambiente Estructural

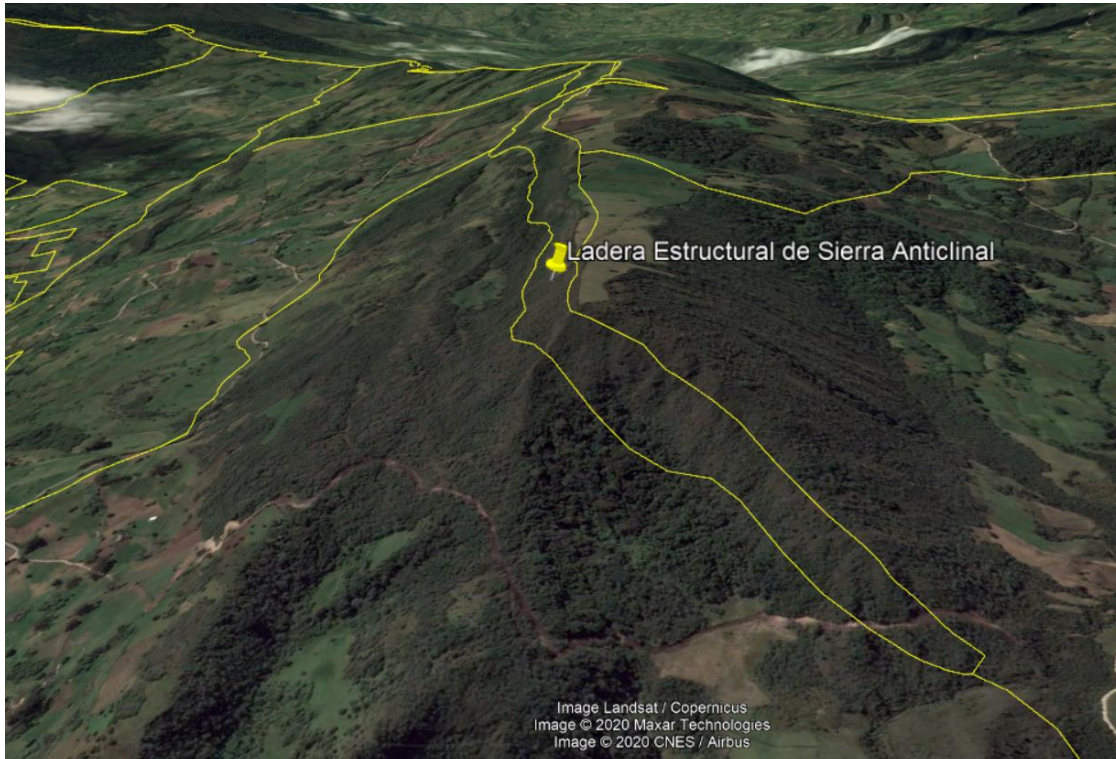
- **Sierra Anticlinal**

Sierra elongada de morfología colinada a alomada de cimas o crestas agudas o redondeadas, que siguen el eje anticlinal formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Conforman laderas estructurales inclinadas a muy abruptas, rectas o convexas y de longitudes largas, (SGC-IDEAM, 2014).

- **Ladera Estructural de Sierra Anticlinal (Ssale):**

Ladera de sierra anticlinal generalmente denudada, con estratos inclinados en favor de la pendiente, de longitudes cortas, de formas convexas a rectas y con pendientes inclinadas a muy abruptas. Se constituye de rocas intermedias a duras generalmente de origen sedimentario y el desarrollo de patrones de drenaje subparalelo. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno, (Figura 3-37) (SGC-IDEAM, 2014).

Figura 3-37. Imagen de Ladera Estructural de Sierra Anticlinal



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

- **Escarpe Estructural de Sierra Anticlinal (Ssae):**

Ladera de sierra anticlinal que presenta longitud corta a moderada, de pendientes muy inclinadas a escarpadas y localmente escalonadas, las cuales se encuentran definidas por la horizontalidad de rocas duras en el tope y blandas hacia la base dispuestas en favor o en contra de la pendiente natural del terreno, (SGC-IDEAM, 2014).

- **Sierra Sinclinal**

Sierra de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal. La disposición actual obedece a procesos denudativos diferenciales que han dismantelado los flancos de la estructura, invirtiendo el relieve original, dejando la artesa como una prominencia topográfica limitada por laderas de contrapendiente (Figura 3-38) (SGC-IDEAM, 2014).

Figura 3- 38. Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal.



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

- **Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Ssle):**

Ladera de sierra sinclinal generalmente denudada, definida por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno conformando una artesa. Generalmente es de longitud corta a moderadamente larga, con forma cóncava y pendientes inclinadas a abruptas. Producto de procesos de erosión sobre la alternancia de rocas blandas a intermedias, con predominio de drenajes dendríticos a subparalelo asociados a la formación de barrancas profundas (SGC-IDEAM, 2014).

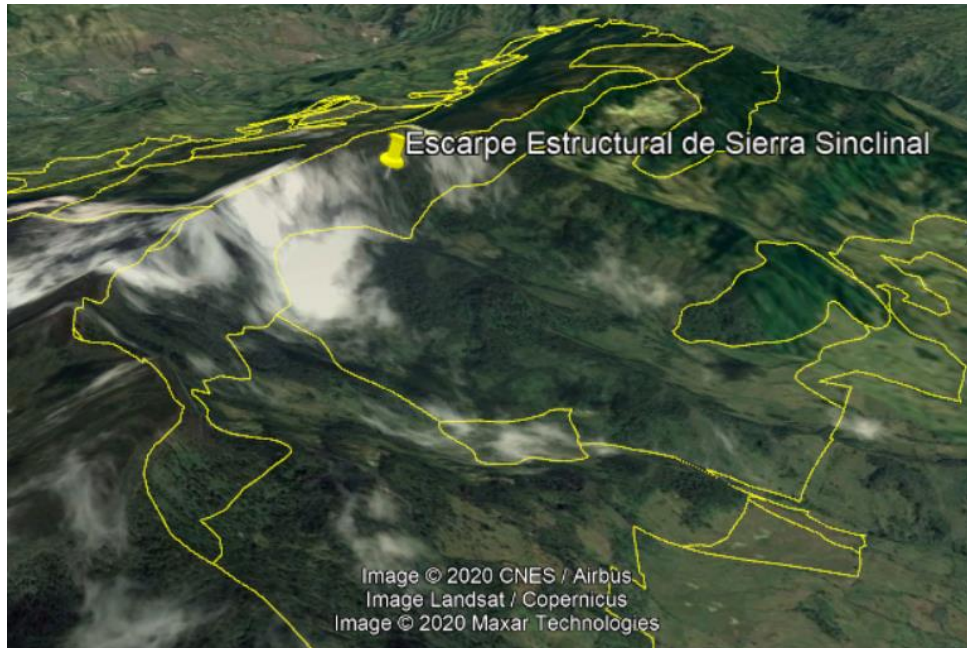
- **Ladera Estructural Erosionada de Sierra Sinclinal (Sslee):**

Ladera erosionada de sierra sinclinal generalmente denudada, con estratos inclinados en favor de la pendiente, de longitudes cortas, de formas convexas a rectas y con pendientes inclinadas a muy abruptas (SGC-IDEAM, 2014).

- **Escarpe Estructural de Sierra Sinclinal (Sssee):**

Ladera de sierra sinclinal que presenta longitud corta a moderada de pendientes inclinadas a escarpadas y localmente escalonadas, las cuales se encuentran definidas por la horizontalidad de rocas duras en el tope y blandas hacia la base dispuestas en favor o en contra de la pendiente natural del terreno (Figura 3-39) (SGC-IDEAM, 2014).

Figura 3-39. Escarpe Estructural de Sierra Sinclinal.



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

▪ **Escarpe Estructural Erosionado (Ssee):**

Ladera erosionada de sierra sinclinal que presenta inclinaciones desde muy inclinadas a escarpadas donde generalmente se evidencian procesos erosivos que disminuyen su expresión morfológica (SGC-IDEAM, 2014).

▪ **Ladera de Contrapendiente Erosionada de Sierra Sinclinal (Sslce):**

Ladera erosionada de sierra sinclinal generalmente denudada, definida por la disposición de los estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitud corta a moderadamente larga y de formas convexas a irregulares escalonadas con pendientes abruptas a escarpadas, (SGC-IDEAM, 2014).

3.2.5.2 Ambiente Fluvial

▪ **Depósito Coluvio Aluvial (Fdca):**

Corresponden a depósitos de ladera asociados también al curso de ríos, lo que hace que sea una mezcla de materiales de tipo aluvial como cantos rodados y material producto de

procesos hidrogravitacionales. Se caracterizan por ser matriz soportados (material aluvial), presentando fragmentos de rocas angulares a subangulares de tamaños variables, (SGC-IDEAM, 2014).

3.2.5.3 Depósitos de Cauce y Llanura Aluvial

- **Terraza de Acumulación (Fta):**

Plano elongado de morfología plana a suavemente ondulada y modelada sobre sedimentos aluviales, que se presentan en forma paralela a lo largo del cauce de un río al cual limitan por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado con procesos de erosión y acumulación aluvial dentro en antiguas llanuras de inundación, por donde fluye una corriente. La formación de estas terrazas incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden hacer parte de cauces rectos o meándricos, siendo los primeros muchas veces asociados a control estructural. Se constituyen de gravas, arenas, limos y arcillas, cuyo tamaño va disminuyendo a medida que se aleja del cauce del río, (Figura 3-40) (SGC-IDEAM, 2014).

Figura 3-40. Terraza de Acumulación.



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

3.2.5.4 Ambiente Denudacional

- **Ladera Erosiva (Dle):**

Corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo.

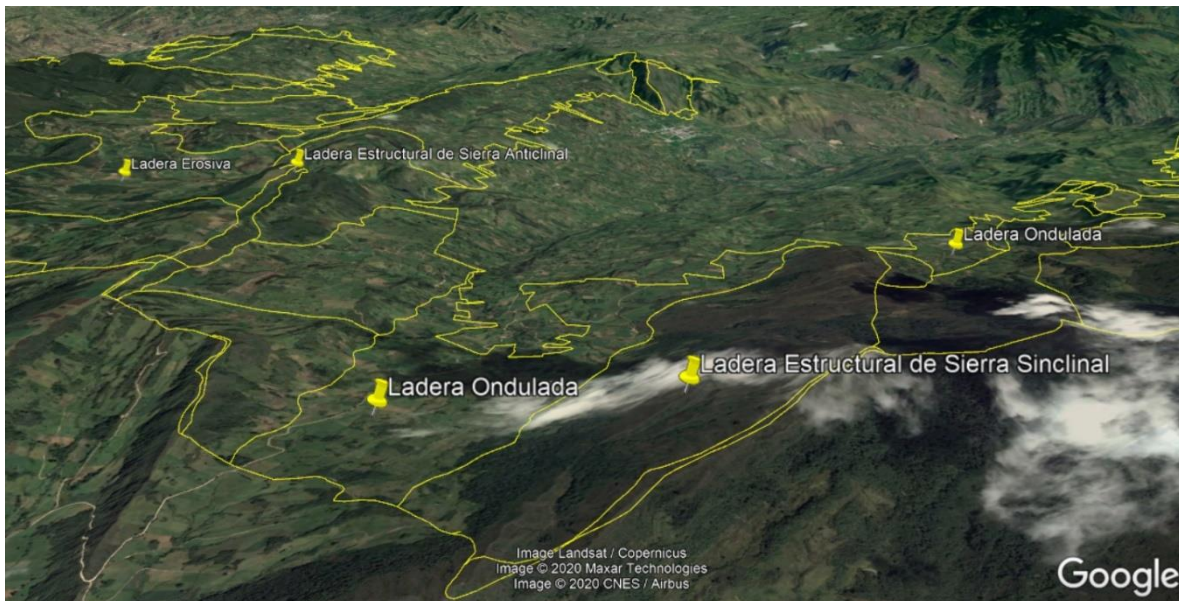
▪ **Ladera Ondulada (Dlo):**

Superficie en declive de morfología alomada o colinada, ubicada en el municipio Jenesano, Vereda Pantano Colorado con coordenadas N: 1083559 y E: 1078018, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparalelo. Estas laderas se pueden formar en suelos residuales y depósitos coluviales, (SGC-IDEAM, 2014).

▪ **Loma Residual (Dlor):**

Prominencias topográficas con una altura menor de 200 m sobre su nivel de base local, de morfología alomada y elongada, con relieve relativo baja, de laderas cortas a muy cortas, de forma convexa. Las pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas, constituidas de suelos residuales con espesor superior a 3 m, localmente pueden estar cubiertos por delgados depósitos de cenizas volcánicas y delgados niveles de material coluvial. Su origen está asociado a procesos intensos de meteorización y erosión diferencial (Figura 3-41) (SGC-IDEAM, 2014).

Figura 3-41. Imágenes de Ladera Ondulada y Ladera Estructural de Sierra Sinclinal.



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google earth 2020.

▪ **Planicie colinada desnuda (Dpcd):**

Superficies erosivas suavemente onduladas de paisaje colinado, con índice de relieve muy bajo a bajo, desarrolla pendientes muy inclinadas a abruptas, con laderas cortas de forma recta a cóncava, predomina el patrón de drenaje dendrítico. Son producto de la

erosión intensa que afectó diferencialmente a los macizos rocosos intensamente fracturados y meteorizados (SGC-IDEAM, 2014).

▪ **Depósito Coluvial (Dco):**

Corresponden a depósitos de ladera provenientes de antiguos movimientos en masa. Se originan por procesos de transporte y deposición de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales, en suelos saturados y no saturados. Los coluviones son depósitos heterogéneos, matriz soportados a clastos soportados sueltos, que se caracterizan por presentar fragmentos con bloques angulosos, y no han presentado movimientos o reactivaciones recientemente, (SGC-IDEAM, 2014).

3.2.6 Hidrogeología

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

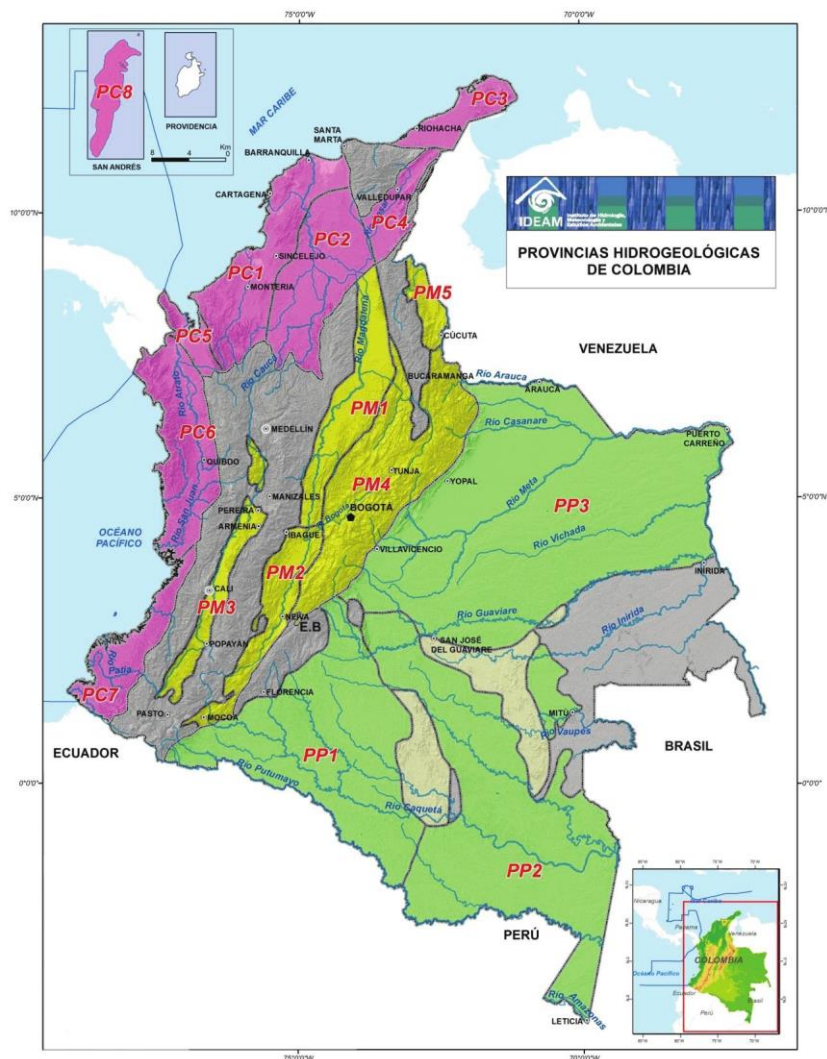
Con el fin de cumplir este objetivo se ha querido verificar cuales son los sitios sobre los cuales podrían desarrollarse acuíferos, acuitardos, acuícluidos o acuífugos.

- **Acuíferos:** Estrato o formación geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrar materiales muy variados como gravas, calizas fracturadas, areniscas porosas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, depósitos de dunas, estas son económicamente explotables, (POMCA Río Garagoa, 2018).
- **Acuícluidos:** Formación geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen, (POMCA Río Garagoa, 2018).
- **Acuitardos:** Formación geológicas que conteniendo apreciables cantidades de agua la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de aguas subterráneas, pero, sin embargo, bajo condiciones especiales permiten una recarga vertical de otros acuíferos, que puede llegar a ser muy importante en ciertos casos, (POMCA Río Garagoa, 2018).
- **Acuífugos:** Aquellas formaciones geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o unas

rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estos se consideran impermeables, (POMCA Río Garagoa, 2018).

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona Andina y corresponde al sistema de acuífero multicapa de la zona hidrogeológica de la Cordillera Oriental y drena a la Cuenca del Orinoco. En el ENA 2010 (IDEAM, Rodríguez, C., Vargas, N., Jaramillo, O., Cañas, H.) se identificaron 16 provincias hidrogeológicas. A su vez, la zona se encuentra dentro de las provincias hidrogeológicas montañas e intramontañas (PM4-Cordillera Oriental) descritas en la Figura 3-42, cuya clasificación se muestra en la siguiente figura:

Figura 3-42. Provincias Hidrogeológicas de Colombia.

