



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

**DELIMITACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y
MIRAFLORES CONTRATO DE COOPERACIÓN CINTÍFICA Y
TECNOLÓGICA No. 292 DEL 1 DE OCTUBRE DEL 2013**



SAN JUAN DE PASTO, DICIEMBRE 31 DEL 2013

Pasto-Nariño-Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	17
1.1	MARCO CONCEPTUAL.....	17
1.2	MARCO NORMATIVO	21
2.	DELIMITACIÓN GEOMORFOLOGICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES	31
2.1	ASPECTOS GENERALES.....	31
2.2	METODOLOGÍA	32
2.2.1	Recopilación y Revisión de Información	36
2.2.2	Procesamiento de imágenes satelitales	36
2.2.3	Procesamiento de modelo de elevación.....	39
2.2.4	Interpretación de Unidades.....	42
2.2.5	Construcción Del Mapa Geomorfológico.....	44
2.2.6	Movimientos En Masa.....	51
2.2.7	Caracterización De Geoformas.....	53
2.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS GEOLÓGICO	59
2.3.1	Geología regional	59
2.3.2	Geología Local	64
2.3.3	Geología Estructural	81
2.4	ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO	83
2.4.1	Geoformas en ambiente morfogenético volcánico	87
2.4.2	Geoformas en ambiente morfogenético denudacional	90
2.4.3	Geoformas en ambiente morfogenético fluvial	95
2.4.4	Geoformas en ambiente morfogenético antropogénico.....	115
2.4.5	Ronda hídrica de los ríos Pasto y Miraflores.....	116
3.	DELIMITACIÓN HIDROLOGICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES.	123
3.1	ASPECTOS GENERALES.....	123
3.2	INFORMACIÓN HIDROMETRICA DISPONIBLE	125
3.3	SERIES DE DATOS	128
3.3.1	Marco Teórico: Pruebas de Hipótesis.....	131
3.3.2	Nivel de significancia	132

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

3.3.3	Pruebas de Independencia	138
3.3.4	Pruebas de Homogeneidad	140
3.4	ANÁLISIS DE FRECUENCIA PUNTUAL.....	145
3.4.1	Métodos de Selección de Distribuciones.....	147
3.4.2	Técnica del Error Estándar de Ajuste	151
3.4.3	Programa Estadístico Empleado.....	152
3.5	APLICACIÓN DE PRUEBAS DE HIPÓTESIS	155
3.5.1	Pruebas de Homogeneidad	156
3.5.2	Pruebas de Independencia	166
3.6	APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA	171
3.7	REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA –REGIONES HOMOGÉNEAS.....	183
3.7.1	Método de los Trazos Multidimensionales.....	184
3.7.2	Delimitación de regiones hidrológicas homogéneas	186
3.7.3	Características Fisiográficas Analizadas	187
3.7.4	Trazos Multidimensionales – Recurrencia 2,33 Años.....	189
3.7.5	Trazos Multidimensionales – Recurrencia 5, 10 y 15 Años.....	191
3.7.6	Trazos Multidimensionales – Recurrencia 25 Años.....	192
3.7.7	Trazos Multidimensionales – Recurrencias 50 y 100 Años	193
3.7.8	Resultados Obtenidos con la Definición de Regiones Homogéneas.....	195
3.8	DEFINICIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO PARA LAS RONDAS HÍDRICAS	196
3.8.1	Río Pasto.....	196
3.8.2	Río Miraflores	201
3.9	DELIMITACIÓN DE RONDAS HÍDRICAS CON CRITERIOS HIDROLÓGICOS.....	204
3.9.1	Criterios De Selección Del Software.....	204
3.9.2	Características Del Software Hec-Ras.....	206
3.9.3	Datos de entrada al modelo previos a la simulación.	208
3.9.4	Introducción de datos hidráulicos al programa.....	212
3.9.5	Simulación hidráulica de los cauces.....	214
3.10	LECTURA PARTICIPATIVA Y DELIMITACIÓN TERRITORIAL.....	223
3.10.1	Río Pasto.....	224
3.10.2	Río Mirflores	233
4.	DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES.....	238
4.1	ASPECTOS GENERALES.....	238

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

4.1.1	Río Pasto.....	242
4.1.1.1	Zona de vida. Páramo Sub Andino. (P-SbA).....	242
4.1.1.2.	Zona de vida. Bosque Húmedo Montano (Bh-M).....	250
4.1.1.3.	Zona de vida. Bosque seco montano bajo (Bs-MB).....	256
4.1.2	Río Miraflores	262
4.1.2.1	Bosque Muy Húmedo Montano (Bmh-M).	262
4.1.2.2	Zona de vida. Bosque Húmedo Montano (Bh-M).	266
4.1.2.3	Zona de vida. Bosque seco montano bajo (Bs-MB).	272
4.2	METODOLOGÍA	276
4.2.1	Área de Estudio.	276
4.2.1.1	Río Pasto.	277
4.2.1.2	Río Miraflores.....	282
4.2.2	Levantamiento de inventario florístico.....	285
4.2.2.1	Unidades de muestreo.	285
4.2.2.2	Inventario.	286
4.2.2.3	Muestreo.	291
4.2.2.4	Diseño de muestreo.....	291
4.2.2.5	Estimación del tamaño mínimo y número de Unidades Muestrales (UM).	295
4.2.2.6	Forma de la Unidad Muestral	298
4.2.3	Sistematización procesamiento de la información.	303
4.2.4	Cálculo de atributos dasométricos e índices estructurales.	304
4.2.5	Estimación de los parámetros.....	305
4.2.5.1	Abundancia Relativa (ARi)	305
4.2.5.2	Dominancia Relativa (DRi)	306
4.2.5.3	Frecuencia Relativa (FRi).....	306
4.2.5.4	Índice de Valor de Importancia (IVI)	307
4.3	DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA RÍO PASTO.	307
4.3.1	Paramó Sub – Andino.....	308
4.3.1.1	Fisonomía.....	308
4.3.1.2	Composición Florística.	309
4.3.1.3	Índice de Valor de Importancia.	316
4.3.2	Bosque Húmedo Montano.....	318
4.3.2.1	Fisonomía.....	318
4.3.2.2	Composición Florística.	318
4.3.2.3	Indice de valor de importancia.....	331
4.3.3	Bosque seco montano bajo.	333

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

4.3.3.1	Fisionomía.	333
4.3.3.2	Composición florística.	333
4.3.3.3	Índice de valor de Importancia.	343
4.4	DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA RÍO MIRAFLORES.	344
4.4.1	Bosque Muy Húmedo - Montano.	345
4.4.1.1	Fisionomía.	345
4.4.1.2	Composición Florística.	346
4.4.1.3	Índice de Valor de Importancia.	355
4.4.2	Bosque Humedo Montano (Bh-M).	356
4.4.2.1	Fisionomía.	356
4.4.2.2	Composición florística.	357
4.4.2.3	Índice de valor de Importancia.	366
4.4.3	Bosque seco montano bajo.	367
4.4.3.1	Fisionomía.	367
4.4.3.2	Composición florística.	368
4.4.3.3	Índice de Valor de Importancia.	376
5.	CONCLUSIONES.	378
6.	RECOMENDACIONES.	384
7.	BIBLIOGRAFÍA.	387

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios y cartografía geológica existente para la zona de estudio.....	37
Tabla 2. Unidades de Relieve/Modelado considerado en el análisis geomorfológico	48
Tabla 3. Clasificación de las Pendientes del Terreno	54
Tabla 4. Clasificación de las curvaturas del terreno.....	55
Tabla 5. Rasgos de erosión considerados en el análisis y su nivel de intensidad.....	55
Tabla 6. Clases y grados de meteorización.....	58
Tabla 7. Unidades de Paisaje Geomorfológicas a escala 1:100.000	84
Tabla 8. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos volcánico	88
Tabla 9. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos denudacional	91
Tabla 10. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río Miraflores	94
Tabla 11. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río Pasto	97
Tabla 12. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río Pasto	98
Tabla 13. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos fluvial	99
Tabla 14. Atributos de geoforma abanico aluviales	104
Tabla 15. Atributos de geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Pasto	108
Tabla 16. Atributos de geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Pasto	109
Tabla 17. Atributos de la geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Miraflores	111
Tabla 18. Atributos de la geoforma depósitos complejos próximas al cauce del río Pasto	114
Tabla 19. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos volcánico.....	115
Tabla 20. Geoformas y áreas en la ronda geomorfológica del río Pasto	120
Tabla 21. Geoformas y áreas en la ronda geomorfológica del río Miraflores.....	122
Tabla 22. Series de caudales máximos diarios anuales [m ³ /s].	129
Tabla 23. Series de lluvias máximas diarias anuales [mm]. Fuente: IDEAM.....	130
Tabla 24. Distribuciones de probabilidad y métodos de ajuste programadas	154
Tabla 25. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Universidad..	158
Tabla 26. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Universidad	158
Tabla 27. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Centenario....	159

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 28. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Centenario	160
Tabla 29. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow serie Wilquipamba	160
Tabla 30. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Wilquipamba	161
Tabla 31. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Botana	162
Tabla 32. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Botana	163
Tabla 33. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Obonuco	164
Tabla 34. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Obonuco	165
Tabla 35. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Universidad.....	172
Tabla 36. Caudales [m ³ /s] asociados a distintos tiempos de retorno. Estación Universidad.	174
Tabla 37. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Centenario.....	174
Tabla 38. Caudales [m ³ /s] asociados a distintos tiempos de retorno. Estación Centenario. Distribución: Exponencial β (Momentos y Máxima verosimilitud).....	176
Tabla 39. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Wilquipamba.....	177
Tabla 40. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Wilquipamba Distribución: Gumbel (Momentos L)	177
Tabla 41. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Botana	179
Tabla 42. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Botana Distribución: Gumbel (Momentos L).....	180
Tabla 43. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Obonuco.....	181
Tabla 44. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Obonuco Distribución: Gumbel (Momentos L)	182
Tabla 45. Características fisiográficas empleadas	188
Tabla 46. Coeficientes de correlación para 2,33 años de TR	190
Tabla 47. Coeficientes de correlación para 5, 10 y 15 años de TR	191
Tabla 48. Coeficientes de correlación para 25 años de TR	192
Tabla 49. Coeficientes de correlación para 50 y 100 años de TR	194
Tabla 50. Características fisiográficas cuencas de aporte tramos	198

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 51. Caudales para 2 años de recurrencia para el río Pasto entre sus nacientes y la estación Centenario.....	198
Tabla 52. Caudales de diseño [m ³ /s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Pasto entre las nacientes y la estación Centenario	199
Tabla 53. Caudales de diseño [m ³ /s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Pasto entre la estación Centenario y la estación Universidad.....	201
Tabla 54. Características fisiográficas cuencas de aporte río Miraflores por tramos.....	202
Tabla 55. Caudales de diseño [m ³ /s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Miraflores entre las nacientes y la confluencia con el río Pasto	203
Tabla 56. Tramos identificados para levantamiento de información en el río Pasto.....	225
Tabla 57. Eventos asociados a inundaciones, Río Pasto.	227
Tabla 58. Tramos identificados para levantamiento de información en el río Miraflores.	233
Tabla 59. Eventos asociados a inundaciones, Quebrada Miraflores.	234
Tabla 60. Puntos de muestreo río Pasto.....	287
Tabla 61. Puntos de muestreo Río Miraflores.	289
Tabla 62. Tamaño mínimo de la unidad muestral por tipo de bosque.....	293
Tabla 63. Constante de muestras por número de Hectáreas.	296
Tabla 64. Composición Florística para la zona de vida 1 – Páramo Sub Andino.	310
Tabla 65. Composición Florística Zona 2 - Bosque Húmedo Montano.....	319
Tabla 66. Composición florística Zona de vida 3 – Bosque Seco Montano Bajo.....	334
Tabla 67. Composición florística zona de vida 1. Bosque muy húmedo montano.	347
Tabla 68. Composición Florística para la zona 2 – Bosque Húmedo Montano. Río Miraflores.	358
Tabla 69. Composición florística zona de vida 3. Bosque seco montano bajo.	369

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Definición de la ronda hídrica en términos del artículo 206 de la Ley 1450 de 2011	18
Figura 2. Componentes de las rondas hídricas	20
Figura 3. Flujograma que resume el modelo metodológico. Fuente: INGEOMINAS, 2011.	34
Figura 4. Cobertura de Imágenes satelitales adquiridas para la interpretación de Geoformas	38
Figura 5. Combinación de Bandas RGB (Rojo-Verde-Azul) utilizada para delimitación de Geoformas	39
Figura 6. Cobertura del Modelo de Elevación por escala.....	40
Figura 7. Esquema que describe las siete taxas consideradas en el nivel 3.....	47
Figura 8. Clasificación de Procesos de Movimientos en masa.	52
Figura 9. Unidades litoestratigráficas en el área de estudio a escala 1:100.000.....	62
Figura 10. Corte transversal del Complejo Volcánico Galeras.	68
Figura 11. Unidades Geológicas superficiales de la Ciudad de Pasto.....	71
Figura 12. Mapa Geomorfológico escala 1:100.000. Fuente: Fundagüiza – Corponariño, 2011.	85
Figura 13. Ladera en flujo de piroclastos (Flecha negra) y en piroclastos (flecha blanca) en el cerro Tescual.....	90
Figura 14. Ladera de disección fluvial en la zona alta del río Miraflores.	95
Figura 15. Lecho actual del Pasto (Arriba) y Miraflores (Abajo)	102
Figura 16. Canalización del río Miraflores.	102
Figura 17. Abanico aluvial de quebrada que tributa al río Pasto a a la altura del Colegio Militar.	103
Figura 18. Terraza alta en la Universidad de Nariño.....	105
Figura 19. Terraza baja a ambas del río Pasto con y sin infraestructura (arriba y abajo) en el Sector de la Riviera – Morasurco.	107
Figura 20. Terraza baja del río Miraflores en el sector de Parques de Chapalito.....	112
Figura 21. Escarpes de Terraza del Río Pasto, en terraza baja del sector morasurco (arriba) y terraza alta en la Universidad de Nariño (abajo)	113

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 22. Ubicación de estaciones en estudio referidas a la cuenca del Río Pasto y Miraflores.	127
Figura 23. Región de rechazo y aceptación en la distribución normal.	138
Figura 24. Tabla de Kn para prueba de datos atípicos de Chow.	141
Figura 25. Correlograma de Anderson para la serie de caudales máximos diarios anuales.	166
Figura 26. Correlograma de Anderson para la serie de caudales máximos diarios anuales.	167
Figura 27. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales. Estación Wilquipamba.....	168
Figura 28. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales. Estación Botana	169
Figura 29. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales. Estación Obonuco.....	170
Figura 30. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Máxima verosimilitud) a la serie de caudales de la estación Universidad	173
Figura 31. Ajuste gráfico de las distribuciones Exponencial β (Momentos y Máxima verosimilitud) a la serie de caudales de la estación Centenario	175
Figura 32. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Wilquipamba.....	178
Figura 33. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Botana	180
Figura 34. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Obonuco.....	182
Figura 35. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 2,33 años.....	190
Figura 36. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 25 años.....	193
Figura 37. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 50 y 100 años.....	194
Figura 38. Interfaz del software HEC RAS.	209
Figura 39. Características Geométricas de cada perfil en el software HEC RAS.	211
Figura 40. Morfometría del Río Pasto, representada en la plataforma de HEC-RAS.....	211
Figura 41. Morfometría río Miraflores, representada en la plataforma de HEC-RAS.....	212
Figura 42. Datos hidráulicos del cauce con Tiempo de retorno de 15 y 100 años Río Pasto	214

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 43. Ronda Hídrica río Miraflores, sector avenida Chile con tiempo de retorno a 2 años.	217
Figura 44. Ronda Hídrica río Pasto, sector Morasurco con tiempo de retorno a 2 años. ...	218
Figura 45. Ronda Hídrica río Miraflores, sector avenida Chile con tiempo de retorno a 15- 100 años.	220
Figura 46. Ronda Hídrica río Pasto, sector Parque Bolivar con tiempo de retorno a 15-100 años.	221
Figura 47. Ronda Hídrica río Pasto, sector Morasurco con tiempo de retorno a 15-100 años.	222
Figura 48. Registro fotográfico, taller en Corregimiento de La Laguna.	229
Figura 49. Registro fotográfico, taller en Condominio Pinar del rio.	230
Figura 50. Registro fotográfico, taller en Condominio Pucalpa III.	231
Figura 51. Registro fotográfico, taller en Barrio Morasurco.	232
Figura 52. Registro fotográfico, taller en Vereda San José de Catambuco.	235
Figura 53. Registro fotográfico, taller en el Barrio Las Lunas.	236
Figura 54. Zona de vida Páramo Sub – Andino, Río Pasto	278
Figura 55. Zona de Vida Paramo Sub – Andino, Río Pasto.	278
Figura 56. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano, Río Pasto.	279
Figura 57. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano, Río Pasto.	279
Figura 58. Zona de Vida Bosque Seco Montano Bajo, Río Pasto.	280
Figura 59. Zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Pasto.	281
Figura 60. Zona de vida Bosque muy húmedo montano (Bmh-M)	283
Figura 61. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano (Bh-M).	284
Figura 62. Zona de vida Bosque seco Montano Bajo (Bsm-B).	285
Figura 63. Medición de diámetro a nivel del pecho, DAP.	300
Figura 64. Trazado de la parcela en la zona de estudio.	301
Figura 65. Medida transecto Gentry.	301
Figura 66. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Páramo Sub Andino. Rio Pasto.	312
Figura 67. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Páramo Sub Andino. Rio Pasto.	314
Figura 68. Cobertura relativa de las especies encontradas en la zona de vida de Páramo Sub Andino. Rio Pasto.	315

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 69. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Páramo Sub Andino. Rio Pasto.	316
Figura 70. Valor de importancia de las especies encontradas en la zona de vida Paramo sub-andino. Rio Pasto.....	317
Figura 71. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.	326
Figura 72. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Rio Pasto.	327
Figura 73. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.	329
Figura 74. Cobertura relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.	330
Figura 75. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Bosque Húmedo montano. Rio Pasto.	331
Figura 76. Valor de importancia de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano, Rio Pasto.	332
Figura 77. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.....	338
Figura 78. Frecuencia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.....	339
Figura 79. Abundancia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.	341
Figura 80. Cobertura relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.....	342
Figura 81. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Bosque Seco montano Bajo. Rio Pasto.	343
Figura 82. Valor de importancia de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.	344
Figura 83. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.....	350
Figura 84. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.	351