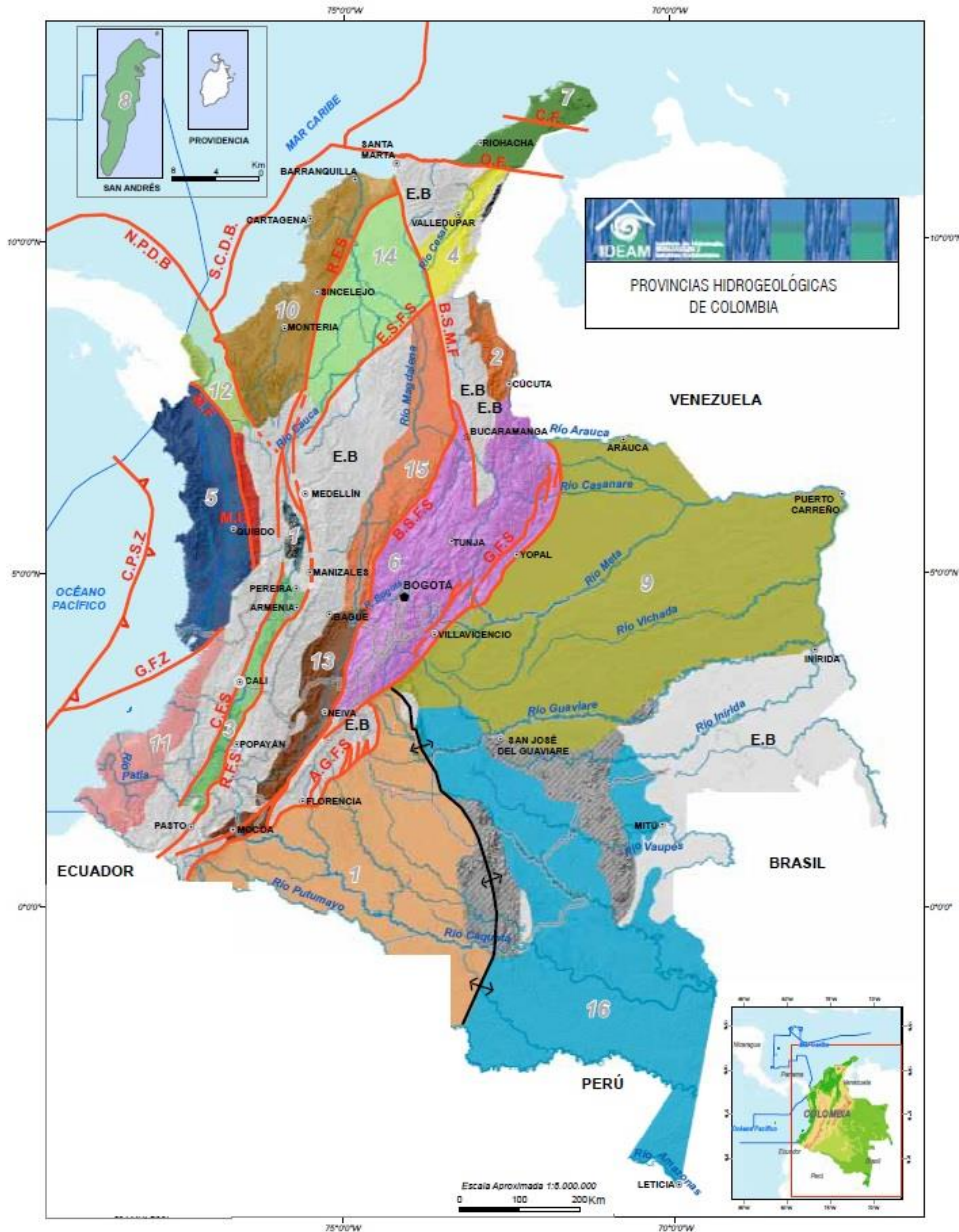


Fuente: IDEAM, 2013.

3.2.6.1 Unidades Hidrogeológicas Regionales



La cuenca del río Garagoa forma parte de la Cuenca Sedimentaria No. 6 - Cordillera Oriental, tal como se muestra en la Figura 3-36 Mapa con las Provincias Hidrogeológicas de Colombia y en la Figura 3-42 se muestra la leyenda respectiva.

Figura 3-43. Provincias Hidrogeológicas de Colombia.



Fuente: Estudio Nacional de Aguas-ENA, IDEAM, 2010

Figura 3-44. Leyenda Unidades Hidrogeológicas Regionales de la Zona.

<u>Cuencas sedimentarias de Colombia</u>	<u>Principales características estructurales</u>
1 - Caguán - Putumayo	A.G.F.S Sistema de fallas Algecira - Garzón
2 - Catatumbo	B.S.F.S. Sistema de fallas Bituima y La Salina
3 - Cauca Patia	B.S.F.S. Sistema de Fallas Bucaramanga
4 - Cesar - Ranchería	Santa Marta
5 -Choco	C.F. Falla de Cuiza
6 - Cordillera Oriental	C.F.S. Sistema de fallas del Cauca
7 - Guajira	E.S.F.S. Sistema de fallas Espiritu Santo
8 - Isla de San Andrés	G.F.S. Sistema de fallas de Guaicáramo
9 - Llanos orientales	G.F.. Zona de fallas de Garrapatas
10 - Sinú - San Jacinto	H.E. Escarpe de Hess
11 - Tumaco	M.F. Falla de Murindó
12- Urabá	N.P.D.B. Cinturón deformado del Norte de Panamá
13 - Valle Alto del Magdalena	P.F. Falla de Oca
14 - Valle Bajo del Magdalena	R.F.S. Sistema de fallas de Romeral
15 - Valle Medio del Magdalena	N.P.D.B. Cinturón deformado del Sur del Caribe
16 - Vaupés - Amazonas	U.S.F. Sistema de fallas de Urumita
<p><i>Fuente: Ideam, 2010. Modificado de ANH. 2007</i></p>	<p>////// Alto estructural</p> <p> Quarzodiorita de Mandé</p> <p> Basamento - Acuífugas</p>

Fuente: Modificado de IDEAM, 2013

Tabla 3-26. Unidades Hidrogeológicas Regionales de la Zona.

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO	CRONOESTRATIGRAFÍA
		l/s/m	Y FORMACIONES GEOLÓGICAS
A1	A. SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR	Alta entre 2.0 y 5.0	Unidad A1
	Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaci-fluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química.		Ninguna
A2	Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente fluvial, glaci-fluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.	Media entre 1.0 y 2.0	Unidad A2
			Ninguna
A3	Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial, lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados con agua de regular calidad química.	Baja entre 0.05 y 1.0	Unidad A3
			Q, Tpc, Tars.
B1	B. ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS).	Media entre 1.0 y 2.0	Unidad B1
	Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.		Ksgt-Ksgj, Tb
B2	Acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química.	Baja entre 0.05 y 1.0	Unidad B2
			Kiaj, Kiu
C1	C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS O NINGÚN RECURSO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	Muy baja menor de 0.05	Unidad C1
	Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental o		Ter, TKg



ACTUALIZACIÓN COMPONENTE DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE MANEJO DEL DRMI PÁRAMO DE CRISTALES, CASTILLEJO O GUACHANEQUE, JURISDICCIÓN DE CORPOCHIVOR.

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECÍFICA PROMEDIO	CRONOESTRATIGRAFÍA
		l/s/m	Y FORMACIONES GEOLÓGICAS
	marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química, salada en las regiones costeras.		
C2	Complejo de rocas ígneos-metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactadas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas. Almacenan aguas de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica	Muy baja a ninguna menor de 0.05	Unidad C1
			Ninguna

Fuente: Modificados de: Atlas Hidrogeológico de Colombia, INGEOMINAS Ríos, M., Hincapié, G., Caro, P., Clavijo, V., Quiros, O., Tabares, L., Huguet, A., Mosquera, F., hoy SGC, 2003, complementado con ENA, IDEAM, 2010.

3.2.6.2 Hidrogeología local

Para el desarrollo de la hidrogeología local se desarrollan los siguientes apartados, los cuales hacen parte del desarrollo metodológico para la consecución de la caracterización hidrogeológica del DRMI, partiendo de la identificación de las unidades hidrogeológicas, la descripción de los acuíferos y de sus características hidráulicas, geohidráulicas, así como la presentación de los puntos y/o concesiones de agua subterránea disponibles en las base de datos de las corporaciones presentes en la cuenca, (POMCA Río Garagoa, 2018).

El mapa hidrogeológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Garagoa y del DRMI Cristales Castillejo o Guachaneque, se generó utilizando como base la información del mapa geológico del presente estudio y se usó como referencia el Atlas de Agua Subterránea de Colombia elaborado por el INGEOMINAS- Ríos, M., Hincapié, G., Caro, P., Clavijo, V., Quiros, O., Tabares, L., Huguett, A., Mosquera, F., (ahora Servicio Geológico Colombiano- S.G.C.) desarrollado en el periodo 2003-2004, para la definición de los principales acuíferos, sus características y la nomenclatura correspondiente, (POMCA Río Garagoa, 2018).

De acuerdo a lo anterior, se valoraron las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea lo que permite la generación del mapa hidrogeológico, el cual representa la extensión y localización de las unidades hidrogeológicas obtenidas en función de litología (que indirectamente involucra porosidad y permeabilidad) y la capacidad específica, (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.2.6.2.1 Unidades hidrogeológicas caracterizadas para el área de influencia.

En la cuenca del Río Garagoa se presentan rocas metamórficas Paleozoicas, rocas sedimentarias Mesozoicas y sedimentos del Cuaternario, depositadas en ambientes continentales y marinos, que por sus características granulométricas, conforman unidades hidrogeológicas con flujo intergranular (acuíferos), con porosidad primaria, rocas fracturadas que conforman unidades hidrogeológicas con flujo a través de las fracturas (acuíferos), con porosidad secundaria y rocas con limitados o ningún recurso de aguas subterráneas (Acuicierres), tal como se detalla en la Tabla 3-27.

Tabla 3-27. Unidades Hidrogeológicas Identificadas para la Cuenca Hidrográfica del Río Garagoa

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECIFICA PROMEDIO l/s/m	DESCRIPCION
A1	Sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular	Alta entre 2.0 y 5.0	Acuíferos continuos de extensión regional de alta productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química.
A2		Media entre 1.0 y 2.0	Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas, de ambiente fluvial, glacifluvial, marino y vulcanoclástico. Acuíferos generalmente

SÍMBOLO	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	CAPACIDAD ESPECIFICA PROMEDIO l/s/m	DESCRIPCION
			confinados con agua de buena calidad química.
A3		Baja entre 0.05 y 1.0	Acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial, lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados con agua de regular calidad química. Q, QTt, Ter, Tp, Ksgt.
B1	Rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas y/o carstificadas).	Media entre 1.0 y 2.0	Acuíferos continuos de extensión regional de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas piroclásticas de ambiente marino y continental. Acuíferos libres y confinados con agua de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica. Tars, Tpc, Ksgd, Kiu, Kiaj, Kistr, Kib, DCf.
B2		Baja entre 0.05 y 1.0	Acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados con agua de buena calidad química. Kic.
C1	Sedimentos y rocas con limitados o ningún recurso de aguas subterráneas	Muy baja < 0.05	Complejo de sedimentos y rocas de muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas de origen continental o marino. Almacenan aguas de regular a mala calidad química, salada en las regiones costeras. Tco, Tb, Tas, Ksgp, Kif, Kilm, TKg, Ksc.
C2		Muy baja a ninguna < 0.05	Complejo de rocas ígneos-metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactadas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas. Almacenan aguas de buena calidad química. Con frecuencia se encuentran fuentes termales asociadas a la tectónica.

Fuente: Ingeominas 2003 - Ríos, M., Hincapié, G., Caró, P., Clavijo, V., Quiros, O., Tabares, L., Huguett, A., Mosquera, F., hoy SGC, Modificado y Ajustado por POMCA Río Garagoa, 2018.

▪ Descripción de los sistemas de acuíferos El DRMI Cristales Castillejo o Guachaneque según POMCA del Río Garagoa

Para la descripción de los sistemas de acuíferos, se desarrolla lo propuesto en los estándares internacionales para categorizar las unidades hidrogeológicas, adoptando la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos–IAH - (1983).

En la zona afloran rocas cenozoicas sedimentarias y sedimentos cuaternarios que, por su ambiente de formación, conforman sedimentos con unidades hidrogeológicas con flujo intergranular (Acuíferos) y rocas fracturadas (Acuíferos) con limitados recurso de aguas subterráneas, algunas sin fracturar (Acuícludos-Acuitardos) y rocas compactas (Acuicierres), con limitados o ningún recurso de aguas subterránea.

Se definen las unidades Hidrogeológicas de acuerdo a las características Hidráulicas, por medio de la porosidad específica o efectiva y la retención específica de las rocas presentes, y parámetros como la conductividad y transmisividad hidráulicas (Tabla 3-28) (POMCA Río Garagoa, 2018).

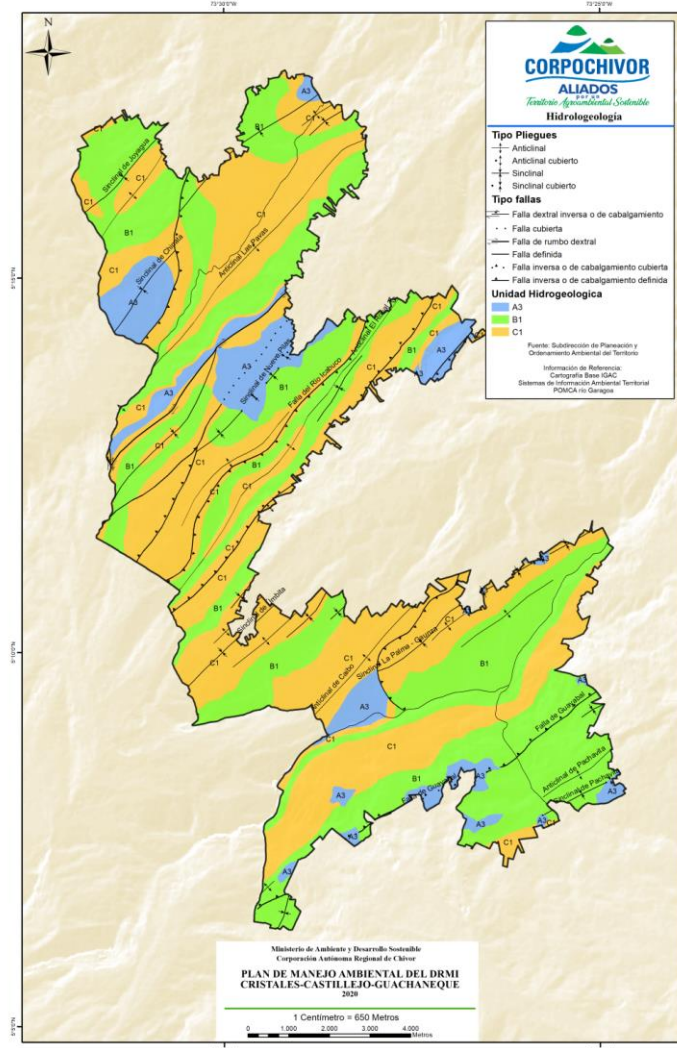
Tabla 3-28. Unidades y Características Hidrogeológicas

UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS				
		TRANSMISIVIDAD	COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO	CAPACIDAD ESPECIFICA
A. SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR				
Q	DEPÓSITOS NO LITIFICADOS. Depósitos aluviales, coluviales, morrénicos, fluvio-glaciales, coluvioaluviales, terraza aluvial y fluvio-torrenciales.	Acuífero	Libre	A3
Tp	FORMACIÓN PICACHO. Areniscas feldespáticas de grano grueso, con frecuentes líneas de guijos de cuarzo de pocos cm de diámetro.	Acuífero	Semiconfinado	A3
Ksgt	FORMACIÓN LABOR Y TIERNA. Intercalaciones de capas gruesas a muy gruesas de cuarzoarenitas con arcillolitas.	Acuífero	Semiconfinado Confinado	a A3
B. ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS (ROCAS FRACTURADAS Y/O CARSTIFICADAS).				
Tars	FORMACIÓN ARENISCAS DE SOCHA. Areniscas, areniscas conglomeráticas y arcillas.	Acuífero	Semiconfinado Confinado	a B1
Tpc	FORMACIÓN CACHO. Areniscas cuarzosas dispuestas en capas muy gruesas.	Acuífero	Semiconfinado	B1
Ksgd	FORMACIÓN ARENISCAS DURA. Cuarzoarenitas de grano fino, estratificación laminar a gruesa, con intercalaciones de lutitas y limolitas silíceas.	Acuífero	Semiconfinado Confinado	a B1
Kiu	FORMACIÓN UNE. Areniscas Cuarzosas de grano fino a grueso, con algunas intercalaciones de lutitas y limolitas.	Acuífero	Semiconfinado Confinado	a B1
C. SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS O NINGÚN RECURSO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS				
Tco	FORMACIÓN CONCENTRACIÓN. Arcillolitas, areniscas cuarzosas, areniscas feldespáticas, arcillolitas limosas y areniscas arcillosas.	Acuitardo	Acuitardo	C1
Tb	FORMACIÓN BOGOTÁ. Arcillolitas y arcillas con intercalaciones de cuarzoarenitas.	Acuitardo	Acuitardo	C1
Tas	FORMACIÓN ARCILLAS DE SOCHA. Arcillolitas, limolitas y areniscas feldespáticas.	Acuitardo	Acuitardo	C1
Ksgp	FORMACIÓN PLAENERS. Secuencia monótona de arcillolitas intercaladas con limolitas silíceas en capas delgadas.	Acuitardo	Acuitardo	C1
Kif	FORMACIÓN FÓMEQUE. Lutitas negras, limolitas, areniscas de poco espesor, margas y	Acuicludo	Acuitardo	C1

UNIDADES Y CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS				
		TRANSMISIVIDAD	COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO	CAPACIDAD ESPECÍFICA
TKg	arcilla.			
	FORMACIÓN GUADUAS. Arcillolitas, areniscas cuarzosas y limolitas.	Acuicludo	Acuicludo	C1
Ksc	FORMACIÓN CHIPAQUE. Lutitas negras y limolitas con intercalaciones de areniscas de poco espesor y muy ocasionales, capas de carbón y caliza.	Acuicludo	Acuicludo	C1

Fuente: Modificado de POMCA del Río Garagoa, 2018

Figura 3-45. Mapa Hidrogeológico DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.7 Amenazas presentes en el DRMI Cristales Castillejo y Guachaneque

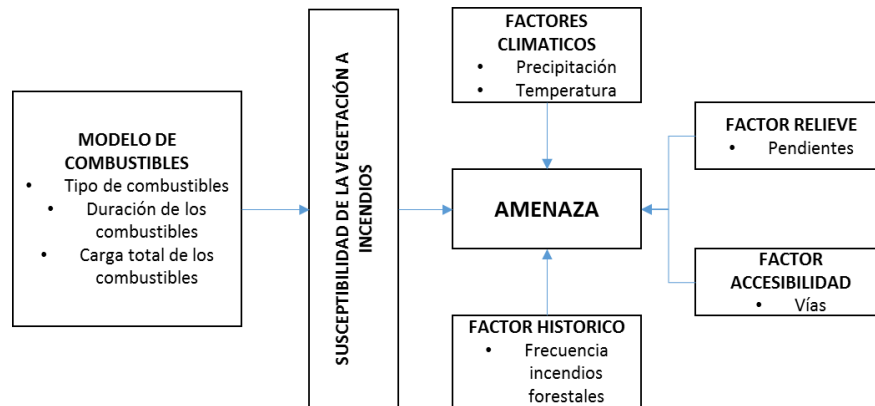
3.2.7.1 Incendios de la Cobertura Vegetal

- **Evaluación y zonificación de la Amenaza por Incendios Forestales en la Cuenca del Río Garagoa.**

Para el desarrollo de la zonificación de la amenaza a incendios de la cobertura vegetal se siguieron los pasos recomendados en el “Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal” publicado por IDEAM (IDEAM, 2011). Así, de este documento se tomarán las definiciones de Amenaza, Susceptibilidad de la vegetación frente a incendios de la cobertura vegetal. (POMCA del Río Garagoa 2018).

Todo este trabajo se verá reflejado a nivel de detalle, en el Anexo de Zonificación de la Amenaza por Incendios Forestales, del Capítulo de Caracterización de las Coberturas y Uso de la Tierra. A modo resumen, el trabajo se fundamentará en la evaluación de los componentes de la amenaza, a través de la ponderación y calificación secuencial de los diversos factores generadores de amenaza a incendios, llegando así a la identificación de esta amenaza para todo el territorio de la cuenca (ver Figura 3-46), (POMCA del Río Garagoa 2018).

Figura 3-46. Proceso para la determinación de la amenaza por Incendios Forestales.



Fuente: (IDEAM, 2011).