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 85. Cobertura relativa de las especies encontradas en la zona de vida de Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.....	353
Figura 86. Densidad relativa de las especies encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.....	354
Figura 87. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.	354
Figura 88. Valor de importancia de las especies encontradas en la zona de vida (Bmh-M), Río Miraflores.	355
Figura 89. Especie de mayor IVI en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. (<i>Verbesina arborea</i>).	356
Figura 90. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano. Río Miraflores.	361
Figura 91. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Río Miraflores.	362
Figura 92. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Río Miraflores.	363
Figura 93. Cobertura relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Río Miraflores.	365
Figura 94. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida de Bosque Húmedo montano. Río Miraflores.....	366
Figura 95. Valor de importancia de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Cuenca media del Río Miraflores.....	367
Figura 96. Especie con valor alto de IVI en la zona de vida Bosque húmedo montano. (<i>Viburnum triphyllum</i>).....	368
Figura 97. Numero de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Miraflores.....	372
Figura 98. Frecuencia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Miraflores.	372
Figura 99. Abundancia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Miraflores.....	373
Figura 100. Cobertura relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Miraflores.	375



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 101. Rango de alturas promedio de especies encontradas en la zona de vida de Bosque Seco montano Bajo. Rio Miraflores. 376

Figura 102. Valor de importancia de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Miraflores. 377

INTRODUCCIÓN

El mal manejo de las rondas hídricas, su deterioro y el de los recursos naturales asociados a ellas, hace que sea prioritario su delimitación por medio de criterios técnicos adecuados necesarios para definir medidas de manejo para su protección y conservación.

Es por ello, que la Corporación Autónoma Regional De Nariño con el fin de dar cumplimiento de lo establecido en el literal d) del Decreto Ley 2811 de 1974 y establecer así las medidas de protección y conservación que requiere la faja paralela a los cuerpos de agua procede a realizar el contrato de cooperación científica y tecnológica no. 292 del 1 de octubre del 2013 con el fin de delimitar la ronda hídrica de los ríos Pasto y Miraflores

La delimitación presentada tiene como fundamento conceptual la funcionalidad del sistema fluvial, es decir que la ronda se entiende como el espacio necesario para que el sistema fluvial cumpla con sus funciones hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias del mismo. Por tal razón su delimitación o acotamiento parte del entendimiento de la dinámica natural de la corriente o cuerpo de agua a la cual se le va delimitar la ronda hídrica.

El documento aquí presentado consta de cuatro (4) capítulos distribuidos de la siguiente manera:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- En el capítulo 1 se desarrolla el marco conceptual y normativo de la delimitación de rondas hídricas.
- En los capítulos 2, describe en detalle el proceso metodológico para la definición del componente geomorfológico para la delimitación de las rondas hídricas.
- En los capítulos 3, describe en detalle el proceso metodológico para la definición del componente hidrológico para la delimitación de las rondas hídricas.
- En los capítulos 4, describe en detalle el proceso metodológico para la definición del componente ecosistémico de la delimitación de las rondas hídricas.
- En el capítulo 5 y capítulo 6 se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

1. GENERALIDADES

1.1 MARCO CONCEPTUAL

Las rondas hídricas se definen como: *"zonas o franjas de terreno aledañas a los cuerpos de agua que tienen como fin permitir el normal funcionamiento de las dinámicas hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias de dichos cuerpos de agua"*.

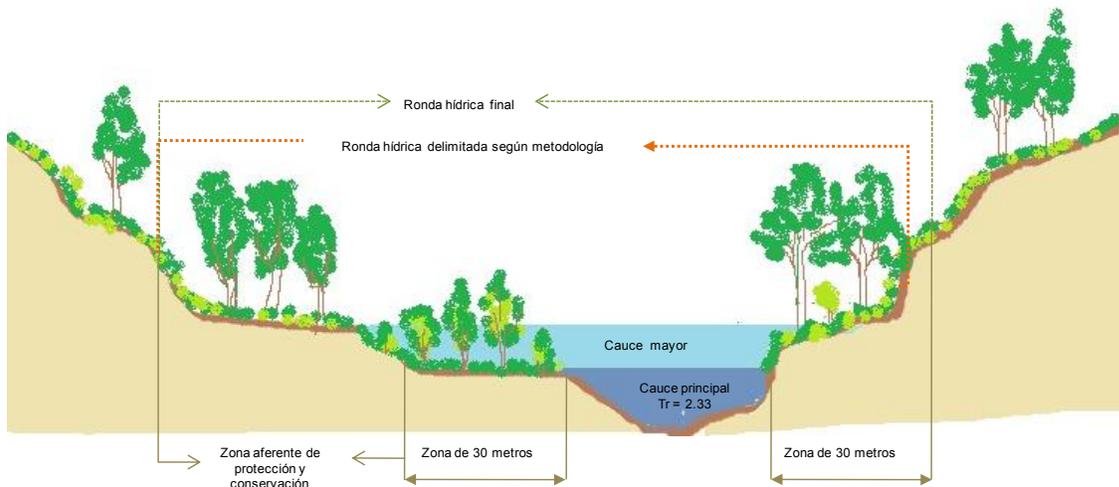
Por otra parte, la Ley 1450 de 2011 define la ronda hídrica en su artículo 206 como: *"...la faja paralela a los cuerpos de agua a que se refiere el literal d) del artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el área de protección o conservación aferente..."*. Es decir que está conformada por: *"...una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho..."*. Más una área de protección o conservación aferente a la misma.

La ronda hídrica en los términos que se define en la Ley 1450 de 2011 se determinará según el procedimiento que propone la guía de acotamiento de las rondas hídricas propuesta por la Universidad Nacional de Colombia; asumiendo que los primeros 30 metros de la ronda hídrica, tomados a partir del nivel medio de aguas máximas, que corresponde al valor promedio de los niveles máximos anuales considerando al menos 20 años de registro (al promedio de los eventos de crecida máximos anuales se ha asociado un periodo de retorno

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de 2,33 años y se considera que éste llena completamente la sección de lo que en esta guía se ha denominado cauce principal), corresponden a la faja paralela a la cual hace referencia el artículo 83 del decreto en mención, y que la faja de terreno restante, si la ronda hídrica es mayor de 30 metros, es la faja de protección aferente como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Definición de la ronda hídrica en términos del artículo 206 de la Ley 1450 de 2011



Fuente:(Universidad Nacional de Colombia, 2012)

Si aplicada la metodología, la ronda hídrica es menor de 30 metros, se delimita ésta midiendo desde el cauce principal del cuerpo de agua, 30 metros. Es decir, que la ronda hídrica no será menor de 30 metros.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En consecuencia, los primeros 30 metros de la ronda hídrica, medidos desde el cauce principal, es un bien inembargable e imprescriptible del Estado en los términos que lo establece el artículo 83 del Decreto Ley 2811 de 1974, salvo en los casos que se tengan derechos adquiridos. La siguiente faja, sea cual sea su extensión, puede ser privada o pública, aquí lo que se restringe es el uso de la ronda hídrica, ya que su destinación será primordialmente de protección.

Por su parte el cauce y su entorno constituyen la parte más dinámica del sistema fluvial. Allí se realizan actividades culturales y económicas de ocupación temporal y goce del territorio y el aprovechamiento de sus recursos naturales (en el cuerpo de agua, en el lecho y en las riberas).

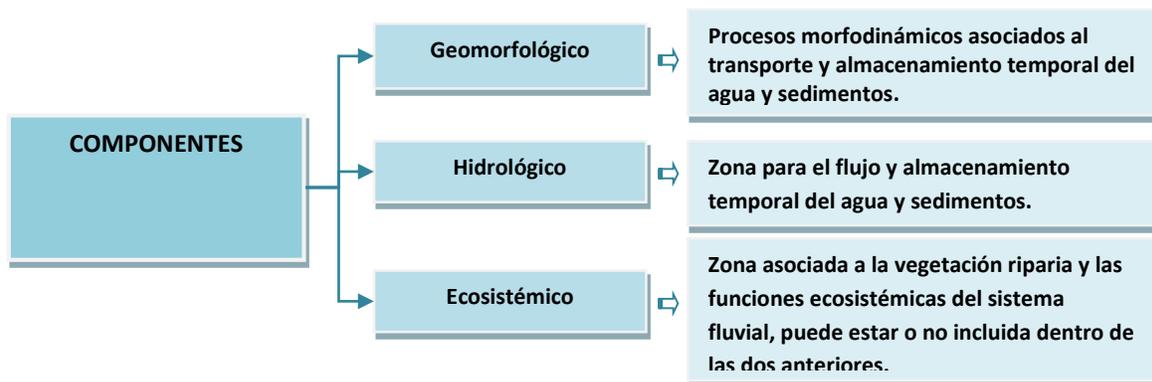
Las rondas hídricas se definen como el espacio necesario para el desarrollo de la dinámica natural del sistema fluvial, donde se puede realizar sin restricciones sus funciones hidrológicas y geomorfológicas (flujo y almacenamiento temporal de agua y sedimentos, ajuste de la forma del cauce y sus patrones de alineamiento), así como sus funciones ecosistémicas. La ronda hídrica así definida, es una zona que no es estática en el tiempo ni en el espacio, puesto que varía según el comportamiento de los factores que la definen y determinan.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En consecuencia y con el fin de garantizar la dinámica del sistema fluvial, se especifican tres componentes de las rondas hídricas, como se muestra en la Figura 2. Estos están a su vez constituidos por las necesidades de espacio para un buen desempeño de las funciones geomorfológicas, hidrológicas y ecosistémicas. Así las rondas quedan definidas por la envolvente de estos tres componentes de los cuales, según la condición particular, uno solo es determinante en la definición del límite de la ronda hídrica.

Además, las rondas deben incluir el espacio necesario para garantizar las actividades culturales y económicas, de una manera sostenible, sin interrumpir la dinámica natural del sistema fluvial, y favoreciendo la convivencia y el bienestar de la comunidad.

Figura 2. Componentes de las rondas hídricas



Fuente: (Universidad Nacional de Colombia, 2012)

1.2 MARCO NORMATIVO

El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente Decreto 2811 de 1974, establece una regulación en términos de propiedad con relación a las zonas paralelas a los cauces permanentes. En el Artículo 83, literal D, consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 metros es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. Asimismo, el Decreto establece las normas para la explotación y ocupación de cauces, playas y lechos; las servidumbres de riberas, la construcción y funcionamiento de obras hidráulicas; el uso, la conservación y la preservación de cauces y aguas.

El Decreto consagra que para la explotación y ocupación de cauces, playas y lechos se requiere de permisos de la autoridad correspondiente. En la explotación la regulación menciona la extracción de material de arrastre (artículo 99), y la exploración y explotación de minerales (artículo 100). El artículo 101 ordena “...*la suspensión provisional o definitiva de las explotaciones de que se derive peligro grave o perjuicio para las poblaciones y las obras o servicios públicos...*”. Con relación a la ocupación del cauce el Decreto señala las obras (artículo 102), la prestación de servicios como turismo, deporte, recreación (artículo 103); y el artículo 104 promulga que la ocupación permanente en las playas de los cauces

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

solo se permite para la navegación, y que la transitoria requiere de autorización con excepción de la pesca de subsistencia (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

En la servidumbre de riberas el Decreto consigna: “...*Los dueños de predios ribereños están obligados a dejar libre de edificaciones y cultivos el espacio necesario para los usos autorizados por ministerio de la ley, o para la navegación, o la administración del respectivo curso o lago, o la pesca o actividades similares. En estos casos solo habrá lugar a indemnización por los daños que se causaren...*” (artículo 118).

Para la autorización de la obras hidráulicas, el Decreto 2811 de 1974 obliga la realización de estudios para captar, controlar, conducir, almacenar, o distribuir el caudal (artículo 120). Y en el uso, la conservación y la preservación de cauces y aguas el artículo 132 establece: “...*Sin permiso, no se podrán alterar los cauces, ni el régimen y la calidad de las aguas, ni interferir su uso legítimo... Se negará el permiso cuando la obra implique peligro para la colectividad, o para los recursos naturales, la seguridad interior o exterior o la soberanía Nacional...*”

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Así mismo, el Decreto 2811 de 1974 estipuló las áreas forestales protectoras, productoras y protectoras-productoras; así como las áreas de reserva forestal de la Ley 2 de 1959. En el artículo 204 estableció:

"...Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque."

Poco tiempo después de la expedición del Código de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente se firmaron varias disposiciones, entre las cuales se encuentran los Decretos 877 de 1976, 1449 de 1977, 1541 de 1978, 2857 de 1981 y 1594 de 1984.

El Decreto 877 de 1976 establece que para considerar Áreas Forestales Protectoras se deben tener en cuenta varios criterios, algunos de los cuales son: áreas de influencia sobre nacimientos de agua de ríos y quebradas; áreas en las que sea necesario controlar deslizamientos, cauces torrenciales, y entre otras amenazas; y áreas con abundancia y variedad de fauna silvestre acuática y terrestre. Por su parte, el Decreto 1449 de 1977

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

consagra en su artículo 3 literal b, que los propietarios de predios rurales tienen la obligación de mantener cobertura boscosa en Áreas Forestales Protectoras, dentro de las cuales define como tal una faja de terreno no inferior a 30 metros de ancha paralela a las líneas máximas de marea, a los lados de los cauces y alrededor de lagos o depósitos de agua (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

El Decreto 1541 de 1978 artículo 11 establece que el terreno que ocupa un cauce natural alcanza a llegar hasta los niveles máximos de las crecientes ordinarias, y que los lechos de depósito natural son hasta donde llegan los niveles ordinarios por lluvias o deshielos. En el artículo 12 plantea que: “...*Playa fluvial es la superficie de terreno comprendida entre la línea de las bajas aguas de los ríos y aquellas a donde llegan éstas, ordinarias y naturalmente en su mayor incremento...*”.

Con relación al ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas en el Código de Recursos Naturales (Título II, capítulo III) se consagra el tema de la ordenación de las cuencas hidrográficas. La reglamentación estuvo regida anteriormente por los Decretos 2857 de 1981 y 1729 de 2002, derogados actualmente por el Decreto 1640 de 2012. Esta última reglamentación determina en el artículo 19 numeral 2, que la ordenación de las cuencas se hará teniendo en cuenta las rondas hídricas. En el artículo 28 numeral 4 dice que para la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

armonización de los instrumentos de planificación y de los planes de manejo ambientales deben ser delimitadas las rondas hídricas. En el artículo 35 define que el ordenamiento y manejo de cuencas, durante su fase de formulación, debe identificar los cuerpos de agua priorizadas para la definición de la ronda hídrica. Y finalmente, el artículo 46 establece que las Comisiones Conjuntas tienen la función de hacer recomendaciones para el acotamiento de las rondas.

La Ley 79 de 1986, que regula la conservación del agua, define en su artículo 1 como Áreas de Reserva Forestal los bosques y vegetación que se encuentran en los nacimientos de agua permanentes o no en una extensión no inferior a 200 metros a la redonda; así como los que se encuentran en una franja no inferior a 100 metros a cuerpos de agua que presten alguno de los servicios especificados en dicha Ley como son los hidroeléctricos, los acueductos, los agrícolas, etc. Conforme a la Ley, la finalidad de las Áreas de Reserva Forestal es la conservación y preservación del agua.

Con la Constitución Política de 1991 se instauraron derechos colectivos y del medio ambiente. El artículo 79 instituye el derecho de todas las personas de gozar de un ambiente sano; así como el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica. El artículo 80 establece como

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

obligación del Estado la planificación, el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. Igualmente, el artículo 82 dispone que es deber del Estado velar por la protección e integridad del espacio público y por su destinación al uso común.

En el artículo 8 de la Constitución Política de 1991 también se establece como obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación. El artículo 58 determina que es inherente a la propiedad una función ecológica. El artículo 63 consagra que los bienes públicos son inalienables, imprescriptibles e inembargables. Y finalmente el artículo 95 plantea que es un deber de las personas proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

En 1993, como desarrollo de la Carta Política de 1991 y compromiso del Estado Colombiano a la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, se aprueba la Ley 99 que organizó el Sistema Nacional Ambiental (SINA), creó el Ministerio del Medio Ambiente y reordenó el sector público para la gestión y conservación del medio ambiente. En el artículo 1 numeral 6 determinó el principio de precaución (Universidad Nacional de Colombia, 2012):

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

“La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente”

También al instituir las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) en el Título VI, dentro del artículo 31, se determinan para las CAR las siguientes funciones con relación a las rondas hídricas:

- **Las CAR pueden otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias para el aprovechamiento de recursos naturales o el desarrollo de actividades que puedan afectar el medio ambiente.**
- **Tienen la función de ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas.**
- **Tienen que promover y ejecutar obras de protección de inundaciones, o hacer recuperación de tierras que sean necesarias para la protección y manejo de cuencas hidrográficas en coordinación con el ya liquidado Instituto Nacional de Adecuación de Tierras.**

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Las CAR deben hacer actividades de prevención y control de desastres.**

Por su parte, la Ley 388 de 1997 de ordenamiento territorial en su artículo 35 define

la categoría del suelo clasificado como de protección de la siguiente manera:

“Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse.”

Esta Ley en su artículo 104 numeral 1 establece que quienes parcelen, construyan o urbanicen en terrenos de protección ambiental o en zonas calificadas como de riesgo, como son las rondas de cuerpos de agua, incurrirán en una infracción urbanística y por lo tanto deberán pagar una multa. Al respecto, el Decreto 1600 de 2005, artículos 58 y 67, dice que no procede reconocimiento de edificaciones o legalización de asentamiento en zonas de protección.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El Decreto 1504 de 1998, que reglamenta el manejo del espacio público conforme a la Ley 388 de 1997, en el artículo 5 determina que el espacio público está conformado por elementos constitutivos naturales y complementarios. Entre los primeros elementos se encuentran las áreas para la conservación y preservación del sistema hídrico, las cuales incluyen las rondas hídricas. El Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en su artículo 4 señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de Áreas de Conservación y Protección Ambiental, consideradas áreas de especial importancia ecosistémica. En este sentido, el Decreto 1469 de 2010 exige que dentro de la información entregada para obtener licencia de parcelación en el suelo rural, los planos deben identificar las áreas de especial importancia ecosistémica como las rondas hídricas.