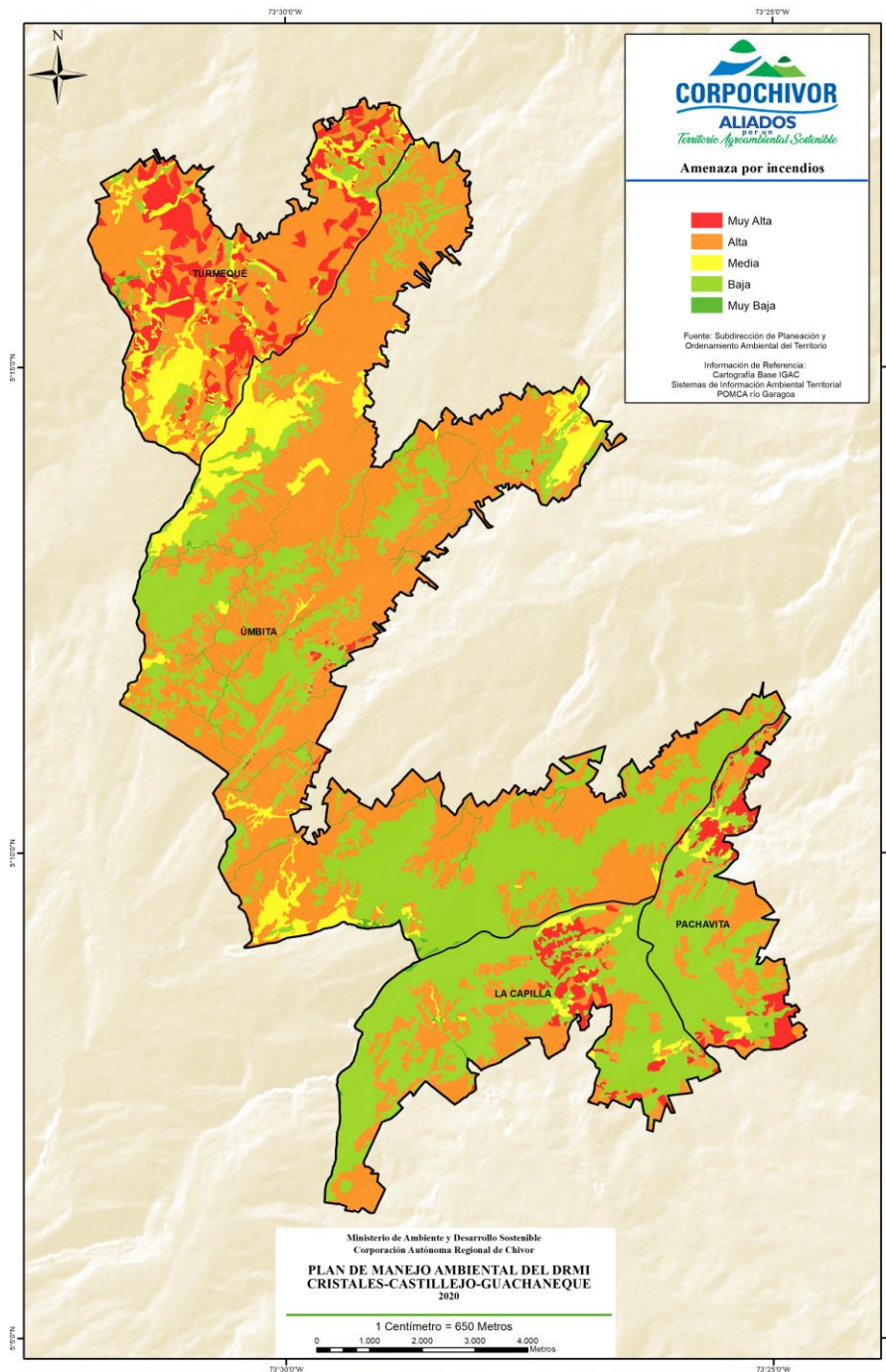
Luego de evaluar y categorizar cada una de las variables señaladas en el flujograma anterior (Figura 3-39), ponderadas bajo los criterios descritos en (IDEAM, 2011), se genera el Mapa de Amenaza Final por procesos de álgebra de mapas, el cual no es más que el resultado de la suma ponderada de cada una de estas variables analizadas. Este resultado se categorizará bajo el criterio de distribución de frecuencias, en 5 rangos destacando una amenaza muy baja (rango menor) a muy alta (rango mayor), considerando las categorías intermedias como baja, moderada y alta, respectivamente. Como se puede observar en la (Figura 3-47).

Figura 3-47. Distribución porcentual de amenazas por incendios forestales.



En el área de estudio se presenta amenaza por alta y muy alta por incendios forestales en más del 50% del área del DRMI, lo que indica la gran susceptibilidad de las coberturas vegetales a presentar este tipo de evento y la fragilidad del ecosistema frente a esta amenaza; por lo cual se recomienda realizar campañas educativas que mitiguen este fenómeno, ya que el mayor factor detonante que se tiene es el antrópico, propiciado por quemas "controladas", mala disposición de residuos sólidos y malas prácticas turísticas (Figura 3-48).

Figura 3-48. Mapa de Amenaza por incendios, DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

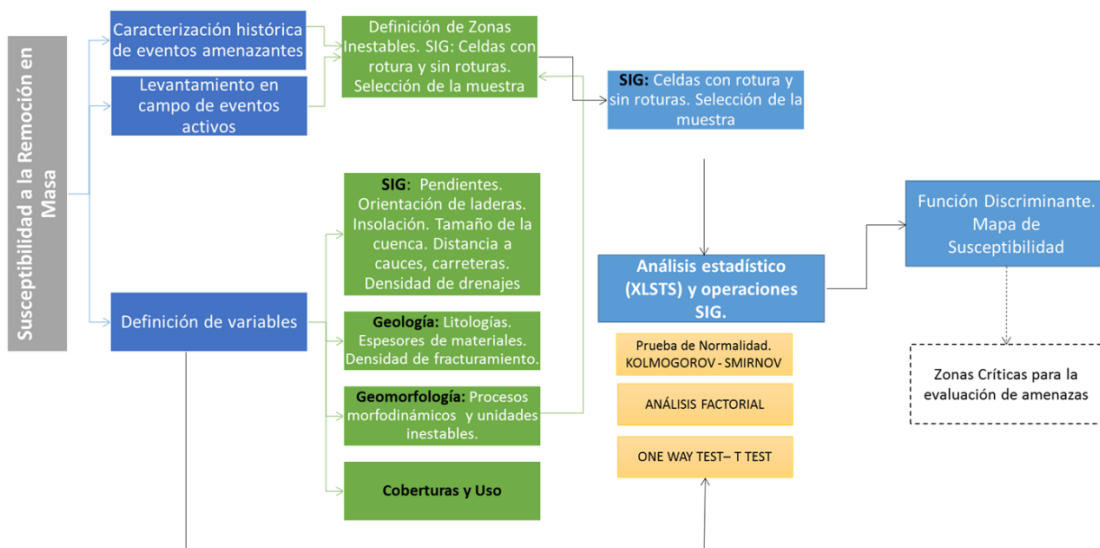
3.2.7.2 Amenaza por Remoción en Masa

- Definición del método de estimación de la susceptibilidad del terreno a presentar movimiento en masa:

La metodología planteada define el método estadístico multivariante como el principal medio para la evaluación de la susceptibilidad.

Las aproximaciones probabilísticas se basan en las relaciones observadas entre cada factor y la distribución de deslizamientos actual y pasada (Carrara, Cardinali, & Guzzetti, 1995). Cabe destacar, que la utilización de estas aproximaciones depende de la disposición de la información, tanto cualitativa como cuantitativa, aplicándose los modelos estadísticos que pueden ser univariantes o multivariantes. En el caso particular de la evaluación de la susceptibilidad a remoción en masa, los modelos estadísticos serán multivariantes.

Figura 3-49. Proceso para la determinación de la susceptibilidad a la remoción en masa.

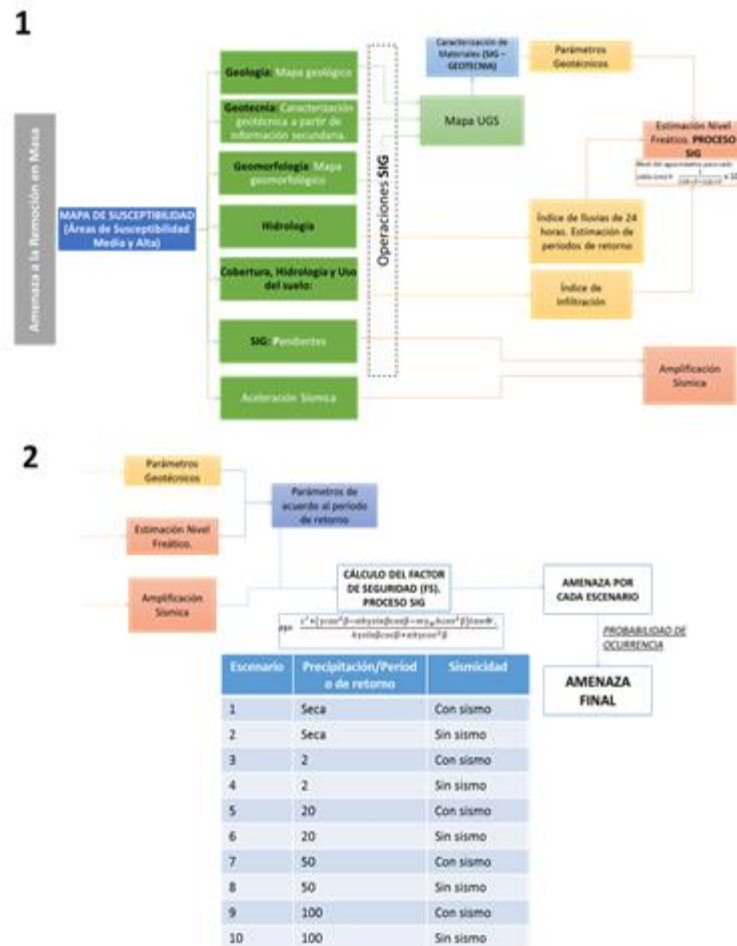


Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018

▪ **Definición del método de estimación de la amenaza del terreno a presentar movimiento en masa:**

Esta zonificación, parte del análisis de deslizamientos a través de la aproximación determinista del talud infinito. Los métodos determinísticos de análisis de estabilidad de una ladera incluyen métodos de equilibrio límite y modelos numéricos; sin embargo, en deslizamientos tipo traslacional se trabajará con el modelo del talud infinito debido a su simplicidad, resolviendo la ecuación de equilibrio de un bloque que desliza sobre un plano inclinado. En el caso de deslizamientos rotacionales, la aplicación del equilibrio límite es más acertada, calculando la relación entre fuerzas resistentes y fuerzas estabilizadoras en el talud.

Figura 3-50. Proceso para la determinación de la amenaza a la remoción en masa

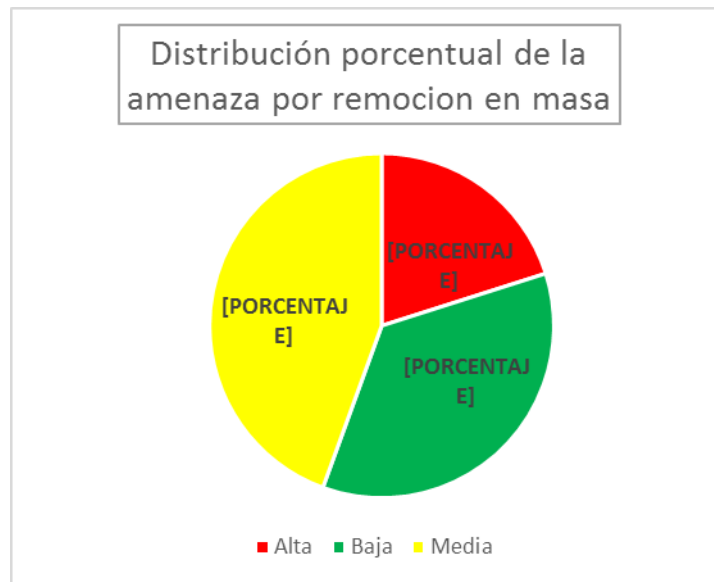


Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018

Finalmente, y una vez desarrollado el proceso metodológico anteriormente descrito se obtiene el mapa de Amenaza por Remoción en Masa, el cual ha sido desarrollado en el diagnóstico del POMCA Río Garagoa, 2018.

Como se puede observar en la Figura 3-51 se obtiene una categorización de la amenaza distribuida en: amenazas altas, medias y bajas; para la zona de estudio se tiene una amenaza alta la parte baja del DRMI en todos los municipios, los cuales están asociados a unidades erosionales y denudacionales. Las cuales se distribuyen de la siguiente manera:

Figura 3-51. Distribución porcentual de la amenaza por remoción en masa



Fuente: CORPOCHIVOR, 2020.

Se puede observar como el área de estudio no se encuentra en una condición grave por este fenómeno, sin embargo cuando se hace el análisis retrospectivo con respecto a las amenazas medias y altas, estas ocupan el 64% del área del DRMI, por lo que es urgente someter a estas áreas una restauración y recuperación, ya que de continuar con la tendencia actual el nivel de amenaza tiende a incrementar y por ende se tendría la pérdida y/o degradación en el ecosistema y una disminución en los servicios que este presta.

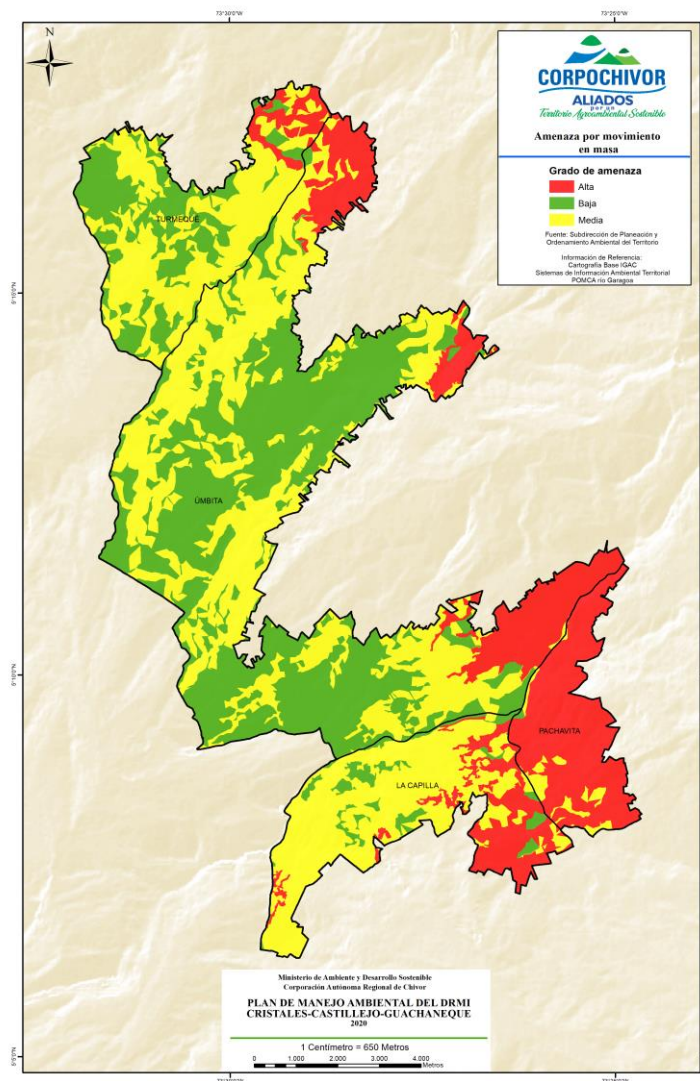
▪ Definición de las categorías de amenaza

La definición de las categorías de amenaza sigue lo estipulado en el protocolo incluido en los anexos de los alcances técnicos para la actualización de este POMCA (Fondo Adaptación, 2014):

- Amenaza alta: Geoformas asociadas a procesos denudaciones y erosivos activos, estas unidades son las susceptibles a presentar los fenómenos de remoción en masa; las evidencias se pueden registrar en la inestabilidad de los taludes, tanto en roca como suelo, las pendientes que se registran en esta categoría suelen ser mayores al 20%.
- Amenaza media: Geoformas asociadas a procesos erosionales de menor grado y pendientes que van del 10% al 20%, con presencia de una geomorfología ondulada y una litología más competente, lo cual permite que el territorio sea más estable.

- Amenaza baja: En Esta categoría se ubican todas aquellas áreas de bajas pendientes menores al 10%, las cuales mantienen unas condiciones estables del suelo. Las geformas asociadas son todas aquellas planicies que por su condición topográfica no permiten que haya un movimiento del terreno ladera abajo. Sin embargo, la condición de estabilidad relativa también depende de las cargas aplicadas al suelo, por lo que no exime a que se haga un buen estudio geotécnico antes de realizar desarrollos y/o proyectos de poca o gran envergadura.

Figura 3-52. Mapa de Amenaza por incendios, DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.7.3 Amenaza por Avenidas Torrenciales.

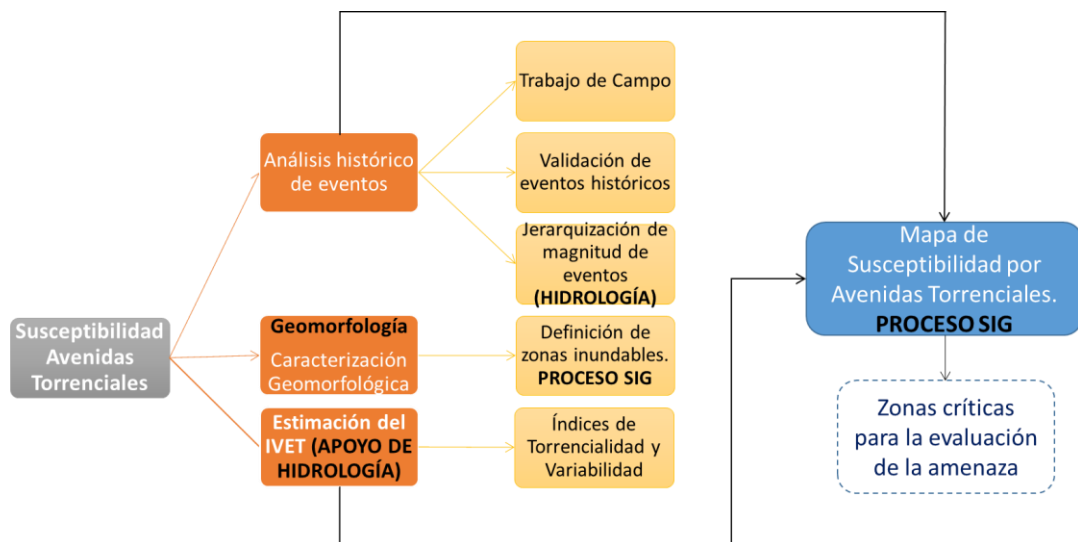
- **Definición del método de estimación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales:**

Las avenidas torrenciales son eventos que se caracterizan por presentar una velocidad de tránsito hidráulico alta, y corta duración del evento; estos vienen acompañados de flujos densos, material de arrastre de gran tamaño, la distribución temporal y espacial suele ser errática, procesos de sedimentación y erosión bruscos, desbordamientos extensos y violentos, entre otros, (POMCA Río Garagoa, 2018).

El proceso metodológico a seguir está en función de estos aspectos; de manera general el procedimiento es muy similar a la evaluación de la susceptibilidad por inundaciones, pero está condicionado a los diversos factores que favorecen su ocurrencia, incluyéndose principalmente, el tamaño y forma de la cuenca, pendientes, geomorfología, densidad de los drenajes, altas precipitaciones y susceptibilidad a remociones en masa, (POMCA del Río Garagoa, 2018).

De acuerdo al Fondo de adaptación, el método busca identificar y caracterizar los eventos históricos o de las áreas del territorio de la cuenca susceptibles a presentar esta tipología de fenómenos, principalmente geoformas como abanicos torrenciales, fondos de valle, aludes torrenciales, flujos de tierra y lodos, zonas de avulsión o pérdida de confinamiento, (Figura 3-53) (POMCA del Río Garagoa, 2018).

Figura 3-53. Proceso para la determinación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales

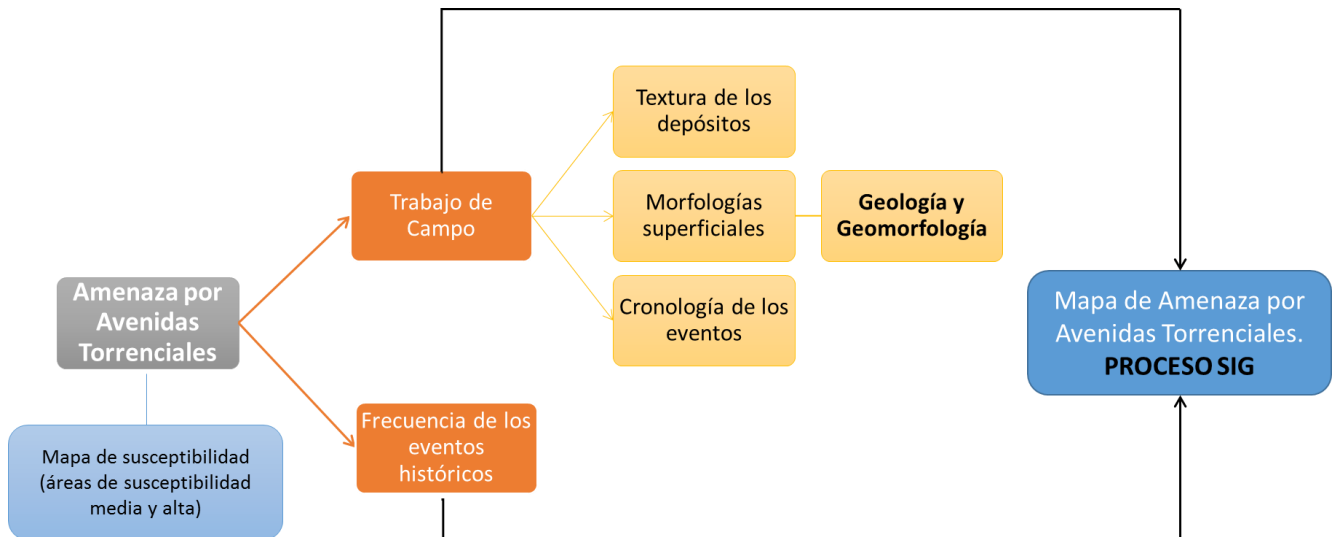


Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018

- **Definición del método de estimación de la amenaza por avenidas torrenciales:**

El método se fundamenta en las diferentes observaciones de campo que puedan recopilarse, especialmente las asociadas a la textura de los depósitos torrenciales y las morfologías superficiales, teniendo en cuenta los aspectos cronológicos respectivos. Los procesos para definir la amenaza por este tipo de eventos se realizarán de acuerdo a lo expuesto en el protocolo para la incorporación de la gestión de riesgo en el POMCA, (Fondo Adaptación, 2014).

Figura 3-54. Proceso para la determinación de la amenaza por avenidas torrenciales.



Fuente: POMCA Río Garagoa, 2018

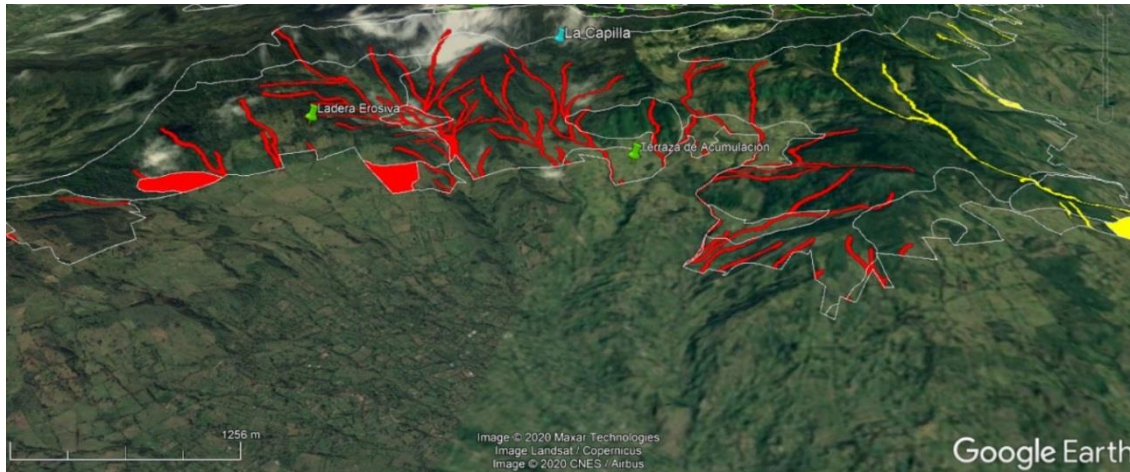
Finalmente, y una vez desarrollado el proceso metodológico anteriormente descrito se obtiene el mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales, el cual ha sido desarrollado en el diagnóstico del POMCA Río Garagoa, 2018.

Como se puede observar en la Figura 3-48 se obtiene una categorización de la amenaza distribuida en amenazas altas, medias y bajas; para la zona de estudio se tiene una amenaza alta en el municipio de La Capilla y una amenaza media en los municipios de Pachavita y Umbita, como se describe a continuación:

- **Municipio de La Capilla**

Este fenómeno se asocia a altas pendientes con unidades de origen denudacionales, lo que permite que en las fuentes hídricas señaladas haya una disposición de materiales susceptibles a ser erosionados y arrastrados por los causas (Figura 3-55).

Figura 3-55. Municipio de La Capilla

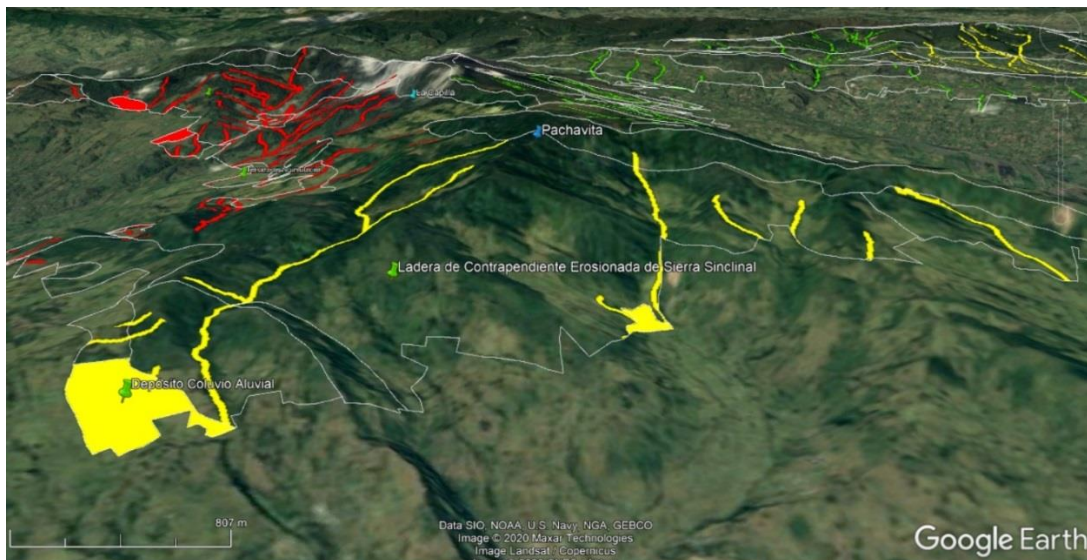


Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

- **Municipio de Pachavita**

En el área del DRMI en el municipio de Pachavita se presenta una amenaza media por avenidas torrenciales, asociadas a unidades de Laderas de contrapendiente erosionadas, estas a diferencia de las laderas erosivas de La Capilla, presentan un grado de resistencia a la meteorización más alto, razón por la cual tiene una susceptibilidad a este fenómeno menor (Figura 3-56).

Figura 3-56. Municipio de Pachavita



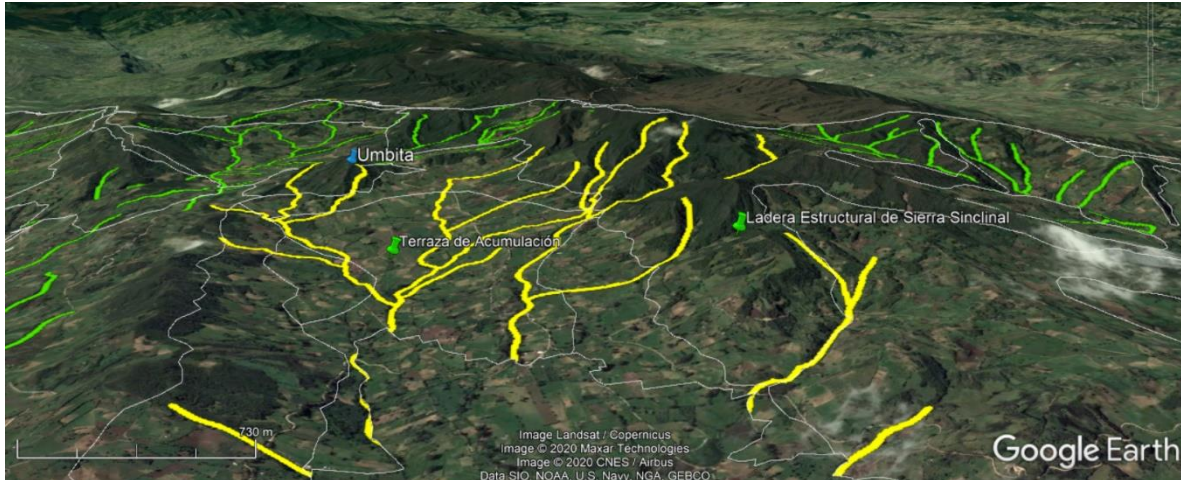
Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

- **Municipio de Umbita:**

En el área del DRMI en el municipio de Umbita se presenta una amenaza media por avenidas torrenciales, asociadas a unidades de Terrazas de acumulación y Laderas

estructurales, las cuales muestran un buen grado de resistencia a la meteorización, razón por la cual tiene una susceptibilidad a este fenómeno menor (Figura 3-57).

Figura 3-57. Municipio de Úmbita



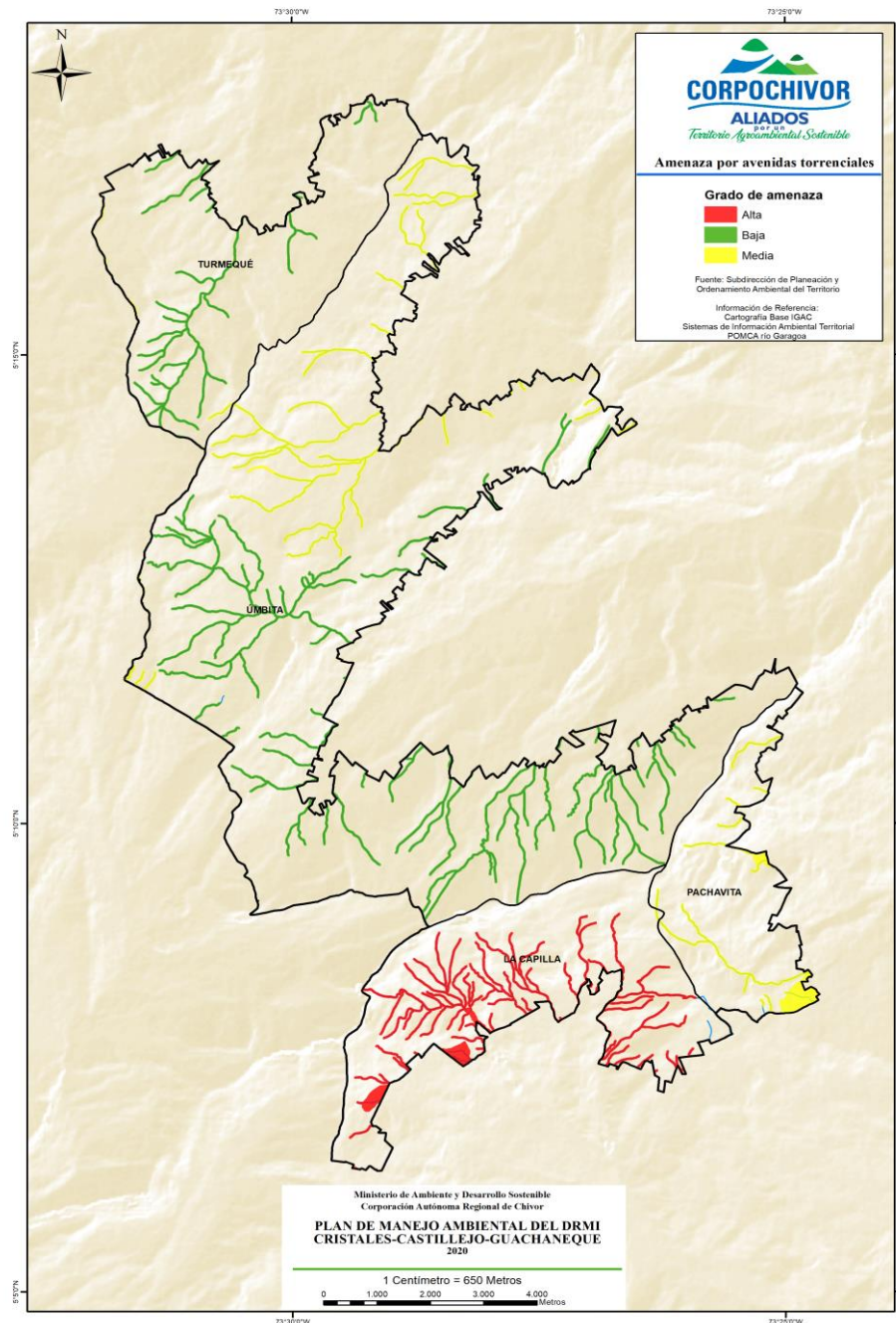
Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

Amenaza torrencial alta: Zonas identificadas con actividad reciente y con evidencias históricas claras (más de un evento histórico identificado). En donde se encuentran Indicadores cronológicos en la categoría de reciente, (POMCA Río Garagoa, 2018).

Amenaza torrencial media: Zonas con actividad torrencial que cumplen al menos uno de los siguientes aspectos: a) Existencia de evidencias históricas de al menos una avenida torrencial; b) elevación insuficiente por encima del canal torrencial de acuerdo con las características de la cuenca, principalmente del área de drenaje (en general diferencias de elevaciones menores a 1.5 metros); c) aguas abajo de un punto de avulsión potencial. Indicadores cronológicos en la categoría de maduro, (POMCA Río Garagoa, 2018).

Amenaza torrencial baja: Áreas torrenciales identificadas por fotointerpretación (a la escala de trabajo o mayores), las cuales no pueden ser identificadas dentro de las categorías anteriores (zonas alejadas de los canales torrenciales y sin evidencias claras de eventos históricos y sus afectaciones). Indicadores cronológicos en la categoría de antiguo, (POMCA Río Garagoa, 2018).

Figura 3-58. Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales, DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.7.4 Amenaza por Inundaciones

▪ Definición del método de estimación de la susceptibilidad por inundaciones:

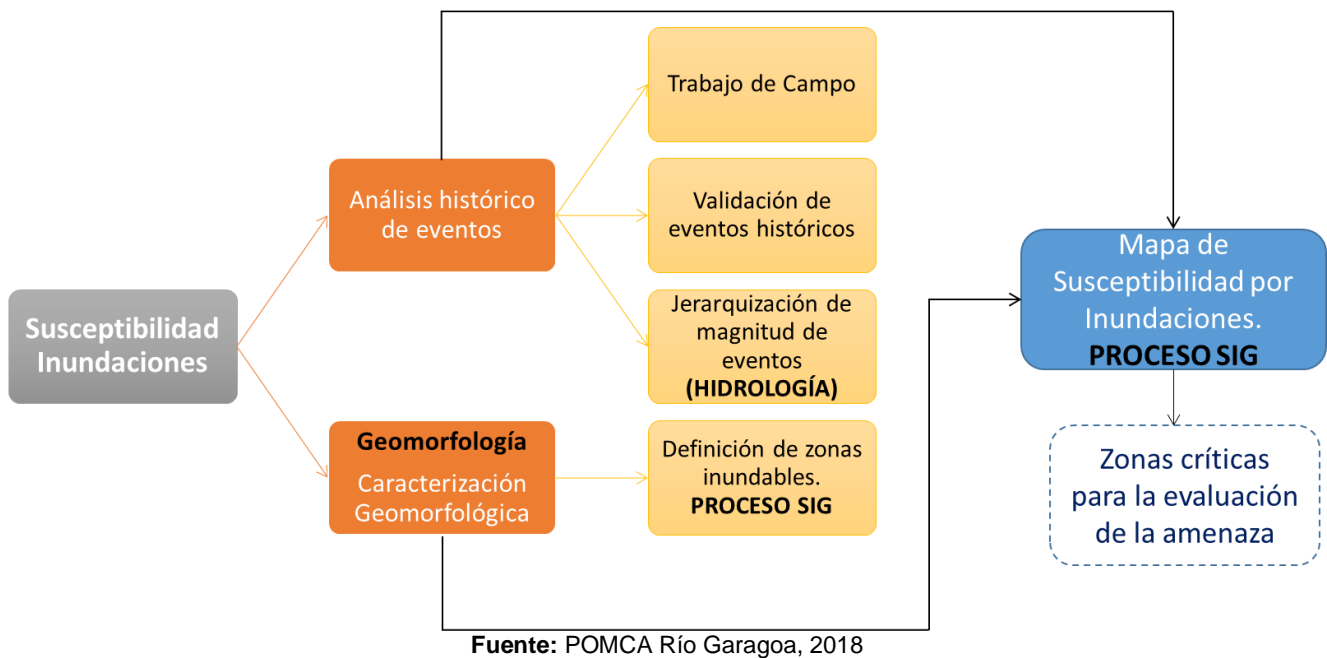
Los procesos metodológicos para definir la susceptibilidad a inundaciones se realizarán con base a lo expuesto en los alcances técnicos definidos en el Protocolo para la

Incorporación de la Gestión del Riesgo en el POMCA Río Garagoa, 2018, desarrollado por el Fondo Adaptación.

Principalmente, esta metodología parte de dos procesos: a) Análisis históricos de eventos y b) de la caracterización geomorfológica. En todo momento es imprescindible trazar la evolución del medio fluvial, con el apoyo y soporte del componente de hidrología desarrollado en el estudio del POMCA del Río Garagoa, mediante análisis multitemporal de imágenes de sensores remotos o fotografías aéreas disponibles. La Figura 3-59

refleja el proceso que se considerará para definir este aspecto, (POMCA Río Garagoa, 2018).

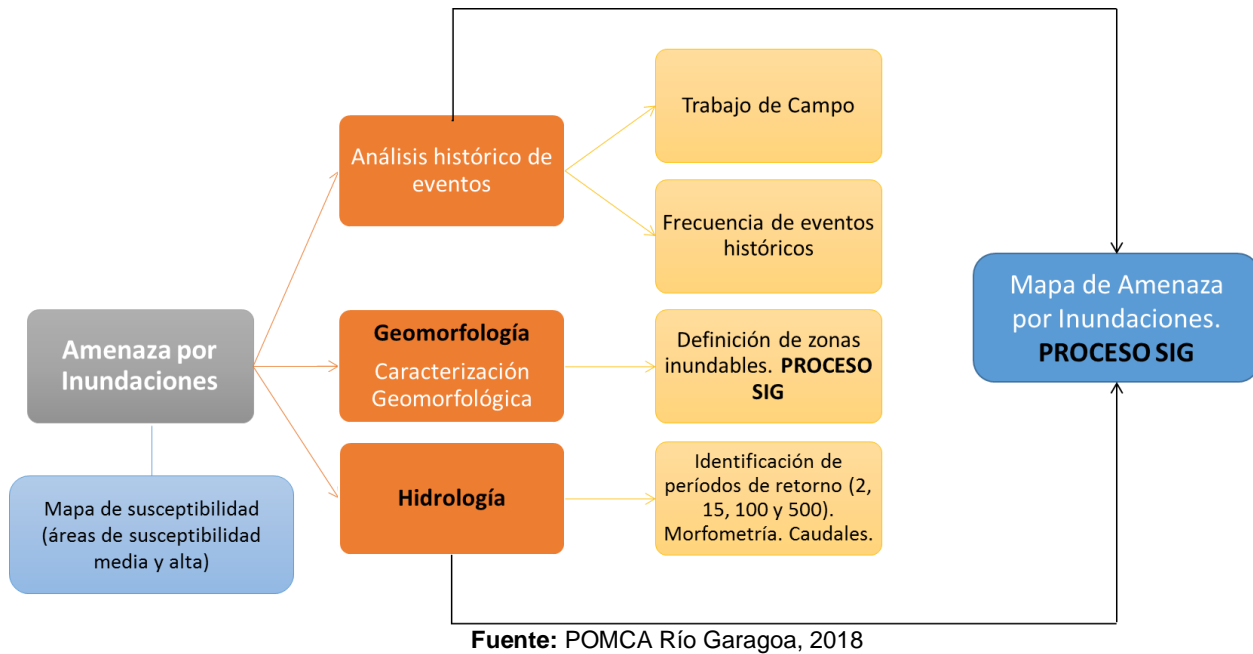
Figura 3-59. Proceso para la determinación de la susceptibilidad a inundaciones.