El Decreto 3930 de 2010 que tiene como objeto reglamentar el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos, define los siguientes usos del agua (artículo 9): consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético; pesca, maricultura y acuicultura; y navegación y transporte acuático. En cuanto a los vertimientos, el Decreto establece unas prohibiciones y actividades no permitidas (artículos 24 y 25). En las prohibiciones se destaca que no se admiten vertimientos en cabeceras de fuentes de agua, en cuerpos de agua destinados para la recreación y en cuerpos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de agua protegidos; y tampoco se permite vertimientos que ocasionen riesgo o alteren las características existentes en un cuerpo de agua que lo hacen apto para todos los usos mencionados anteriormente.

A pesar de lo anterior, fue solo hasta La Ley 1450 de 2011, que expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014 “Prosperidad para Todos”, que las rondas hídricas fueron reguladas de manera explícita. La Ley 1450 de 2011 instauró en su artículo 206 que corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, los grandes centros urbanos y los establecimientos públicos ambientales efectuar el acotamiento de las rondas hídricas y el área de conservación aferente, con base en estudios conforme a criterios definidos por el Gobierno Nacional.

Finalmente, es importante señalar que las Leyes 1454 de 2011 y 1523 del 2012 y el Código Minero tienen incidencia en las rondas hídricas. La primera es la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial que establece las normas para la organización político-administrativa del territorio colombiano. La Ley 1523 adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo y el Código Minero, Ley 685 de 2001, establece áreas de exclusión o restricción de la minería por tener un carácter territorial de protección, y define los límites para explorar o explotar minerales en cauces y riberas (Universidad Nacional de Colombia, 2012).

2. DELIMITACIÓN GEOMORFOLOGICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES

2.1 ASPECTOS GENERALES

La regionalización geomorfológica nos permite caracterizar, analizar y caracterizar el medio biofísico, específicamente las tópicos asociados a las formas del terreno, su actividad y transformación, a través de la interpretación de cartografía, productos de la percepción remota, bibliografía y trabajo de campo a diferentes escalas (Bocco y Mendoza, 1998).

En las últimas décadas la importancia de la geomorfología ha ido en aumento como base para comprender y valorar los ambientes naturales (Thorndycraft et al., 2008). Desde unas concepciones de naturalidad casi exclusivamente a las condiciones de la biota, la geomorfología ha supuesto cambio sustancial por los procesos y relaciones con los componentes naturales abióticos y bióticos (Newson, 2002). Los estudios geomorfológicos por un lado mantienen el concepto tradicional de geoformas representadas como entidades irreales y por otro y tal vez más interesantes por la capacidad de procesar superficies bidimensionales, algo que escapa de los alcances de la cartografía análoga (Allison, 2002).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Hoy el mapeo geomorfológico está presente como una investigación premilinar en todos los proyectos de zonificación y análisis de riesgo geológicos y es requerido por otros sectores de la investigación ambiental como la ecología y las Ciencias del suelo (Tricart, 1969; Cooke y Doornkamp, 1974; Panniza, 1978; Guida et al. 1996; Brunnsden, 2003). Por las exigencias técnicas y el carácter multidisciplinario lo ideal es construir mapas geomorfológicos básicos (Verstappen, 1983) a nivel de subunidades (<1:25.000) los cuales proveen dos perspectivas: génesis o la morfo-evolucion del terreo y morfodinámica o procesos actuales. Escalas de estudio superiores ayudan a definir mejor las geoformas y los procesos orientados a análisis de riesgos y procesos geológicos.

El interés de incluir este insumo es proveer información que permita delimitar las rondas de cauces con criterios que incluyen la geología, los suelos y las característica del terreno, además de ser parte fundamental de un estudio de riesgos estableciendo una relación directa entre geoformas/procesos – ronda.

2.2 METODOLOGÍA

El propósito de la delimitación geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno, su origen, los procesos naturales que han ocurrido

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

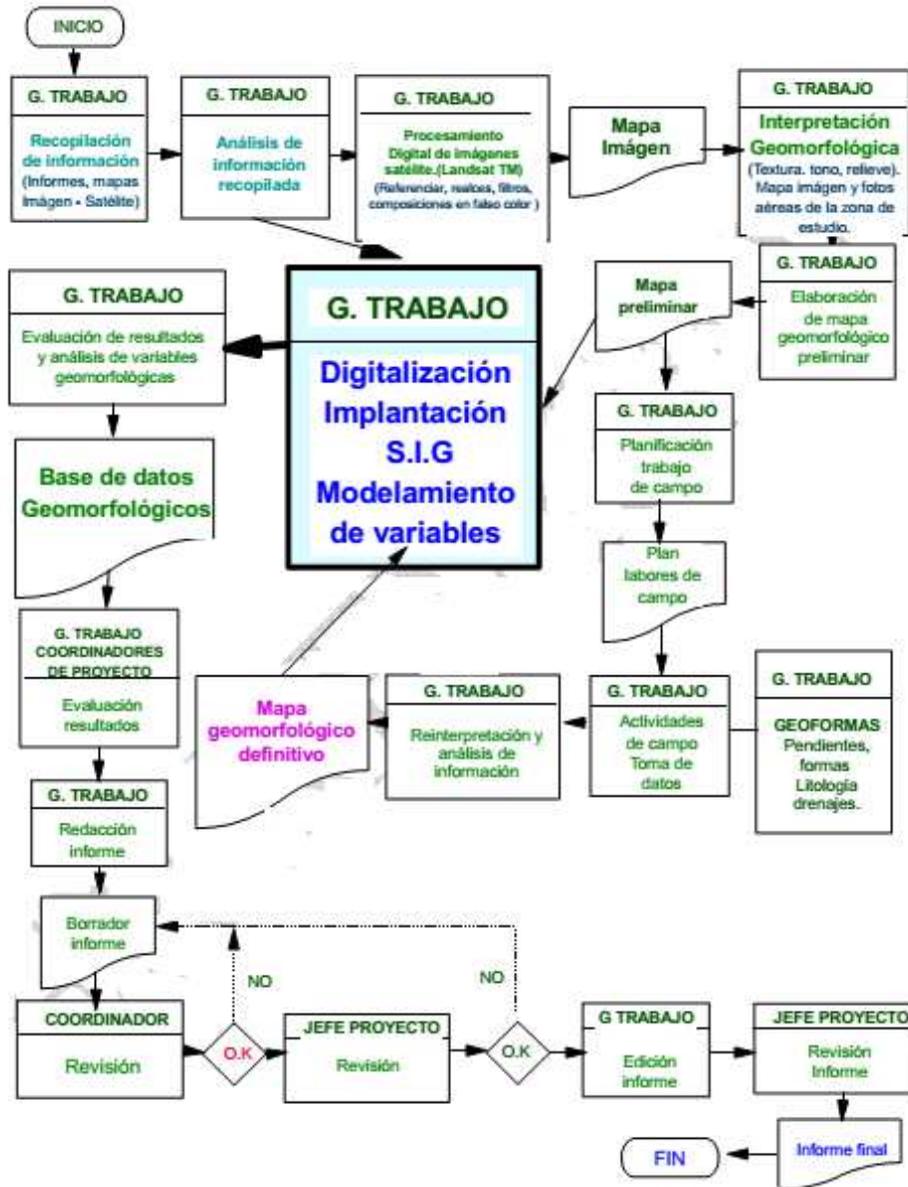
y los que están sucediendo, para definir por ejemplo el área de influencia de un cauce, las potenciales áreas con procesos de movimientos en masa. En ese sentido los mapas geomorfológicos son una herramienta útil para el ordenamiento del territorio ya que permiten evaluar el comportamiento de los terrenos frente a eventos de riesgo, como los procesos de movimientos en masa o avenidas torrenciales.

Esta unidad presenta la metodología implementada para la elaboración de un mapa del componente geomorfológico a escala 1:5000 y posterior delimitación de la ronda hídrica de los ríos Pasto y Miraflores. El mapa aquí construido es de tipo analítico a nivel subunidades geomorfológicas, con la caracterización y descripción de atributos, haciendo énfasis específicamente a aquellas geofomas de los cauces del Río Pasto y el Río Miraflores. Para su elaboración adoptamos el marco metodológico resumido en el flujograma propuesto por INGEOMINAS (2011) para la construcción de mapas geomorfológicos, ver Figura 3.

La primera etapa es la recopilación de la información básica y temática relacionada con el área de estudio, como por ejemplo la cartografía topográfica base, imágenes de satélite, mapa geológico, que son considerados insumos básicos. A continuación se hace una descripción general de cada uno de estos insumos y los criterios para estandarizar la información que se obtenga del terreno en estudio

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 3. Flujograma que resume el modelo metodológico. Fuente: INGEOMINAS, 2011.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La etapa siguiente consiste en la generación de un mapa preliminar fundamentado en la interpretación de imágenes satelitales y modelos digitales de terreno, diferenciando las geoformas por sus características, origen y las relaciones entre las mismas (ambiente morfogenético).