▪ **Procedimiento de análisis:**

La Figura 3-50 resume los procesos para definir la amenaza por inundaciones, los cuales se presentan a continuación. Todo el análisis se realizará con el apoyo del SIG, para la integración de las variables de geomorfología, hidrología y celdas con registro de eventos históricos, (POMCA del Río Garagoa, 2018).

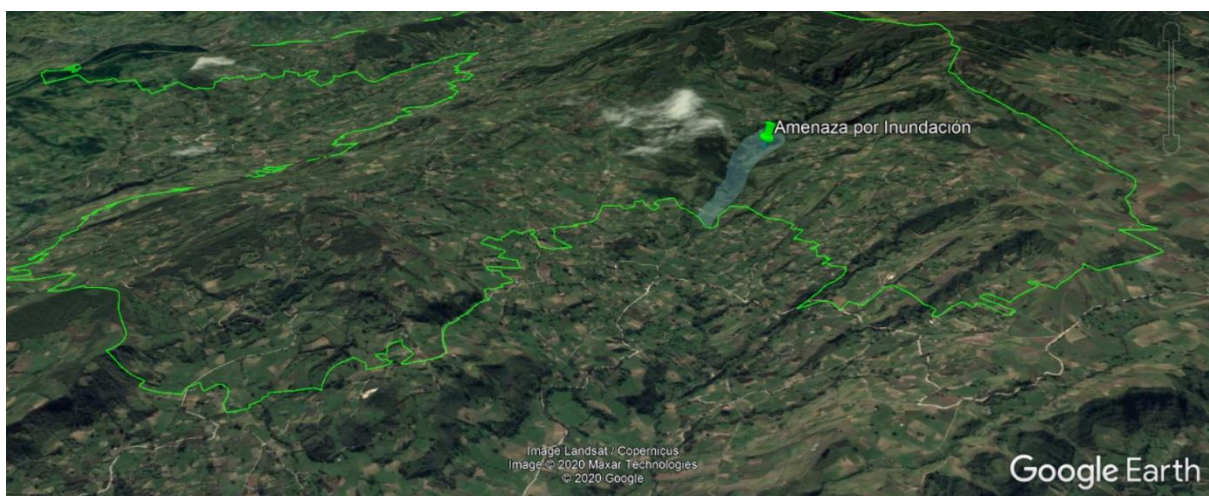
Figura 3-60. Proceso para la determinación de la amenaza por inundaciones.



Finalmente, y una vez desarrollado el proceso metodológico anteriormente descrito se obtiene el mapa de Amenaza por Inundaciones, el cual ha sido desarrollado en el diagnóstico del POMCA del Río Garagoa, 2018.

Como se puede observar en la Figura 3-51 se obtiene una categorización de la amenaza distribuida en amenazas altas, medias y bajas; para la zona de estudio se tiene una amenaza alta en el municipio de Turmequé, la cual está asociada al río Muincha (Figura 3-61).

Figura 3-61. Imagen de Amenaza por Inundación



Fuente: Imagen tomada y modificada de Google Earth 2020.

▪ **Definición de las categorías de amenaza:**

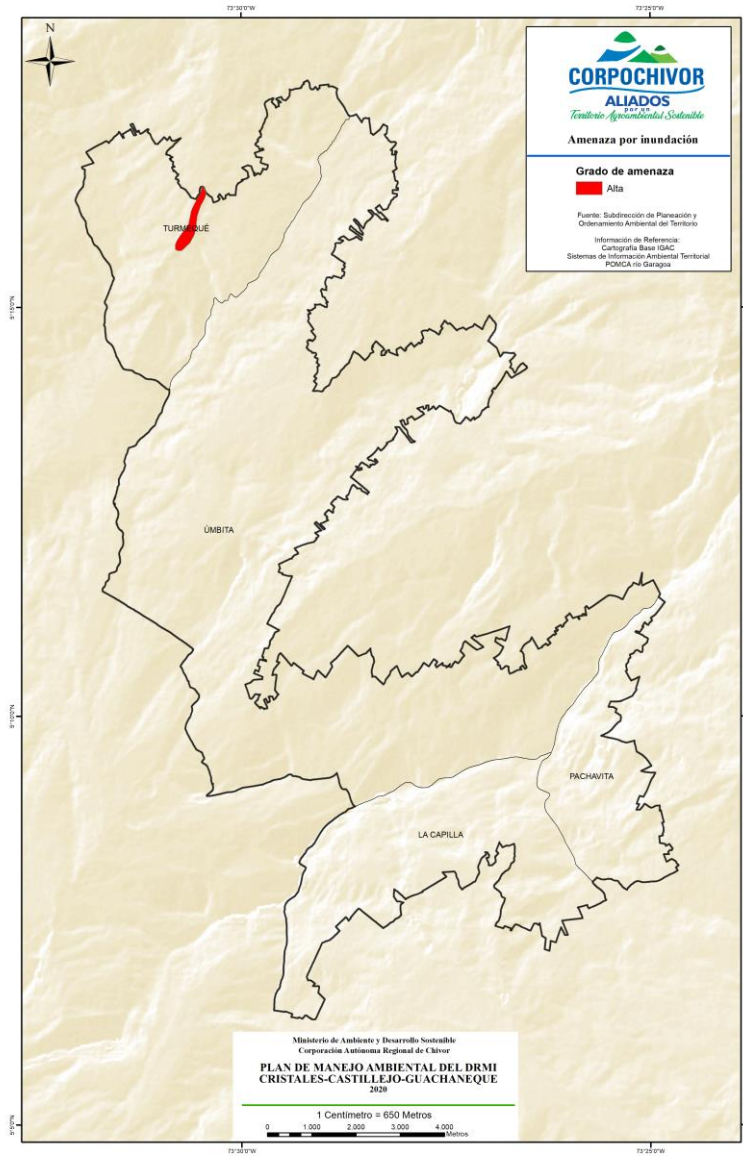
La definición de las categorías de amenaza sigue lo estipulado en el protocolo incluido en los anexos de los alcances técnicos para la actualización del POMCA Río Garagoa (Fondo Adaptación, 2014).

Amenaza alta: Esta amenaza se asocia a geoformas con procesos activos (valles aluviales, planos de inundación, terrazas bajas, albardón, entre otras); en donde se evidencian elementos asociados a restos flotantes fluviales y depósitos sueltos de granulometría; también se encuentran evidencias erosivas y sedimentarias nítidas, especialmente aquellas asociadas a microtopografía muy irregular, bajas pendientes; evidencias de inundaciones recientes o actividad fluvial reiterada asociadas a eventos históricos con recurrencias menores o iguales a 15 años, (POMCA del Río Garagoa, 2018).

Amenaza media: Geoformas asociadas a procesos intermitentes (terrazas medias, meandros,) procesos sedimentarios o erosivos suavizados o flujos secundarios representados por evidencias de morfologías canaliformes de poca definición y continuidad, pero identificables en campo, además de eventos históricos con recurrencia mayor a 15 y hasta 100 años de período de retorno, (POMCA del Río Garagoa, 2018).

Amenaza baja: Esta categoría que refleja la recurrencia de eventos mayores a 100 y hasta 500 años de período de retorno o mayores, se identificará cuando la información geomorfológico-histórica así lo permita considerando los siguientes criterios: a) El análisis de eventos históricos señala una unidad inundable con una sola evidencia de evento ocurrido; b) evidencias topográficas en campo que señalen terrenos con mayor altura a las dos categorías anteriores y que sea coincidente con una geoforma asociada a procesos fluviales antiguos (terrazas altas), (POMCA del Río Garagoa, 2018).

Figura 3-62. Mapa de Amenaza por Inundaciones, DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.8 Suelos

El suelo como sistema complejo y dinámico, se constituye en un componente fundamental del ambiente que cumple funciones y servicios ecosistémicos indispensables para la supervivencia humana y las relaciones sociales. Están compuestos por una variedad de componentes (minerales, agua, aire y organismos vivos) que conforman y hacen parte de la diversidad natural y biológica, expresando además la diversidad de la vida. Sus usos son esencialmente culturales, puesto que los individuos y las comunidades los usan según prácticas y costumbres predeterminadas por normas, reglas u orientaciones sociales, comunitarias o estatales (POMCA Rio Garagoa, 2018).

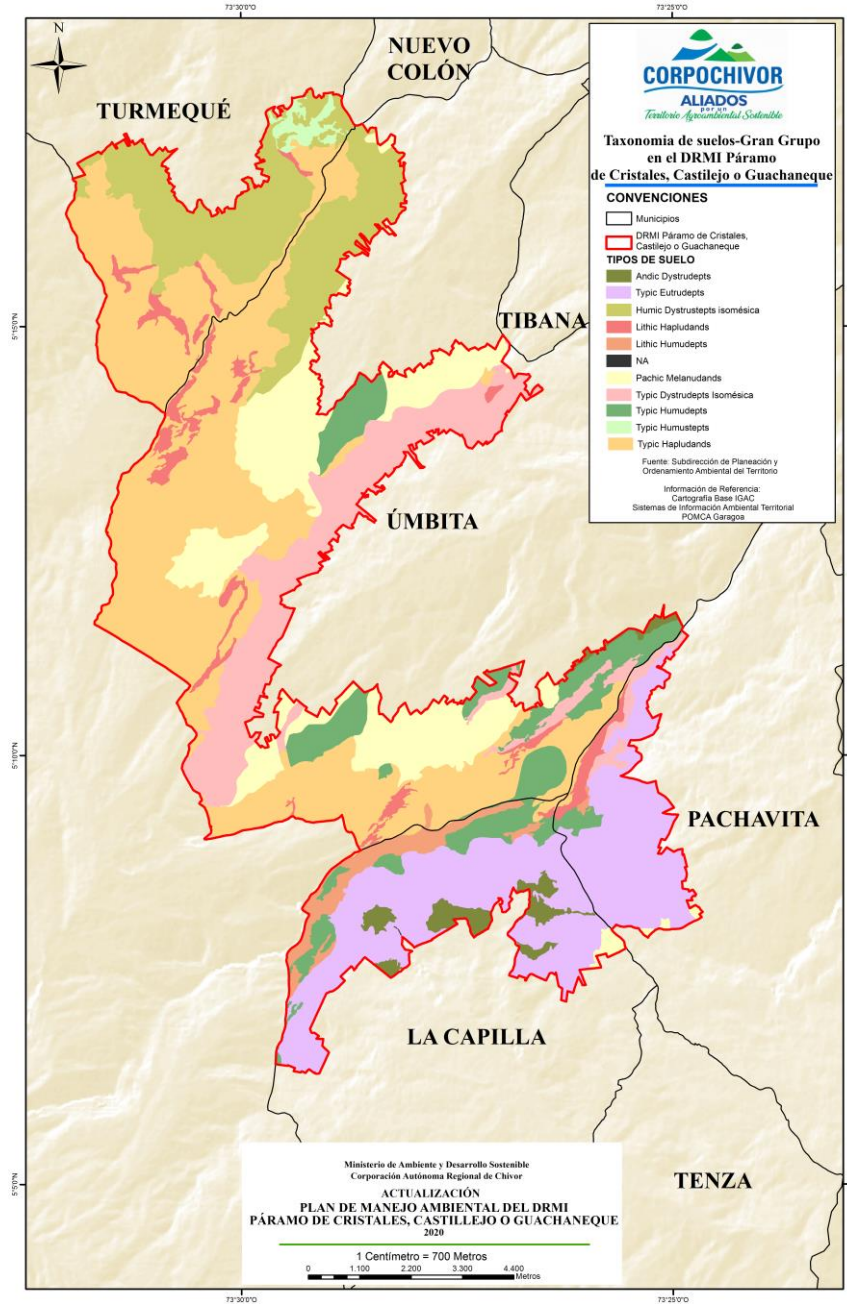
Por lo tanto, es fundamental evaluar las características de los suelos presentes en el DRMI Cristales, Castillejo o Guachaneque, identificado la predominancia del tipo Typic Hapludands 868,512388 Ha. Con un 31, 92%, tal como se muestra en la Tabla 3- 26 y Figura 3-52.

Tabla 3-29. Taxonomía de suelos presentes en el DRMI Páramo Cristales, Castillejo Guachaneque.

TAXONIMIA DE SUELOS. -GRAN GRUPO	Área (Has)	Porcentaje
Andic Dystrudepts	204,62248	1,77%
Humic Dystrustepts isomésica	1424,53512	12,31%
Lithic Hapludands	383,830731	3,32%
Lithic Humudepts	240,806551	2,08%
No Aplica (Cuerpo de Agua)	0,638736	0,01%
Pachic Melanudands	1463,97969	12,65%
Typic Dystrudepts	1283,93099	11,09%
Typic Eutrudepts	1929,81792	16,68%
Typic Hapludands	3693,60937	31,92%
Typic Humudepts	868,512388	7,51%
Typic Humustepts	78,0325741	0,67%
TOTAL	11574	100,00%

Fuente: POMCA río Garagoa, 2018.

Figura 3-63. Suelos presentes en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.8.1 Asociaciones presentes en el DRMI

▪ **Typic Hapludands**

El desarrollo de estos suelos se ha dado a partir de depósitos de cenizas volcánicas sobre arcillas lacustres; son suelos moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, de texturas moderadamente finas sobre medias, presentan horizontes Ap- Bw-Ab (enterrado), de colores negro, pardo oscuro a pardo y pardo grisáceo muy oscuro; estructura en bloques subangulares que van de finos a gruesos en los dos primeros horizontes y granular fina y media en el tercer horizonte.

Presenta una reacción del suelo de moderada a fuertemente ácida, baja saturación de aluminio, baja saturación de bases y fertilidad alta. Tienen una densidad aparente muy baja, porosidad total muy alta, macro y microporosidad que va de alta a muy alta, humedad aprovechable baja e infiltración básica moderada.

En la composición mineralógica de la fracción arena, el cuarzo está en proporción dominante en el segundo horizonte y abunda en el tercero; los productos alterados son abundantes en el tercer horizonte y se encuentran en trazas en el segundo; el feldespato está presente en ambos horizontes; la biotita está en trazas en el tercer horizonte; el anfíbol está presente en el segundo y en trazas en el tercer horizonte; el piroxeno está en trazas en el segundo y presente en el tercer horizonte y los fitolitos y la epidota se encuentran en trazas en ambos horizontes.

En la fracción arcilla hay presencia dudosa de cuarzo, trazas de micas hidratadas y es predominante el material no cristalino. Estos suelos tienen baja evolución pedogenética, poseen epipedón úmbrico y endopedón cambico, régimen de humedad udico, subhorizontes con espesor de 18 cm o más que presentan densidad aparente menor de 1,0 g/cm³, suma de % Al más ½ Fe%, mayor de 1.0, mineralogía mezclada, texturas moderadamente finas y mediales, régimen de temperatura isomésico, con presencia de un capa de 10 cm o más de espesor entre los 25 y 100 cm de profundidad con más del 3,0% de carbono orgánico (CAR, 2011).

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

La Asociación está constituida en un 30% por *Humic Dystrustepts*, 30% por *Typic Haplustalfs*, 30% por *Typic Haplustands* y 10% en inclusiones de *Typic Ustorthents*, *Lithic Dystrustepts* y *Fluventic Haplustepts*³.

Generalmente se encuentra entre altitudes de 2.000 y 3.000 metros sobre el nivel del mar; el clima ambiental es frío, seco, caracterizado por tener temperaturas que oscilan entre 12 y 18°C y precipitaciones promedio anuales inferiores a los 1.000 milímetros. La zona de vida ecológica es de bosque seco Montano Bajo (bs-MB) según la clasificación de Holdridge⁴.

³ IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

⁴ CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

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

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

En el DRMI se encuentra la fase MMXe1, caracterizada por ser de una topografía fuertemente quebrada y erosión ligera⁵; se localiza al norte en jurisdicción de los municipios de Turmequé y Úmbita, sobre un área de 430,48 ha equivalentes al 3,72% del territorio del Distrito.

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

La unidad está integrada por *Pachic Fulvudands* 40%, *Andic Dystrudepts* 30%, *Humic Dystrudepts* 20% e inclusiones de *Lithic Udorthents*, *Vertic Eutrudepts* e *Inceptic Hapludalfs* 10%⁶.

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

Estos suelos se han originado principalmente de cenizas volcánicas que sepultan rocas sedimentarias localizadas en tipos de relieve de Vigas, Lomas y Glacis; su topografía es moderadamente quebrada a moderadamente escarpada con pendientes entre 12 y 75%. Esta unidad se encuentra afectada por procesos de remoción en masa, especialmente deslizamientos y desprendimiento de roca evidentes en las zonas libres de vegetación arbórea, y por escurrimiento difuso en grado ligero⁷.

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

⁵ Ibíd.

⁶ IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

⁷ CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

En el DRMI se encuentra la fase MLVd1, caracterizada por ser topográficamente moderada y quebrada con erosión ligera y las fases MLVd1, MLVf1 y MLVe1, fase topográfica moderadamente escarpada con erosión ligera⁸. Se distribuyen en los municipios de Úmbita y La Capilla sobre un área de 2.447,01 ha equivalentes al 21,14% del territorio del Distrito.

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

El complejo está integrado por *Lithic Udorthents* 45%, *Oxic Dystrudepts* 35% y Afloramientos Rocosos 20%⁹.

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

Los suelos se localizan en las crestas homoclinales abruptas y en los crestones homoclinales, todos ellos originados a partir de rocas sedimentarias clásticas arenosas con intercalaciones limoarcillosas, con recubrimiento de ceniza volcánica en sectores de poca extensión. La topografía es fuertemente escarpada con pendientes mayores del 50%. Se encuentran afectados por procesos de remoción en masa, especialmente desprendimientos de roca y erosión hídrica. La vegetación natural se conserva y es principalmente arbórea y arbustiva

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

En el DRMI se encuentran las fases MHEf y MHEg. La primera es topográfica moderadamente escarpada. La segunda, es topográficamente fuerte y escarpada¹¹. Se ubican principalmente en los municipios de Úmbita y Turmequé, y en pequeños sectores de La Capilla y Pachavita, sobre un área de 3.431,62 ha equivalentes al 29,65% del territorio del Distrito.

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

⁸ Ibíd.

⁹ IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

¹⁰ Ibíd.

¹¹ CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

La unidad está compuesta por *Lithic Ustorthents* 40%, *Humic Dystrustepts* 30%, Afloramientos Rocosos 20% e inclusiones de *Dystric Haplustands*, *Inceptic Haplustalfs* y *Fluvaquentic Haplustolls* 10%¹².

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

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

En el DRMI se encuentra la fase MMEf, fase topográfica moderadamente escarpada¹³, localizada en los municipios de Úmbita y Turmequé, sobre un área de 1.108,73 ha equivalentes al 9,58% del territorio del Distrito.

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

La unidad está integrada por suelos *Typic Hapludands* 50%, *Humic Pachic Dystrudepts* 20% y *Typic Dystrudepts* 20% e inclusiones de suelos *Aeric Humaquepts* 10%¹⁴.

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

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

Las frecuentes heladas, el alto contenido de aluminio y la baja fertilidad, permiten ubicar estos suelos por su capacidad de uso en clase VII para las tierras con pendiente mayor

¹² IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

¹³ CORPOCHIVOR - Universidad Militar, 2009. Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Para Dichas Áreas. Bogotá D. C.

¹⁴ IGAC - UPTC, 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

del 50%; en la clase VI las tierras de pendiente 25 a 50% y en la clase IV las tierras de pendiente menor del 25% por cultivos de papa, cebada y pastos.

En el DRMI se encuentra la fase MHVd que es moderadamente quebrada¹⁵, ubicada en el municipio de Turmequé en una pequeña porción de la vereda Joyagua, sobre un área de 80,52 ha equivalentes al 0,70% del territorio del Distrito.

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

La unidad está constituida por *Lithic Udorthents* 40%, *Typic Dystrudepts* 30%, Afloramientos Rocosos 20% e inclusiones de *Typic Dystrudepts*, *Humic Pachic Dystrudepts* y *Vertic Haplustalfs* 10%¹⁶.

El Complejo MLE se localiza en alturas que oscilan entre los 2.400 y 3.200 msnm. El clima ambiental dominante es el frío húmedo, transición a seco con una temperatura media de 16°C y precipitación que va de 900 a 1.400 milímetros promedio anual, lo cual, según Holdridge, corresponde a la zona de vida denominada bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB).

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

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

3.2.8.2 Uso actual del suelo en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.

Teniendo en cuenta los usos del suelo establecidos en el POMCA Río Garagoa 2018 y las coberturas descritas, se determinó el uso actual para las diferentes zonas del DRMI. Para el municipio de Turmequé, el uso pastoreo intensivo tiene la mayor participación, mientras las coberturas naturales de uso protector son de menor representatividad. Por su parte el municipio de Úmbita presenta dominancia de los usos pastoreo intensivo y tierras en descanso, que reflejan un uso encaminado hacia la ganadería y en una menor proporción se encuentran usos de protección y restauración.

Como se observa en la Tabla 3-30 y Figura 3.64, el uso actual del suelo predominante en el DRMI Páramo Cristales, Castillejo Guachaneque son áreas de pastoreo intensivo con

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

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

un 40%, seguido por áreas de protección con un 23,90% y tierras de descanso con un 15,13%, además de otras en menor proporción como de pastoreo extensivo, cultivos permanentes semi-intensivos, Sistemas combinados de ganadería y forestería y Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería.

Tabla 3-30. Uso actual del suelo en el DRMI Páramo Cristales, Castillejo Guachaneque.

USO ACTUAL DEL SUELO	HECTAREAS	PORCENTAJE
Infraestructura y transporte	63,19872	0,55%
Producción	0,821963	0,01%
Protección	2766,118724	23,90%
Restauración	555,555464	4,80%
Tierras en descanso	1751,292065	15,13%
Cultivos permanentes intensivos	5,049731	0,04%
Cultivos permanentes semi-intensivos	426,884995	3,69%
Cultivos transitorios intensivos	57,296989	0,50%
Pastoreo extensivo	899,125098	7,77%
Pastoreo intensivo	4658,599069	40,26%
Pastoreo semi-intensivo	11,927258	0,10%
Sistemas combinados de agricultura y forestería	28,772341	0,25%
Sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería	168,16347	1,45%
Sistemas combinados de ganadería y forestería	179,51066	1,55%
TOTAL	11574	100,00%

Fuente: POMCA río Garagoa, 2018.

A continuación, se hace la descripción del uso actual del suelo en el DRMI, teniendo en cuenta la leyenda establecida en el POMCA Río Garagoa, 2018.

Uso Infraestructura vial y transporte

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras y autopistas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

La red vial del DRMI tiene una extensión de 63,19872Ha, que corresponde al 0.55% del Distrito.

Uso producción

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

Las plantaciones forestales tienen una extensión de 0,821963 Ha, que corresponde al 0.01% del DRMI.

Uso protección

Está conformado por espacios naturales y seminaturales, con coberturas como: arbustal abierto, arbustal denso, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso alto de tierra firme, bosque de galería, bosque fragmentado con vegetación secundaria, herbazal denso, herbazal abierto, herbazal denso de tierra firme con arbustos, ríos (quebradas y rondas) y tierras desnudas y degradadas.

El uso de protección tiene una extensión de 2766,118724 ha, equivalentes al 23,90% del total del DRMI.

Uso restauración

Hace parte de este uso la vegetación secundaria alta, que son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o forestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja.

Las zonas con vegetación secundaria alta tienen una extensión de 555,555464 ha, que corresponde al 4.80% del DRMI. Se encuentra uniformemente distribuida a lo largo y ancho del territorio, lo que corresponde a una sucesión de espacios que ha venido ganando la cobertura natural.

Uso tierras en descanso

Conformado por la cobertura vegetación secundaria baja, caracterizada por aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o forestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Las zonas con uso tierras en descanso tienen una extensión de 1751,292065 ha, que corresponde al 15.13% del DRMI.

Uso cultivos permanentes intensivos

Coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como café, cacao, coca y viñedos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida. Las zonas con uso permanente intensivo tienen una extensión de 5,049731 ha, que corresponde al 0.04% del DRMI. Estas zonas se encuentran especialmente en los municipios de Úmbita y Turmequé.

Uso cultivos permanentes semi-intensivos

Uso compuesto principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como caña de azúcar y panelera, plátano, banano y tabaco. Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual. Las zonas con cultivo permanentes herbáceos tienen una extensión de 426,884995 ha, que corresponde al 3.69% del DRMI.

Uso cultivos transitorios intensivos

Conformado especialmente por cultivos de papa, propia de las zonas de montaña de clima frío, situadas entre los 2.000 y 3.000 msnm. La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una especie de planta herbácea, tuberosa, perenne, perteneciente a la familia de las solanáceas, de tallo erecto o semidecumbente, que puede medir hasta un metro de altura. Las zonas con cultivo de papa tienen una extensión de 57,296989 ha, que corresponde al 0.50% del DRMI.

Uso pastoreo extensivo

Caracterizado por presentar pastos enmalezados, representados por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. Las zonas con uso de pastoreo extensivo tienen una extensión de 899,125098 ha, que corresponde al 7.77% del área de estudio.

Uso Pastoreo intensivo

Este uso comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Las zonas con pastoreo intensivo tienen una extensión de

4658,599069 ha, que corresponde al 40.26% del territorio. Este uso se encuentra presente en todos los municipios del DRMI, representando el uso con mayor representatividad, principalmente en Úmbita y Turmequé.

Uso pastoreo semi-intensivo

Uso que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos. Las zonas con pastos arbolados tienen una extensión de 11,927258 ha, que corresponde al 0.10% del área de estudio.

Uso sistemas combinados de agricultura y forestería

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural. Las zonas con mosaico de cultivos y espacios naturales tienen una extensión de 28,772341 ha, que corresponde al 0.25% del DRMI.

Uso sistemas combinados de agricultura, ganadería y forestería

Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

Las zonas con mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales tienen una extensión de 168,16347 ha, que corresponde al 1.45% del Distrito.

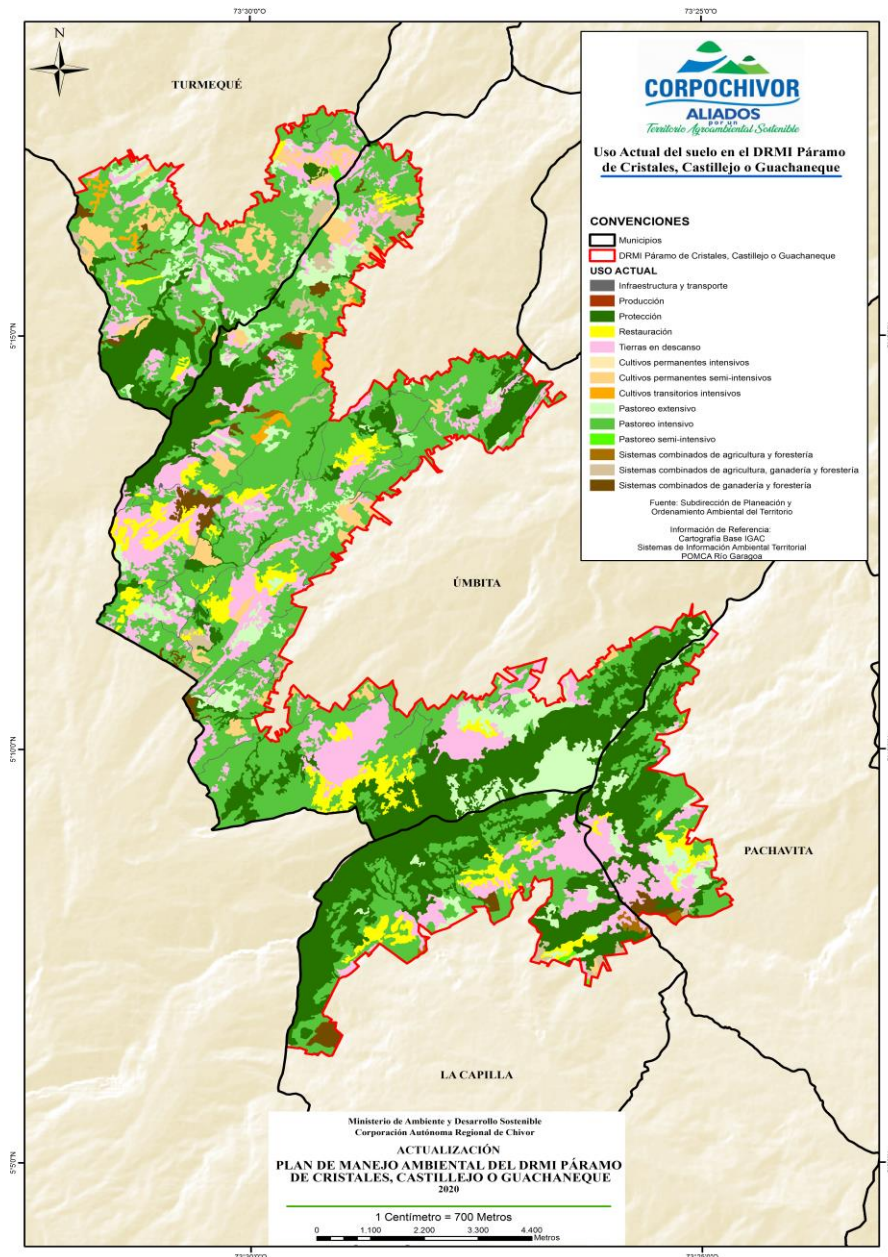
Uso sistemas combinados de ganadería y forestería

Constituido por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas.

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

Las zonas con uso combinado de ganadería y forestería tienen una extensión de 179,51066 ha, que corresponde al 1.55% del DRMI.

Figura 3-64. Uso actual del suelo en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.



Fuente: SIAT- CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.8.3 Uso potencial de los suelos en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo Guachaneque.

En la valoración potencial de los suelos del DRMI, se toma el criterio de la clasificación agrológica, aun cuando de por si estos deben ser potencialmente de protección dada las condiciones ecosistémicas en que se encuentran. Por tal motivo pueden en ocasiones

aparecer los suelos con alguna potencialidad para actividades restringidas de uso agrícola o pecuario¹⁷.

La clasificación agrológica de las unidades presentes en el DRMI y sus correspondientes grupos de manejo¹⁸ se presentan en la Tabla 3-31 y espacializan en la Figura 3-65 uso principal propuesto se muestra en la Figura 3-66.

Tabla 3-31. Clasificación agrológica en el DRMI.

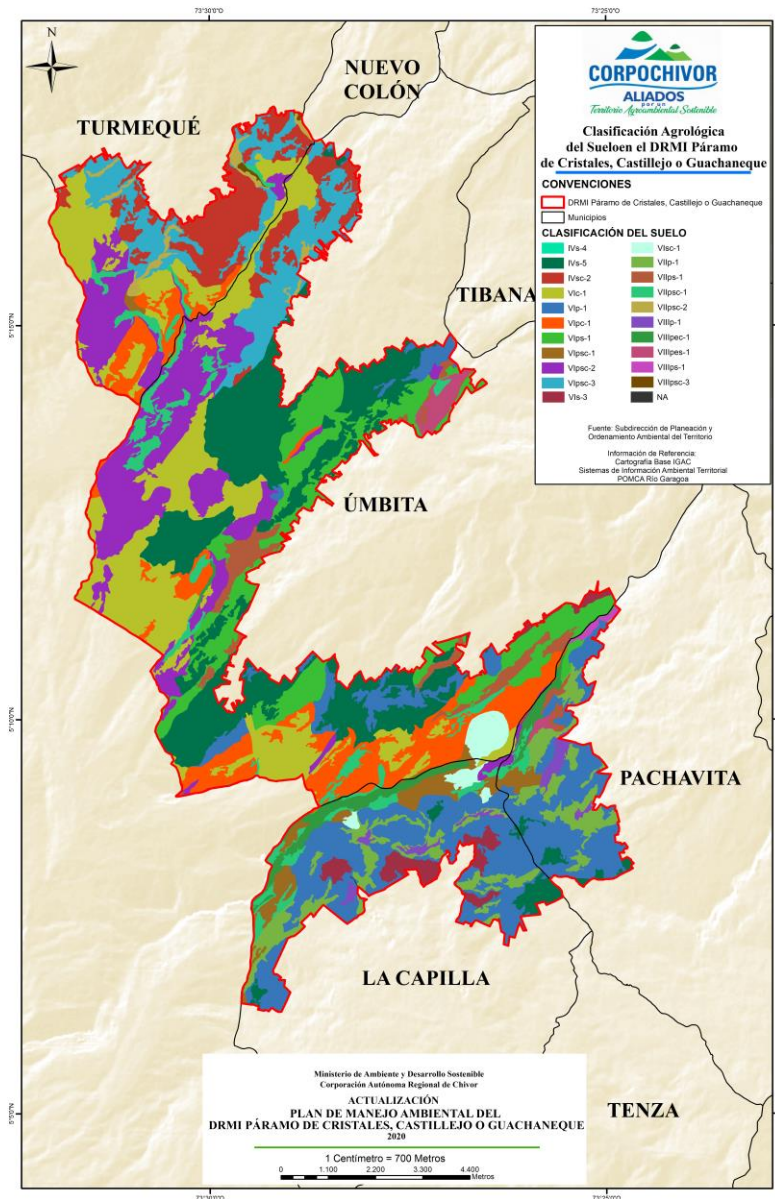
CLASIFICACION AGROLOGICA	Sum AREA_h	Porcentaje
4s-4	0,50369483	0,004%
4s-5	1756,72588	15,18%
4sc-2	649,357144	5,61%
6c-1	1628,3598	14,07%
6p-1	1597,48982	13,80%
6pc-1	858,110387	7,42%
6ps-1	964,52205	8,33%
6psc-1	221,558057	1,91%
6psc-2	1207,13919	10,43%
6psc-3	757,132782	6,54%
6s-3	172,422335	1,49%
6sc-1	130,170882	1,12%
7p-1	482,283561	4,17%
7ps-1	251,382846	2,17%
7psc-1	428,373122	3,70%
7psc-2	87,5652357	0,76%
8p-1	81,382594	0,70%
8pec-1	185,599513	1,60%
8pes-1	85,0899284	0,74%
8ps-1	17,9964642	0,16%
8psc-3	8,51253167	0,07%
NA (cuerpo de Agua)	0,63873591	0,01%
TOTAL	11574	100,00%

Fuente: POMCA río Garagoa, 2018.

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

¹⁸ Ibid.

Figura 3-65. Clasificación agrologica en el DRMI.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

3.2.8.3.1 Descripción clasificación agrologica en el DRMI

- **Tierras de la clase IV**

Las tierras de la clase 4 tienen limitaciones que las restringen solo a cultivos específicos que exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación. Las tierras de esta agrupación son aptas para cultivos transitorios, es decir cultivos cuyo ciclo vegetativo tiene una duración máxima de seis meses; así mismo permiten el uso de las tierras con

finés de pastoreo y sistemas agroforestales, estos últimos recomendados en las zonas que presentan mayores limitaciones por erosión y pendiente. Estas tierras tienen limitaciones ligeras y moderadas por pendiente (p), erosión (e), condiciones de humedad (h), suelo (s) y clima extremo (c), (POMCA, 2018).

▪ **Tierras clase VI**

Las tierras de esta clase, se encuentran desde el clima muy frío muy húmedo hasta el cálido húmedo; esta clase agrológica se encuentra en los paisajes de montaña y altiplanicie, en gran variedad de tipos de relieves y geformas respectivas. Las limitantes de esta clase de tierras, corresponden principalmente a clima, pendientes 25 - 50%, en algunas zonas, problemas relacionados con la fertilidad baja y muy baja, la alta saturación de aluminio, la pedregosidad y los suelos con familias texturales contrastantes también afectan significativamente las relaciones suelo/planta y por ende, la capacidad de uso de las tierras. Las tierras de la clase 6 presentan limitaciones que, en términos generales, las hacen aptas únicamente para algunos cultivos semi perennes o perennes, semi densos y densos; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales. La ganadería extensiva es un uso alternativo si se lleva a efecto evitando el sobre pastoreo y con buen manejo de los potreros. La agricultura deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan perennes prácticas de conservación de suelos tanto culturales como mecánicas, con cultivos adaptados a las condiciones ambientales de la región, con cobertura rastrera y de sombrío, (POMCA, 2018).

▪ **Tierras clase VII**

Las tierras de esta agrupación corresponden a la clase agrológica 7 con las limitaciones principales por pendiente (p), erosión (e), condiciones de humedad excesiva (h), suelo (s) y clima extremo (c). Los grupos de manejo corresponden principalmente a las unidades climáticas en las que ocurren estas unidades agrológicas. Estas tierras son aptas para el establecimiento de sistemas de bosques protectores (FPR).

Las limitaciones muy severas, hacen que las tierras sean inadecuadas para cultivos; solo tienen aptitud forestal; el bosque tiene carácter protector, pero cuando las condiciones del relieve o la topografía y los suelos ofrecen suficiente profundidad efectiva para el anclaje y el desarrollo normal de las raíces de las especies arbóreas se puede hacer un uso sostenible del recurso forestal de tipo productor. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es absolutamente necesaria dada la muy alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. La ganadería debe ser excluida totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad, (POMCA, 2018).

▪ **Tierras clase VIII**

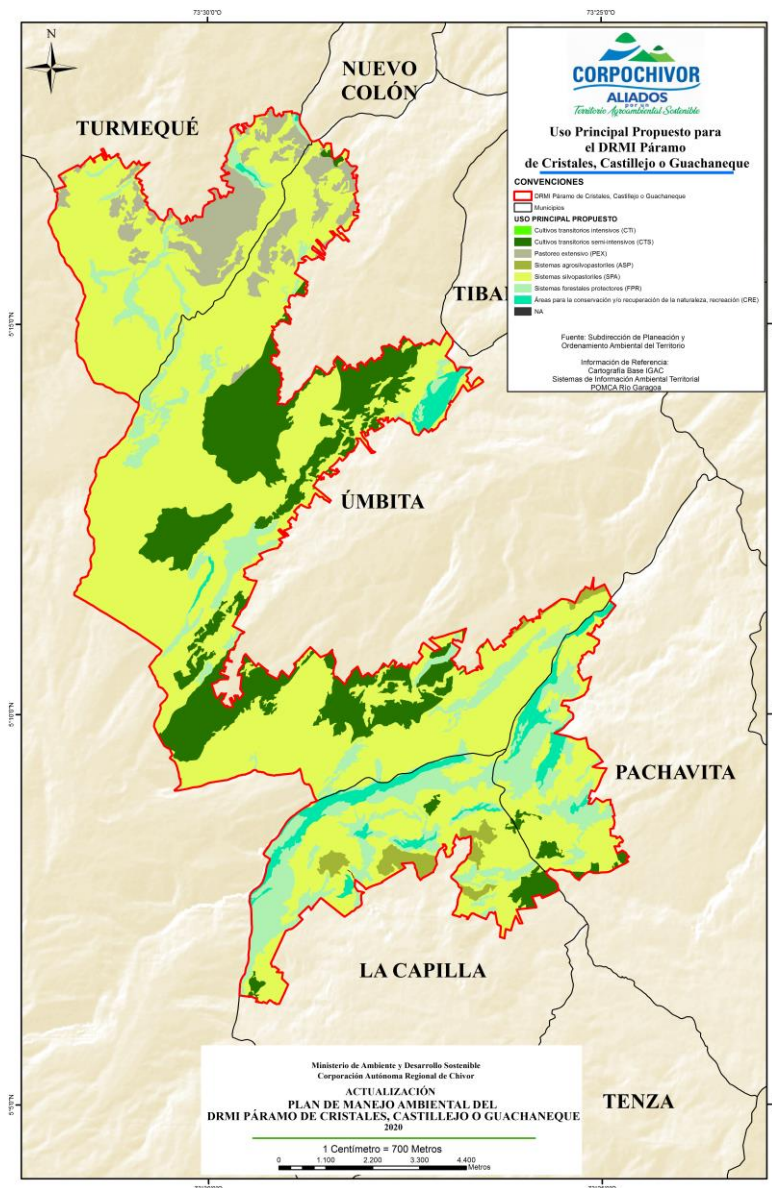
Son tierras que por su vulnerabilidad extrema (áreas muy escarpadas), por su estado de deterioro o por su importancia como ecosistemas estratégicos (páramo) para la regulación del recurso hídrico y por su interés científico, deben destinarse a la conservación de la naturaleza o a su recuperación en el caso de que hayan sido deterioradas. Es decir que todas las tierras pertenecientes a esta clase deben ser utilizadas en la conservación y

protección de la naturaleza, forestal protector (FPR) y conservación, recuperación y ecoturismo, (CRE), (POMCA, 2018).