Este mapa preliminar es la base para el trabajo de campo, en donde se controla la fotointerpretación con toma de datos morfométricos, datos litológicos, pedológicos y estructurales, que permiten validar o modificar la información obtenida de las actividades previas llevadas a cabo.

El trabajo final consistió en elaborar un mapa revisado y estandarizado en donde se identificaron y describieron las unidades geomorfológicas, clasificadas por los ambientes morfogenéticos, como los procesos actuales asociados y las características y atributos que las identifican. Estos mapas se acompañan de una memoria explicativa que en conjunto permitirán definir las geoformas de Coluvio-aluvial y Fluvial y aquellas que por su pendiente pueden presentar eventos de movimientos en masa.

2.2.1 Recopilación y Revisión de Información

El primer objetivo para la elaboración del mapa geomorfológico es la búsqueda de información o insumos básicos que permitan ayudar a delimitar las geoformas y los procesos que las conforman y su génesis.

La base cartográfica para este análisis corresponde a las cartas generales 1:25000 número 429IVB, 429IVA, 429IVA, 429IID, 429IIC, 429IIB, 429IIA, 429IIA, 429IB y las 58 cartas 1:2000 de 429IIC, las cuales fueron sujetas a análisis topológicos y cartográficas, empalmando y re-direccionando los tributarios acorde a la lógica hidrográfica. Recopilamos la mayor cantidad de información documental disponible en la cuenca, lo que incluye los estudios geomorfológicos y geológicos del área de estudio. A continuación en la Tabla 1 se lista la información recopilada para este estudio:

2.2.2 Procesamiento de imágenes satelitales

Se adquirió dos imágenes satelitales de alta resolución de satélites comerciales cubriendo la totalidad del área de estudio, con aprox. 286km², ver Figura 4.

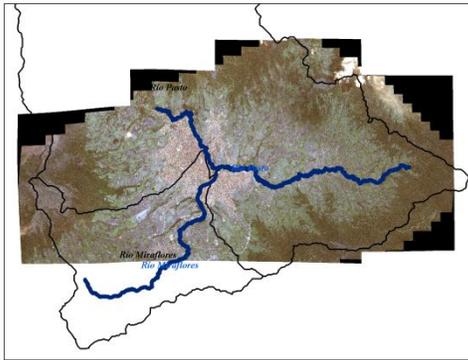
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 1. Estudios y cartografía geológica existente para la zona de estudio

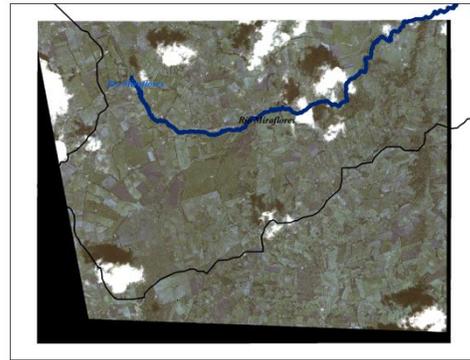
Estudio		Fuente	Observación
Mapa Geológico 1:100.000	429 Escala	INGEOMINAS, 1984	Análisis Regional en la Cuenca del Río Pasto
Mapa Geológico	Escala 1:10.000	INGEOMINAS, 2002.	Base para la construcción del mapa geomorfológico a escala 1:10'000 y posteriormente 1:2'000. Fue digitalizado anteriormente y adquirido por Fundagüiza.
Plan de Manejo Cuenca del Rio Pasto		Corponariño, 2008	Revisión de información geológica realizada con base en la plancha 429
Memoria Geológica de la Plancha 429		INGEOMINAS, 1984	Documento técnico de la Plancha 429
Plan de Manejo Microcuenca del Rio Barbero		Coponariño-GEA. 2009	Revisión de información geológica.
Geología, Geogronología y Geoquímica del Volcan Morasurco		Duque <i>et al.</i> 2010	Base para el análisis geológico y secciones delgadas de las unidades.
Concepto técnico sobre agrietamientos que afectan un Predio en el corregimiento de Jongovito,		INGEOMINAS, 2012	Revisión de unidad litológica próxima a la cuenca del Río Miraflores.
Investigaciones Petrológicas en el ámbito de las planchas 429 y 410 con énfasis en el complejo volcánico del Galeras		INGEOMINAS, 1986	Base para el análisis geológico y secciones delgadas de las unidades.
Anotaciones acerca de la Geología del Volcan Galeras.		INGEOMINAS, 1984a	Base para el análisis geológico y secciones delgadas de las unidades.

Con el satélite GeoEye-1 se obtuvo una imagen multiespectral que cubre aprox. 220km² con una resolución espacial de 50 cm y cuatro bandas espectral (Azul, Verde, Rojo, Infrarrojo Cercano) corregidas radiométrica y geométricamente garantizando una precisión de localización CE90 de 5 m en el nadir, excluyendo las distorsiones del terreno y sometida a procesos de Pan-sharpening.

Figura 4. Cobertura de Imágenes satelitales adquiridas para la interpretación de Geoformas



Cobertura de Imagen Geoeye



Cobertura de Imagen Quickbird

La imagen del satélite Quick-bird cubre aprox 63km², con una resolución espacial de 60 cm y cuatro bandas espectrales (Azul, Verde, Rojo, Infrarrojo Cercano). Las imágenes entregadas ya presentaban corrección radiométrica y geométrica garantizando una precisión de localización CE90 de 23 m en el nadir, excluyendo las distorsiones del terreno.

Estas fueron sometidas a procesos de calibración espacial (orto-rectificación) utilizando aprox. 379 puntos de control para la imagen Geoeye y 16 puntos con la imagen Quickbird. Los puntos fueron tomados en campo utilizando un GPS de alta precisión y realizando correcciones usando la red Magna-ECO de la Ciudad de Pasto. En Anexo se detalla el listado de los puntos tomados en campo y los puntos de la información cruda.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Para la interpretación de las geformas con base en las imágenes, se realizó fundamentalmente la combinación de bandas de los diferentes sensores del satélite, para encontrar la mejor combinación que muestre el contraste de las geformas y rasgos geográficos. En este caso específicamente usamos las combinaciones 4-3-2 y 4-3-1 y 3-4-2, esta última resalta los cuerpos de agua y las zonas húmedas, ver Figura 5.

Figura 5. Combinación de Bandas RGB (Rojo-Verde-Azul) utilizada para delimitación de Geformas



Combinación banda 432



Combinación banda 431



Combinación banda 342

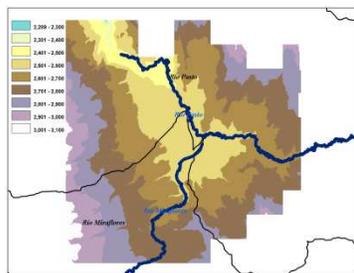
2.2.3 Procesamiento de modelo de elevación

Los modelos digitales de elevación (por su siglas en ingles D.E.M.) representan la elevación del terreno como pixeles cubriendo un área específica a una determinada escala y precisión. Los modelos digitales son utilizados como base para los análisis morfométricos permitiendo parametrizar y delimitar las geformas. Construimos modelos a tres escalas:

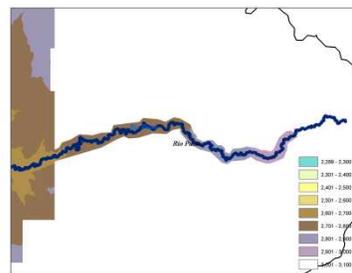
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- 1:2000 con base en las Cartas Generales del IGAC y los levantamiento topográficos en los cauces de estudio (Miraflores y Pasto) y para la zona urbana de Pasto con una resolución de 1m y una precisión de 1m de elevación.
- 1:25000 para la Cartas Generales IGAC 429 que corresponde a la cuenca del Río Pasto, restituyendo las cartas y ajustándolas con la información más detallada.
- Escala 1:5000 para las áreas proximas al cauce del río Pasto y Mifraflores, Ver Figura 6.

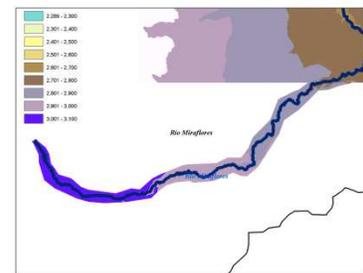
Figura 6. Cobertura del Modelo de Elevación por escala.



DEM Escala 1:2000



DEM Río Pasto escala
1:5000



DEM Río Miraflores escala
1:5000

Es importante tener en cuenta que a esta escala de trabajo se intento ademas ser específico en los rasgos del terreno que pueden determinar la propensión a procesos denudacionales y erosivos moderados y severos o frecuentes, además de visibilizar las áreas tal vez hay más procesos morfológicos, específicamente la identificación de zonas con movimientos en masa e inundaciones.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

A partir de este se genera un modelo de sombras en diferentes direcciones, que resaltan los rasgos geomorfológicos a ser cartografiados.

- Pendiente: Es el ángulo existente entre el vector normal a la superficie del terreno en un punto y la vertical, o en términos matemáticos la primera derivada de la elevación. La vertical o el valor de elevación para este caso se definió como el valor máximo de los 4 vecinos más próximos que los situados en las diagonales partiendo del punto. Se recuerda que los análisis espaciales de tipo raster se basan la teoría de matrices, es decir parte de una cuadrícula de valores numéricos que representan una variable en este caso elevación.
- Curvatura Transversal y Longitudinal: La curvatura del terreno es la dirección de la pendiente o la segunda derivada de la elevación. Esta se descompone en la curvatura longitudinal que mide la concavidad o convexidad de la pendiente y la curvatura transversal (vector normal al anterior) que mide la convergencia o divergencia de la misma.

2.2.4 Interpretación de Unidades.

Con las imágenes satélite sobrepuestas con el mapa de sombras, el mapa de pendientes se interpretó las unidades geomorfológicas y se construyó a manera preliminar el área de estudio, es decir, se definieron las subunidades y componentes geomorfológicas acorde a la escala y según el esquema de caracterización geomorfológica, discriminados por ambientes morfogenéticos, los rasgos morfodinámicos y morfométricos más sobresalientes. En esta etapa utilizamos tanto la imagen de satélite procesada como el DEM y las superficies derivadas antes descritas, con el propósito de resaltar los diferentes rasgos morfoestructurales de la zona de estudio.

Para la definición y delimitación de las componentes geomorfológicas, se considera la red de drenaje, los cambios de pendiente, la presencia de zonación de la vegetación, la litología superficial y sus diferencias, las estructuras geológicas y pedológicas de las mismas.

Aunque es necesario para el análisis de la información geológica identificar las diferentes unidades litológicas, respecto a su ambiente de formación, composición litológica, expresión morfológica y los elementos estructurales como las fallas, que sirven como ayuda en la identificación y delimitación de las diferentes unidades geomorfológicas a cartografiar, algunos de estos insumos no pueden ser incluidos por la falta de del estudios a la escala

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

requerida. A continuación listan algunas claves utilizadas para caracterizar e identificar las unidades:

- Características morfológicas. Pendientes cóncavas, pendientes convexas, pendientes escalonadas, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambio súbito de pendiente.
- Características de la vegetación. Vegetación desordenada y parcialmente muerta, cambios en la vegetación coincidentes con escalones morfológicos, zonas con vegetación menos abundante, (elongadas y claras), diferencia de vegetación dentro y fuera del deslizamiento y cambios de vegetación asociados a condiciones de drenaje.
- Se consideran movimientos en masa la reptación de suelos, volcamientos, deslizamientos (Rotacionales y translacionales), la expansión propagación lateral, flujos y las combinaciones que se puedan dar de estos procesos (Cruden y Varnes, 1996). Para la clasificación de los deslizamientos se siguen los lineamientos descritos en el PMA-GEMMA (2007).

En el levantamiento de campo se procede de lo general a lo particular. Primero construimos un insumo que permita dar una visión general para posteriormente mediante un cierto número de recorridos obtener llevar a cabo la observación detallada y la caracterizar las unidades.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Durante esta labor se muestreo en en lugares próximos a los cauce para realizar observaciones del terreno o en sitios predeterminados con el objetivo de aclarar dudas o inconsistencias del mapa geomorfológico preliminar, en donde se toma la siguiente información: Descripción puntual del sitio de observación: datos de localización, geología, cobertura y uso del suelo, ubicación geomorfológica, características climáticas, características de la unidad geomorfológica, morfo-litología, morfo-dinámica.

2.2.5 Construcción Del Mapa Geomorfológico.

Siguiendo los lineamientos de la metodología I.T.C (Verstapen y van Zuidam, 1992), las formas del terreno fueron especificadas y clasificadas desde un punto de vista morfogenético, en términos tales como por ejemplo ‘terraza fluvial’ o ‘artesa’. Los vocablos utilizados para designar las reformas son el resultado del análisis realizado por Zink (2012), el cual retomo una amplia selección de manuales, compendios y otros libros generales de geomorfología, incluyendo entre otros: Tricart y Cailleux (1962, 1965, 1967, 1969), Tricart (1965a, 1968, 1977), Derruau (1965, 1966), Thornbury (1966), Viers (1967), CNRS (1972), Garner (1974), Ruhe (1975), Verstappen y Van Zuidam (1975), Visser (1980), Verstappen (1983), Van Zuidam (1985), Lugo-Hubp (1989), Fairbridge (1997), Goudie (2004).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Se adopta e implementa el sistema de Clasificación multicategorico propuesto por Zinck (2012) compuesto de seis niveles de menor a mayor detalle con algunos modificaciones que consideramos se requieren para este análisis.

– ***Nivel , Geoestructura***

Por Geoestructura se refiere a una extensa porción continental caracterizada por su estructura geológica, incluyendo la naturaleza de las rocas (litología), su edad (estratigrafía) y sus deformaciones (tectónica). Estas macro-unidades tienen relación con la tectónica de placas.

– ***Nivel 2, Ambiente morfogenético***

Se refiere a un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica interna y/o externa. De las 11 taxas definidas por Verstappen *et. al.*, 1975 y Van Zuidam *et. al.*, 1979, en el área de estudio hay seis:

- a) Ambiente denudacional: Geoformas asociadas a desgastes, efectos litológicos no mayores, influenciadas por la litología y erosión fluvial linea y geoformas asociadas con procesos denudativos específicos (desgaste de masas).

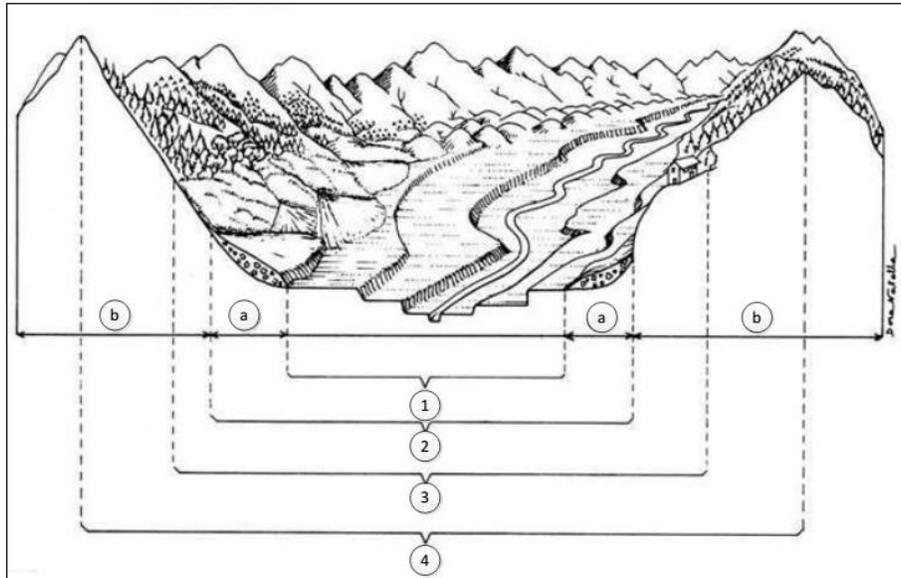
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- b) Ambiente Fluvial: Geoformas de acumulación y complejas planicies Aluviales. Geoformas transicionales, formas erosionales.
- c) Ambiente Volcánico: Conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava, geoformas labradas en materiales piroclásticos.
- d) Ambiente Glaciar: Geoformas erosionales predominantemente de glaciación continentales y glaciación de montañas. Geoformas de acumulación (predominantemente morrenas, hielo y lomos).
- e) Ambiente Antropogénico: Aquellas formas del relieve que son el producto de modificaciones causadas por la intervención del hombre.

– ***Nivel 3. Paisaje geomorfológico***

Este sistema de clasificación reconoce siete taxa al nivel categórico de paisaje geomorfológico: valle, planicie, peneplanicie (peniplanicie), altiplanicie, piedemonte, lomerío, y montaña. En la Figura 7 se resume las seis taxas que componen esta categoría presentes en el área de estudio:

Figura 7. Esquema que describe las siete taxas consideradas en el nivel 3.



Fuente: Zinck, 2012

Nota: Diferentes definiciones del concepto “Valle” y su expresión espacial (Zinck, 1980). 1. Valle como área de deposición de los aportes longitudinales de sedimentos, correspondiente a la vega (llanura de inundación) y a las terrazas del fondo de valle. 2. Valle como área de deposición de los aportes longitudinales y de los aportes laterales de sedimentos, incluyendo los planos inclinados del piedemonte; 3. Valle como área directamente influenciada por la ocupación humana, incluyendo los tramos, inferiores de las vertientes circundantes; 4. Cuenca hidrográfica delimitada por las divisorias de agua comunes entre cuencas adyacentes; a. Piedemonte; b. Montaña.