3.2.8.4 Uso principal propuesto para el DRMI Páramo Cristales, Castillejo Guachaneque.

En la Figura 3-66 y Tabla 3- 32 se muestran los usos principales propuestos para las tierras del DRMI Páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque.

Figura 3-66. Uso principal propuesto para el DRMI.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Tabla 3-32. Uso principal propuesto para el DRMI.

USO PRINCIPAL PROPUESTO	HECTAREAS	PORCENTAJE
Cultivos transitorios intensivos (CTI)	0,503695	0,00%
Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)	1756,725876	15,18%
Pastoreo extensivo (PEX)	649,357144	5,61%
Sistemas agrosilvopastoriles (ASP)	172,422335	1,49%
Sistemas silvopastoriles (SPA)	7142,924906	61,72%
Sistemas forestales protectores (FPR)	1471,162823	12,71%
Áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza, recreación (CRE)	378,581031	3,27%
No Aplica (Rio)	0,638736	0,01%
TOTAL	11574	100,00%

Fuente: POMCA río Garagoa, 2018.

3.2.8.4.1 Descripción de las unidades de usos principales propuestos

- **Cultivos transitorios intensivos (CTI)**

Esta unidad de uso principal presenta 9.035,00 hectáreas (3,60%) del área de la cuenca del río Garagoa, lo que significa que son tierras aptas para el establecimiento de cultivos con ciclo de vida menor de un año; son de fácil mecanización por lo que admiten aplicación de nuevas tecnologías, como la agricultura de precisión. Se asocian a este uso principal, la clase 4, con la subclase 4s, y grupo de manejo 4s-4(3,60%), de la cuenca, (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Cultivos transitorios semi-intensivos (CTS)**

Esta unidad de uso principal presenta 56.157,36 hectáreas (22,40%) del área de la cuenca del río Garagoa, que tienen un ciclo de vida menor de un año y requieren para su establecimiento moderada o alta inversión de capital, adecuada tecnología y mano de obra calificada; dadas sus condiciones agronómicas, generalmente las tierras no soportan una explotación intensiva por que el suelo está expuesto a algún riesgo de deterioro. Se asocian a este uso principal, la clase 4, con la subclase 4s y los grupos de manejo 4s-5 (17,21%), y 4s-6 (5,19%), de la cuenca. De igual manera se incluyen aquí las mismas especies del grupo anterior, con la diferencia en área, frecuencia y la tecnología de siembra y mantenimiento, (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Pastoreo extensivo (PEX)**

Esta unidad de uso principal presenta 9.328,18 hectáreas (3,7214%) del área de la cuenca del río Garagoa, el cual involucra la utilización de algunos paquetes tecnológicos que aseguren mínimos rendimientos en la explotación ganadera, la cual se desarrolla mediante programas de ocupación de potreros con baja a muy baja capacidad de carga, generalmente menor de una res por cada dos hectáreas; requieren prácticas de manejo, especialmente en lo relacionado con aplicación de fertilizantes, controles fitosanitarios adecuados y rotación de potreros; en consecuencia, se necesita moderada o baja inversión de capital, tecnología apropiada y mano de obra poco calificada. Es importante anotar que este tipo de uso se lleva a cabo en áreas en donde los suelos no soportan el establecimiento de una ganadería semi intensiva, (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Agrosilvopastoril (ASP).**

Estas tierras están representadas por 12.124,51 hectáreas (4,84%) de la cuenca del río Garagoa, son tierras aptas para el establecimiento de sistemas que involucran el desarrollo asociado de actividades agrícolas, forestales y ganaderas, así: cultivos y pastos en plantaciones forestales, cultivos y pastos arbolados, cultivos y pastos protegidos por barreras rompevientos y cercas vivas Igualmente, esta categoría de uso admite una gran cantidad de alternativas tales como cultivos transitorios, bosque productor y ganadería intensiva, cultivos transitorios, bosque productor y ganadería semi-intensiva, cultivos transitorios, bosque protector productor y ganadería extensiva, cultivos permanentes, bosque productor y ganadería intensiva, etc., (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Silvopastoril (SPA).**

Estas tierras están representadas por 121.926.57 hectáreas (43,64%) de la cuenca del río Garagoa, tierras aptas para el establecimiento integrado de bosques y pastos, así: producción de forraje en bosques plantados y pasturas arboladas; en consecuencia, las alternativas de uso pueden ser: ganadería intensiva y bosque productor; ganadería semi-intensiva y bosque productor; ganadería extensiva y bosque protector productor; ganadería extensiva y bosque protector, (POMCA Río Garagoa, 2018).

- **Forestal Protector (FPR)**

Estas tierras representan 28.801,16 hectáreas (11,49%) del área de la cuenca del río Garagoa, son tierras aptas para el establecimiento de sistemas forestales destinadas a la protección de las laderas contra los procesos erosivos o al mantenimiento y desarrollo de la vegetación nativa o a la protección de especies maderables en vías de extinción o como protección de recursos hídricos, con el fin de proteger este y otros recursos renovables. En general en estas áreas no se debe desarrollar ningún tipo de actividad económica diferente a la protección y crecimiento del bosque protector y solo se permitirá la producción indirecta, aquella mediante la cual se obtienen frutos o productos

secundarios, sin que desaparezca temporal ni definitivamente el bosque, (POMCA Río Garagoa, 2018).

▪ **Conservación y Recuperación (CRE).**

Estas tierras están representadas por 12.200,09 hectáreas (4,87%) de la cuenca del río Garagoa, son tierras para conservación y recuperación (CRE): Muchas de las zonas incluidas bajo esta denominación han sido fuertemente alteradas con usos inapropiados, especialmente el agropecuario, por lo que requieren planes de manejo y recuperación de sus características hidrobiológicas, cobertura vegetal y biodiversidad, (POMCA Río Garagoa, 2018).

3.2.9 Coberturas de la tierra

El diagnóstico de los componentes de coberturas de la tierra, análisis multitemporal del uso del suelo, uso del suelo y de conflictos de uso del suelo para la “Actualización y Socialización del Plan de Manejo para el Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque” se realizó a partir de la Clasificación Corine Land Cover 2018, dicho proceso se soporta en el documento "Servicio de consultoría para el desarrollo de las determinantes ambientales de suelo rural como insumo de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de la jurisdicción de Corpochivor", donde se tuvieron en cuenta los siguientes insumos:

El análisis y adaptación de la leyenda Corine Land Cover a escala 1:25.000, con base en la leyenda nacional de coberturas de la tierra se identificaron, delimitaron y actualizaron las unidades de cobertura presentes en la jurisdicción a escala 1:25.000, para esta actividad se tomó como base el mapa de coberturas de la tierra de 2014 entregado por la Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR y se actualizó con las imágenes Bing 2016, Sentinel-2 2018 y Planet scope, esta última suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR.

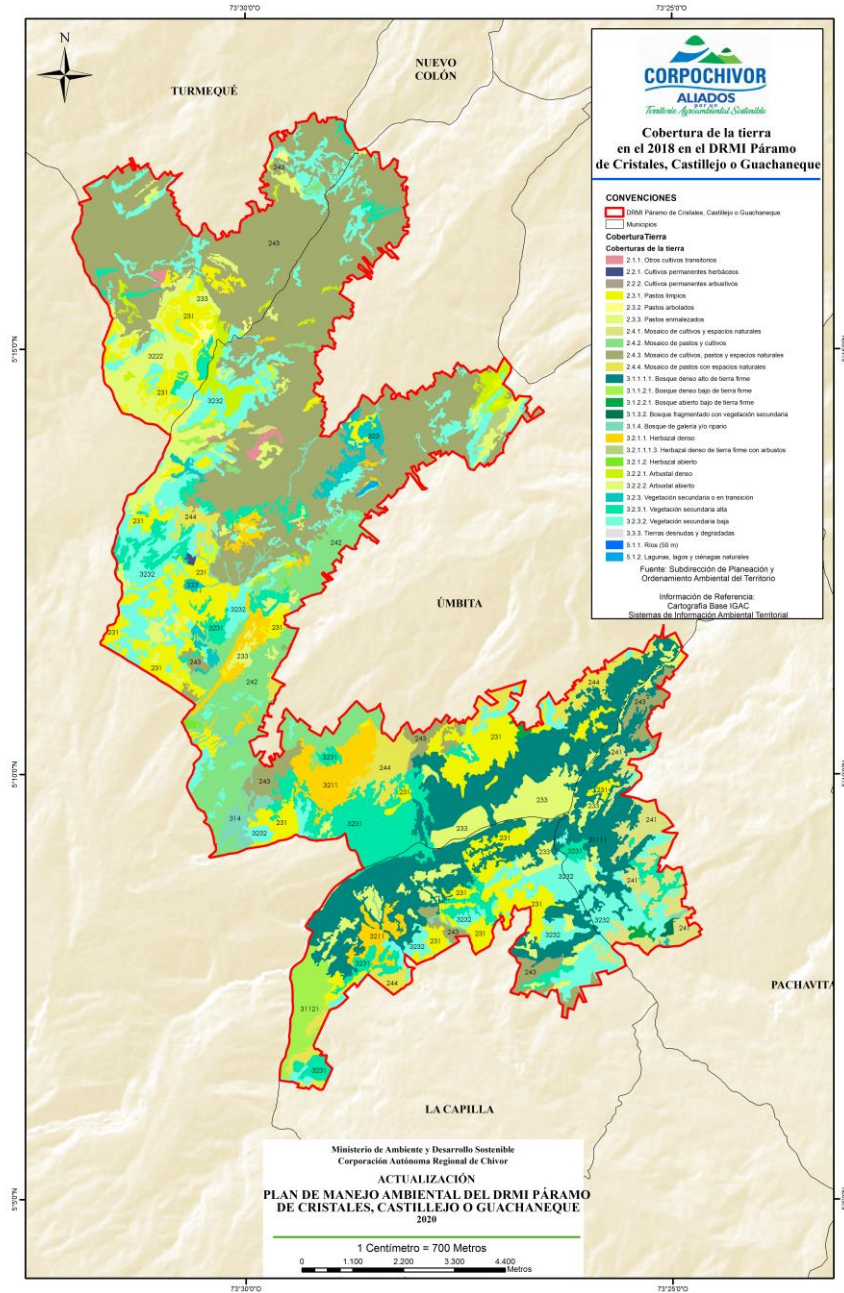
El esquema metodológico Corine Land Cover contempla las siguientes etapas:

- Adquisición y preparación de la información
- Análisis e interpretación de las coberturas
- Verificación de campo
- Control de calidad
- Generación de la capa temática adaptada a escala 1:25.000

La descripción de la categoría a la que pertenece cada una de las coberturas delimitadas se realizó a nivel 3 como mínimo, existiendo casos en los que fueron descritos algunos polígonos a nivel 4 y 5.

En la (Figura 3-67) se muestran las coberturas de la tierra presentes en el DRMI con sus respectivas áreas de ocupación Tabla 3- 30.

Figura 3-67. Coberturas de la tierra presentes en el DRMI.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Tabla 3-33. Coberturas de la tierra presentes en el DRMI.

Leyenda	Área (ha)	% de DRMI
Arbustal Abierto	340,91	2,95%
Arbustal Denso	139,226685	1,20%
Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	18,87	0,16%
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	164,29	1,42%
Bosque denso alto de tierra firme	1412,76	12,21%
Bosque de galería y/o ripario	128,37	1,11%
Bosque Fragmentado con Vegetacion Secundaria	7,2	0,06%
Cultivos Permanentes Arbustivos	1,12	0,01%
Cultivos Permanentes Herbaceos	3,88	0,03%
Herbazal Denso	364,35	3,15%
Herbazal abierto	8,33	0,07%
Herbazal Denso de Tierra Firme con Arbusto	18,80	0,16%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	5,62	0,05%
Mosaico de Cultivos Pastos y Espacios Naturales	3302,07	28,53%
Mosaico de Cultivos Y Espacios Naturales	286,26	2,47%
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	353,99	3,06%
Mosaico de Pastos y Cultivos	724,96	6,26%
Otros cultivos transitorios	25,34	0,22%
Pastos Arbolados	22,35	0,19%
Pastos Enmalezados	655,57	5,67%
Pastos Limpios	1163,46	10,05%
Rios (Quebradas y Rondas)	1,74	0,02%
Tierras desnudas y degradadas	0,99	0,01%
Vegetacion Secundaria Alta	812,36	7,02%
Vegetacion Secundaria Baja	1481,77	12,80%
Vegetación secundaria o en transición	127,45	1,10%
TOTAL	11574	100,00%

Fuente: Generado a partir de la Clasificación Corine Land Cover, 2018 – CORPOCHIVOR, 2020.

La cobertura con mayor área de ocupación en el DRMI corresponde al mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 3302,07 ha, lo cual demuestra el impacto de la actividad antrópica en la zona y evidencia la presión de las actividades humanas sobre los ecosistemas; mientras que el bosque denso bajo de tierra firme y el bosque denso alto de tierra firme ocupan el 1,42% y 12,21% respectivamente, del área total del DRMI.

A continuación, se hace la descripción de las coberturas encontradas en el DRMI. Para la definición y presentación de las coberturas de la tierra, se toma la leyenda establecida y adaptada para Colombia CORINE Land Cover, 2018.

3.2.9.1 Unidades de cobertura de la tierra.

- **Arbustal abierto**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo y cuya cubierta representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 2,95%.

- **Arbustal denso**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad.

La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del Distrito es de 1,20%. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999).

- **Bosque abierto bajo de tierra firme**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros e inferior a 15 metros, cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,16%.

Estas formaciones vegetales se encuentran localizadas en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

- **Bosque denso bajo de tierra firme**

Localizados en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del Distrito es 1,42%.

- **Bosque denso alto de tierra firme**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y que en promedio presentan una altura del dosel superior a los 15 metros. Localizados en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 12,21%.

- **Bosque de galería y/o ripario**

Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en los márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario, el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 1,11%.

- **Bosque fragmentado con vegetación secundaria**

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales donde se presentó intervención humana y recuperación del bosque, de tal manera que el bosque mantiene su estructura original. Las áreas de intervención están representadas en zonas de vegetación secundaria, las cuales se observan como parches de variadas formas que se distribuyen de forma irregular en la matriz de bosque. Su origen es debido al abandono de áreas de pastos y cultivos, donde ocurre un proceso de regeneración natural del bosque en los primeros estados de sucesión vegetal. Los parches de intervención deben representar entre 5% y 50% del área total de la unidad. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,06%.

- **Cultivos permanentes arbustivos**

Coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como café, cacao, coca y viñedos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,01%.

- **Cultivos permanentes herbáceos**

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como caña de azúcar y panelera, plátano, banano y tabaco. Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,03%.

- **Herbazal denso**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación); el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 3,15%.

- **Herbazal abierto**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura abierta (30% a 70% de ocupación); el porcentaje de esta cobertura frente al área total del Distrito es de 0,07%.

Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999).

- **Herbazal denso de tierra firme con arbustos**

Corresponde a superficies dominadas por vegetación natural herbácea con presencia de elementos arbustivos dispersos que ocupan entre 2% y 30% del área total de la unidad, los cuales se localizan principalmente en áreas con limitantes edáficas y climáticas, generalmente en alturas entre 300 a 800 msnm, así como en las zonas de páramo y subpáramo de la alta montaña; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,16%.

- **Lagunas, lagos y ciénagas naturales**

Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua (lagos y lagunas) situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos. En las planicies aluviales se forman cuerpos de agua denominados ciénagas, que están asociadas con las áreas de desborde de los grandes ríos. El porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,05%.

- **Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales**

Comprende las superficies del DRMI ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas.

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. El porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 28,53%, siendo la cobertura con mayor distribución en el Distrito.

- **Mosaico de cultivos y espacios naturales**

Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón

de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 2,47%.

Los parches y residuos de espacios naturales están conformados por aquellas áreas cubiertas por relictos de bosque, arbustales, bosque de galería y/o ripario, vegetación secundaria o en transición, zonas pantanosas u otras áreas no intervenidas o poco transformadas que permanecen en estado natural o casi natural.

- **Mosaico de pastos con espacios naturales**

Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas.

Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural. El porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 3,06%.

- **Mosaico de pastos y cultivos**

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. El porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 6,26%.

- **Otros cultivos transitorios**

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosos, leguminosos, hortalizas y tubérculos considerados en esta leyenda; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,22%.

- **Pastos arbolados**

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,19%.

- **Pastos enmalezados**

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del Distrito es de 5,67%.

- **Pastos limpios**

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%. La realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 10,05%.

- **Ríos**

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,02%.

- **Tierras desnudas y degradadas**

Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 0,01%.

- **Vegetación secundaria alta**

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbórea con dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponde a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se podrán encontrar comunidades de árboles formadas por una sola especie o por varias; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 7,02%.

- **Vegetación secundaria baja**

Son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies. La vegetación secundaria comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo- herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 12,80%.

▪ ***Vegetación secundaria o en transición***

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre; el porcentaje de esta cobertura frente al área total del DRMI es de 1,10%.

3.2.9.1.1 Análisis multitemporal del uso del suelo

Se realizó un análisis de las coberturas presentes según la cartografía oficial de cobertura y uso de la tierra del país – CORINE LANDCOVER- CLC, para los años 2018 y 2014, (Figuras 4.1 y 4.2) que es la que se ha desarrollado hasta el momento. Se empleó esta cartografía ya que la metodología para el levantamiento de esta información consiste en la digitalización de imágenes satelitales y el uso de cartografía de apoyo, lo que implica mayor fidelidad en el tipo de mapa que genera. Posteriormente, para la fecha 2018 se realizó un ajuste de los polígonos generados en el 2014, visualizando las áreas de cambio y modificando los límites de forma manual. Este tipo de metodología facilitó realizar comparaciones en el tiempo de forma mucho más confiable y verás, partiendo de un insumo comparable en términos metodológicos y de leyenda con los que hasta el momento no contaba el País.

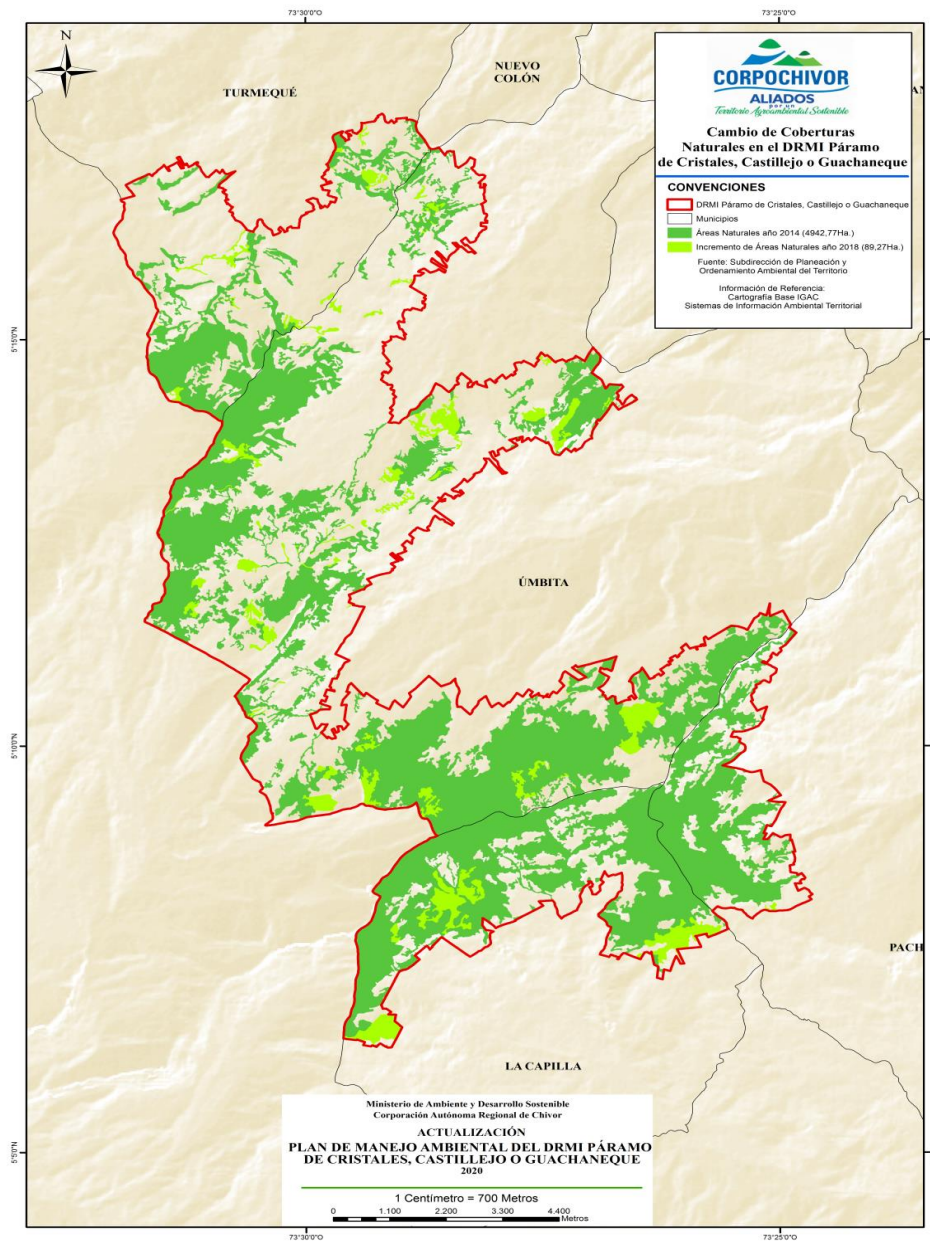
Con base en lo anterior, se tomaron dichos mapas para conocer las tasas de cambio para el DRMI empleando métricas del paisaje del tipo composicional y de configuración de las coberturas. Para ello se empleó la extensión Patch Analyst diseñada para tales fines, en donde se calculó la extensión, porcentaje y número de parches, para conocer el estado del cambio de las coberturas.

El cambio de coberturas en el área de estudio se dio de diferente forma sin mostrar un patrón definido, en algunos casos se dio paso a sistemas productivos o en otros las coberturas naturales presentaron deterioro o recuperación; se evidenció recuperación de las áreas naturales (89,27 ha) y disminución de las coberturas intervenidas (90,16 ha), sin embargo, el porcentaje de las áreas naturales en el total del DRMI es menor que las áreas intervenidas, lo que implica un mayor esfuerzo por seguir recuperando y restableciendo las coberturas naturales y seminaturales en el Distrito, (Figuras 3-66 y 3-67).

Como se aprecia en la Figura 3-68 para el año 2014, se reportaron 28 tipos de coberturas, catorce de ellas de tipo antrópico correspondientes a áreas de territorios agrícolas y catorce a bosques y áreas seminaturales según CLC, las cuales ocuparon un 57% y 43% del total del DRMI respectivamente, evidenciándose una mayor presencia de áreas intervenidas. En el caso del año 2018, disminuyeron las coberturas de tipo antrópico, para un total de 11 y para el caso de las coberturas naturales y seminaturales aumentaron a 16 tipos. En este año no se presenta cambio significativo en comparación al anterior, ocupando un 56% de áreas intervenidas y 44% de bosques y áreas seminaturales (Tabla 3-34).

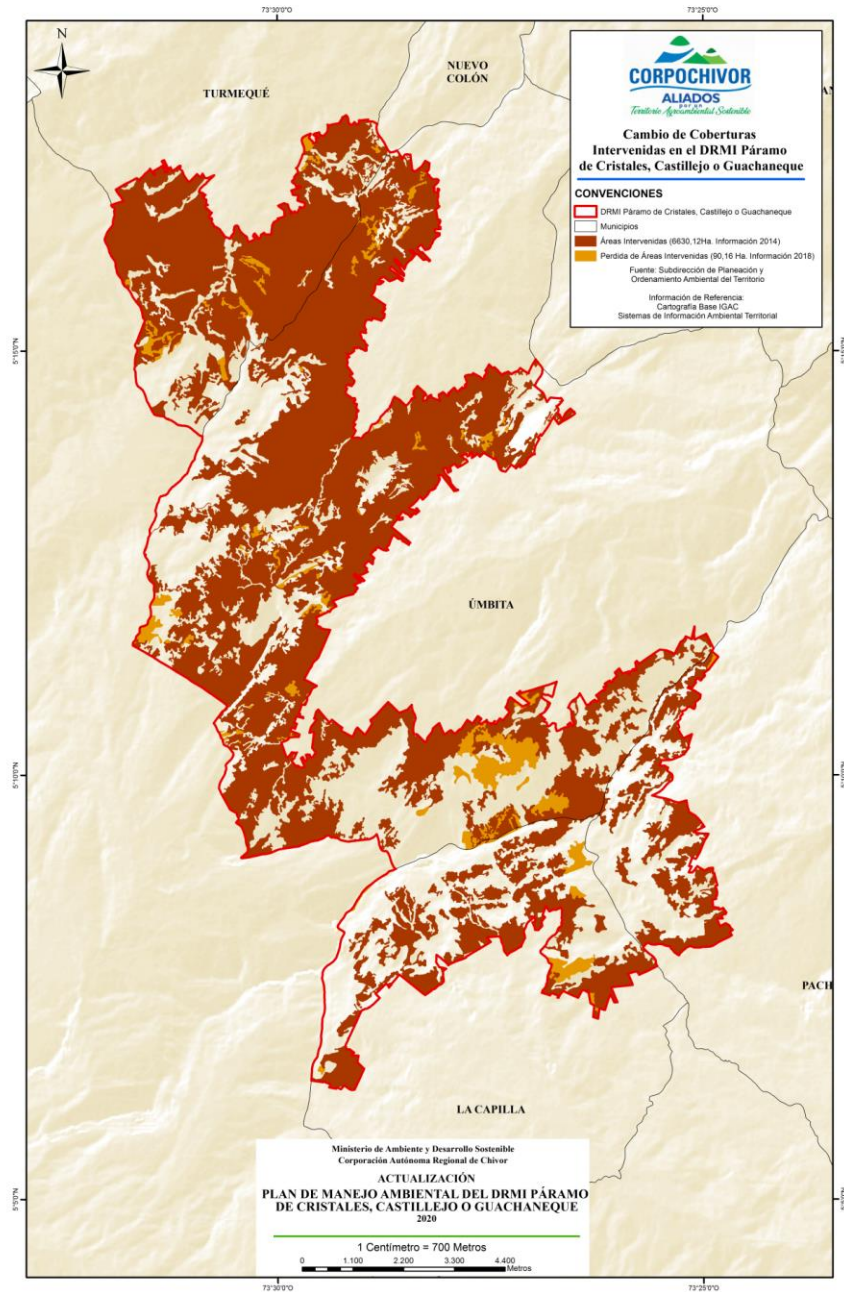
En la Tabla 3-34 coberturas presentes según CLC para los años 2014 y 2018, se observa que la cobertura que más domina el territorio para 2018 es la de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con un 28,53%; en el 2014 la cobertura que más dominaba era la de pastos limpios con un 40,09%, seguían en dominancia el Bosque abierto bajo de tierra firme (11%) y vegetación secundaria baja (16,24%). Para 2018 se evidencia disminución en el Bosque abierto bajo de tierra firme (0,16%), pero un aumento en el Bosque denso bajo de tierra firme (1,42%), Bosque denso alto de tierra firme (12,21%) y Bosque de galería y/o ripario (1,11%), lo que indica que la vegetación secundaria en transición que ocupaba un mayor porcentaje en el año 2014, ha logrado establecerse en el ecosistema, restaurando así la funcionalidad del mismo. Sin embargo, es importante resaltar que a pesar de que las coberturas naturales y seminaturales han logrado aumentar su porcentaje en el territorio del DRMI, las coberturas artificiales y/o intervenidas siguen ocupando un mayor porcentaje dentro del área del DRMI.

Figura 3-68. Análisis multitemporal de coberturas naturales en el DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

Figura 3-69. Análisis multitemporal de coberturas intervenidas DRMI Páramo de Cristales, Castillejo o Guachaneque.



Fuente: SIAT – CORPOCHIVOR, 2020.

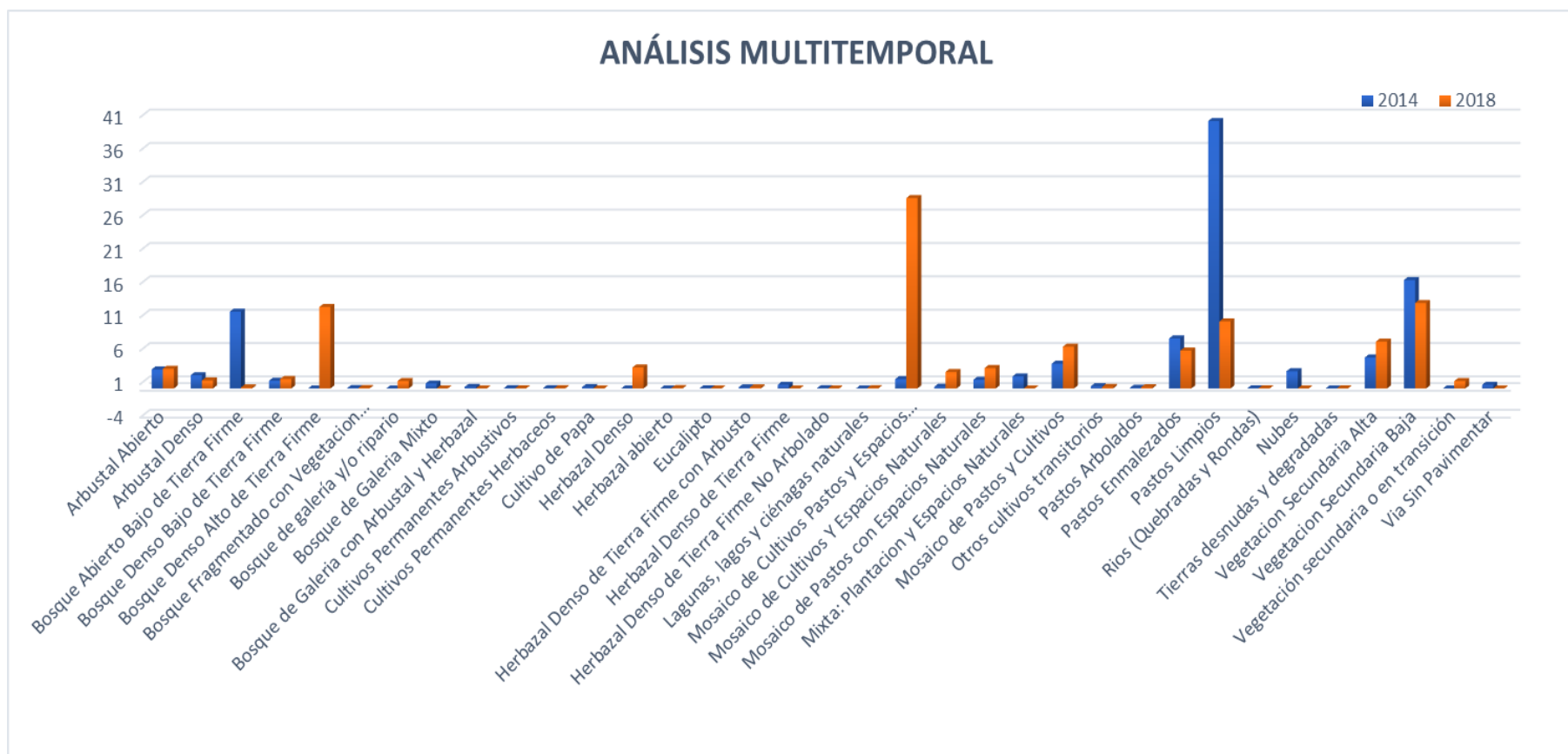
Tabla 3-34. Coberturas presentes según CLC para los años 2014 y 2018 en extensión (ha) y su cambio en porcentaje.

COBERTURAS	2014	2018	CAMBIO
Arbustal Abierto	329,13	340,91	0,11
Arbustal Denso	229,75	139,22	-0,79

Bosque Abierto Bajo de Tierra Firme	1331,95	18,87	-11,35
Bosque Denso Bajo de Tierra Firme	132,60	164,29	0,27
Bosque Denso Alto de Tierra Firme	0	1412,76	12,21
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	7,20	7,2	0
Bosque de galería y/o ripario	0	128,37	1,11
Bosque de Galería Mixto	84,56	0	-0,73
Bosque de Galería con Arbustal y Herbazal	26,52	0	-0,23
Cultivos Permanentes Arbustivos	5,04	1,12	-0,03
Cultivos Permanentes Herbáceos	3,87	3,88	0
Cultivo de Papa	23,28	0	-0,2
Herbazal Denso	0	364,35	3,15
Herbazal abierto	0	8,33	0,07
Eucalipto	0,82	0	-0,01
Herbazal Denso de Tierra Firme con Arbusto	18,80	18,8	0
Herbazal Denso de Tierra Firme	63,75	0	-0,55
Herbazal Denso de Tierra Firme No Arbolado	3,71	0	-0,03
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	5,62	0,05
Mosaico de Cultivos Pastos y Espacios Naturales	160,77	3302,07	27,14
Mosaico de Cultivos con Espacios Naturales	28,77	286,26	2,22
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	150,11	353,99	1,76
Mixta: Plantación y Espacios Naturales	208,81	0	-1,8
Mosaico de Pastos y Cultivos	428,88	724,96	2,55
Otros cultivos transitorios	38,27	25,34	-0,11
Pastos Arbolados	11,93	22,35	0,09
Pastos Enmalezados	867,10	655,57	-1,82
Pastos Limpios	4639,25	1163,46	-30,04
Ríos (Quebradas y Rondas)	1,74	1,74	0
Nubes	298,03	0	-2,58
Tierras desnudas y degradadas	0	0,99	0,01
Vegetación Secundaria Alta	535,68	812,36	2,39
Vegetación Secundaria Baja	1879,31	1481,77	-3,44
Vegetación secundaria o en transición	0	127,45	1,1
Vía Sin Pavimentar	63,20	0	-0,55

Fuente: POMCA río Garagoa, 2018.

Figura 3-70. Porcentaje de cobertura ocupada para los años 2014 y 2018 en el DRMI.



Fuente: Determinantes Ambientales Suelo Rural, 2018.

En la Figura 3-70 se aprecian las coberturas para 2014 (en azul) y las coberturas para 2018 (en rojo), donde se aprecian un notable aumento en las coberturas Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y Bosque denso alto de tierra firme y disminución en la cobertura de pastos limpios y vegetación secundaria baja, lo cual indica una restitución vegetal y aumento en las coberturas naturales.

En otros casos, los pastos limpios disminuyeron un 30% pero para dar paso a mosaicos y bosques, y en el caso de algunos pastos y cultivos, pasaron a ser pastos arbolados al 2018 probablemente por un periodo de abandono lo que facilita la regeneración.

Para el 2018, se presentaron bosques fragmentados, algunos con presencia de pastos y cultivos o vegetación secundaria, lo cual como se nombró indica que estos bosques son aprovechados de una u otra manera.

Considerando los parches de tamaño más grande, 3302 ha pertenecen a mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, seguido de vegetación secundaria baja con 1481,77 ha y bosque denso alto de tierra firme con 1412,76 ha, como los polígonos más grandes para el año 2018. Para el 2014, los parches más grandes fueron pastos limpios con 4639.25 ha, vegetación secundaria baja con 1879,31 ha y bosque abierto bajo de tierra firme con 1331,95 ha.

3.3 BIBLIOGRAFIA

Andean Geological Services - AGS – Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPOCHIVOR., (2014). *Actualización y socialización del Plan de Manejo Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) páramo Cristales, Castillejo o Guachaneque*, Congreso de la República de Colombia.

Corporación Autónoma de Cundinamarca – CAR. (2011), Plan de Manejo de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. “Thomas Van Der Hammen”. Anexo 10 CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE SUELO.

Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPOCHIVOR. (2020). *Equipo Técnico Proyecto Planificación y Ordenamiento Ambiental del Territorio, Subdirección de Planeación y Ordenación Ambiental del Territorio*.

Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPOCHIVOR. (2020). *Sistema de Información Ambiental Territorial – SIAT*.

Corporación Autónoma Regional de Chivor - Universidad Militar. (2009). *Complementación y Actualización del Estudio Sobre el Estado Actual del Área de Páramos en los Sectores de Bijagual, Mamapacha, Cristales y Castillejo, en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR y formular un Plan de Manejo Para Dichas Áreas*. Bogotá D. C.

Corporación Autónoma Regional de Chivor y Corporación Autónoma de Cundinamarca y Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Convenio Interadministrativo FONADE – CAR. Conservación y Manejo Sostenible de los Páramos Cristales, Castillejo, Cuchilla El Choque y nacimiento río Bogotá*. Bogotá D.C.

Determinantes ambientales suelo rural. (2018). Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR). Consultoría y servicios ambientales S.A.S. *Servicio de consultoría para el desarrollo de las determinantes ambientales de suelo rural como insumo de los planes de ordenamiento territorial de los municipios de la jurisdicción de Corpochivor*.

FONDO ADAPTACIÓN. (2014). *Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA de acuerdo con los Alcances Técnicos del Proyecto*. Bogotá D.C.

IDEAM, (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*, Bogotá, D. C.

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del Río Grande de La Magdalena. Bogotá D.C.

IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D.C.: Publicaciones IDEAM.

IDEAM. (2014). *Estudio Nacional de Aguas*, Bogotá, D. C., Colombia.

IGAC – UPTC. (2005). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Boyacá. Bogotá D. C., 158 p.

IGAC-ORSTOM. (1984). Estudio Regional Integrado del Altiplano Cundiboyacense. p 219. Bogotá.

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

POMCA Río Garagoa. (2018). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR), Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá) y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). *Ajuste (actualización) del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del Río Garagoa – POMCA, (código 3507), en el marco del proyecto “incorporación del componente de gestión del riesgo como determinante ambiental del ordenamiento territorial en los procesos de formulación y/o actualización de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas afectadas por el fenómeno de la niña 2010-2011. Contrato de Consultoría N° 201-2015, celebrado entre la Corporación Autónoma de Chivor y el Consorcio río Garagoa”*.

Rivera, D y Rodríguez, C. (2011). *Guía divulgativa de criterios para la delimitación de páramos de Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

SGC. Hincapié, G., Huguet, A. (2003-2004). *Atlas Hidrogeológico de Colombia, Plancha 5-09, Escala 1:500.000, Memoria Técnica*, Bogotá D.C.