– **Nivel 4. Relieve/Modelado**

Relieve, se refiere a la geofoma que resulta de una determinada combinación de topografía y estructura geológica (por ejemplo relieve de cuesta) controlada mayormente por la geodinámica interna. El Modelado por su parte nos habla de las geofomas determinadas por condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos específicos (abanico, terraza,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

delta); controlada mayormente por la geodinámica externa. Las unidades de relieve/modelado por ambiente morfogenérico que consideramos se detallan en la Tabla 2 a continuación

Tabla 2. Unidades de Relieve/Modelado considerado en el análisis geomorfológico

Estructural	Fluvial	Deposicional
Cadena (montañosa)	Depresión	Depresión
Cono (volcánico)	Vallecito (Valle)	Vallecito
Cuesta	Cañón	Terraza
Depresión	Dique	Abanico
Escarpe	Cadena (montañosa)	
	Colina	
	Cresta	
	Comba	

Fuente: Adoptado de Zinck, 1988

– **Nivel 5. Litología/Facies**

La naturaleza petrográfica de las rocas duras que sirven de substrato a las geoformas, y las facies de las formaciones no-consolidadas que constituyen frecuentemente el componente interno (hipogeo) de las geoformas. En ambos casos, se trata de los materiales parentales de los suelos:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- a) Clases de rocas duras: ígneas, incluyendo rocas intrusivas (p.e. granito, granodiorita, diorita, gabbro) y rocas extrusivas (p.e. riolita, dacita, andesita, basalto; - metamórficas (p.e. pizarra, esquisto, gneis, cuartzita, mármol); sedimentarias (p.e. conglomerado, arenisca, limolita, lutita, caliza)
- b) Facies de materiales no-consolidados: mixto (aluvial, coluvial fluvio-volcánico), lacustre, movimiento en masa, volcánico (flujo superficial o salpicación aérea de materiales ígneos extrusivos), antrópico (escombros, suelo urbano).

Para la clasificación litológica/facies consideramos el mapa Geológico a escala 1:10.000 de la Ciudad de Pasto construido por INGEOMINAS (2003).

– **Nivel 6. Forma del Terreno**

Se refiere específicamente a geoformas. Geoforma es el concepto genérico que designa todos los tipos de formas del relieve independientemente de su origen, de su dimensión y de su nivel de abstracción, similar a cómo se utiliza el concepto suelo en pedología o el concepto planta en botánica (Zinck, 1988; Zinck y Valenzuela, 1990). Las geoformas tienen un componente interno (hipogeo) y un componente externo (epigeo) en relación a la superficie del terreno. El componente interno es el material de la geoforma (el

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

contenido), cuyas características conllevan información genética y estratigráfica (cronológica). El componente externo de la geoforma es su figura, su "forma" (el conteniente), la cual expresa una combinación de características morfográficas y morfométricas.

El componente externo es directamente accesible a la percepción visual proximal o distal. Idealmente, la clasificación de las geoformas debería reflejar características de ambos componentes, el material constituyente y su expresión fisiográfica. El aspecto externo de las geoformas es muy relevante para su reconocimiento directo y su cartografía. Por esta razón, un sistema de clasificación de las geoformas tiene necesariamente que combinar criterios de percepción de la realidad geomorfológica y criterios propiamente taxonómicos, basados en atributos diagnósticos. En este nivel diferenciamos unidades ya sea predominantemente controladas por la estructura geológica o por los agentes morfogenéticos.

- a) **Geoformas estructurales:** El control geoestructural actúa por intermedio de la tectónica, del volcanismo y/o de la litología. La deposición de cenizas o escorias volcánicas puede alterar la configuración original de un relieve estructural. Al sur de la zona de estudio encontramos: relieves primarios o derivados de sobrecorrimiento (cabalgamiento) y Relieves fallados o derivados originados por fallas o fracturas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- b) **Geoformas volcánicas:** Los materiales volcánicos pueden constituir lo esencial del substrato o limitarse a formaciones de cobertura en una amplia variedad de paisajes incluyendo montaña, altiplanicie, piedemonte, planicie y valle. Las geoformas volcánicas son de diversa complejidad, lo dificulta una estricta separación entre tipos de relieve y formas de terreno.
- c) **Geoformas fluviales:** Están presente en prácticamente todos los tipos de paisaje, productos de los procesos erosivos principalmente por acción de los cursos de agua.
- d) **Geoformas Glaciales:** Estas están presentes en glaciares y periglaciares actuales o antiguos desarrollados en ambientes fríos por la acumulación y desplazamiento de hielo en masa.

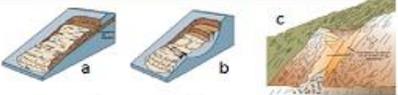
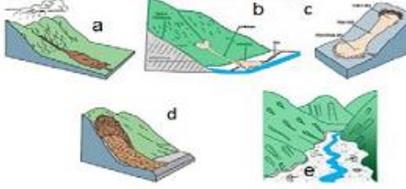
2.2.6 Movimientos En Masa

La caracterización morfodinámica se basa en la identificación y definición de la evolución de los procesos denudativos (erosión y movimientos en masa), que suceden y han sucedido en un área determinada y permiten dilucidar el futuro, particularmente en términos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de estabilidad de un terreno. Para la caracterización de los movimientos en masa en la zona de estudio, se mapeo los procesos incluidos en el PMA-GMA (2007), ver Figura 8.

Figura 8. Clasificación de Procesos de Movimientos en masa.

Tipo	Subtipo	Esquema
Caídas	Caída de rocas (detritos o suelo)	
Volcamiento	Volcamiento de roca (Bloque). Volcamiento Flexural de roca o del macizo rocoso	
Deslizamiento roca o suelo	Deslizamiento traslacional (a) Deslizamiento rotacional (b) Deslizamiento en cuña (c)	
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)	
Flujo	Flujo de detritos (a) Crecida de detritos Flujo de lodo (b) Flujo de tierra (c) Flujo de turba Avalancha de detritos (d) Avalancha de rocas (e) Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (arena, limo, detritos, roca fracturada)	
Reptación	Reptación de suelos (a) Soliflucción (b) Geliflucción (en permafrost)	

Fuente: PMA-GMA (2007)

2.2.7 Caracterización De Geoformas

Con el mapa geomorfológico preliminar se procedió a realizar las actividades de campo y posprocesamiento de las geoformas, concerniente al ajuste espacial de las unidades y, la caracterización de las mismas. Para esto se realizó salidas de campo en las que se recolectó y evaluó mediante cateos y calicatas las características geopedológicas más relevantes. Otras por su parte producto de los análisis y la interpretación espacial automática utilizando herramientas SIG.

El objetivo de las salidas fue la evaluación de los atributos y las características que son usados para la descripción, identificación y clasificación de las geoformas precisando y detallando los rasgos no visibles desde sensores remotos. Por atributos nos referemos a indicadores descriptivos y funcionales que hacen al sistema multicategorico y a las geoformas operacionales. Esto implica cumplir con dos requerimientos: seleccionar atributos descriptivos que permitan identificar las geoformas, y seleccionar atributos diferenciadores que permitan clasificar las geoformas a los varios niveles categoricos del sistema taxonomico. Para este propósito, usamos cuatro clases de atributos, siguiendo las que Tricart (1965a, 1965b) propuso con respecto a los cuatro tipos de datos que debe incluir un análisis geomorfológico:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Atributos morfométricos**

Los atributos morfométricos son esencialmente descriptivos. Describen la geometría de las geoformas en términos topográficos y planimétricos. Se utilizan corrientemente para identificación automatizada de ciertos rasgos de las geoformas a partir de MDE validado posteriormente en campo. Para este caso se evaluó:

- a) Pendiente: Calculado en grados, la pendiente posteriormente se categorizó en seis clases haciendo énfasis en diferenciar las zonas planas, ver Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las Pendientes del Terreno

Pendiente (°)	Clasificación
0	Horizontal
0,3-1	Muy Plano
1-5	Casi Plano
5-10	Inclinada
10-15	Muy Inclinada
15-20	Abrupta
20-30	Muy Abrupta
30-45	Escarpada
45-90	Muy Escarpada

- b) Curvatura Transversal y Longitudinal: Después de varias pruebas estadísticas los rangos para clasificar las curvaturas se presentan en la Tabla 4.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 4. Clasificación de las curvaturas del terreno

Rango	Curvatura Transversal	Curvatura longitudinal
<-0,5	Divergencia Lateral muy Fuerte	Moderado a muy Cóncavo
<-0,1 – 5	Divergencia Lateral	Convexa
-0,1 – 0,1	Lineal	Lineal
>0,2 – 0,5	Convergencia lateral	Cóncava
>5	Convergencia lateral muy fuerte	Moderado a muy Cóncavo

– **Atributos Morfográficos:**

- a) Rasgo de erosión: La erosión es un rasgo importante de la dinámica que caracteriza las geoformas. Delimitamos (previa medición en campo) y evaluamos en campo los procesos erosivos asociados a las unidades así como detallamos unides de interés por ser factores de riesgo tanto ecológico como social. Adoptamos la clasificación de intensidad de los procesos erosivos propuesto por el PMA-GEMMA (2007), ver Tabla 5.

Tabla 5. Rasgos de erosión considerados en el análisis y su nivel de intensidad.

Tipos de Erosión	Espaciamiento entre canales (cm)					
	<5	5 - 15	15 - 50	50 - 150	150 - 500	>500
Erosión Laminar	Severa	Moderada	Suave			
Surcos (<50cm)	Severa	Severa	Moderada	Suave		
Barrancos (50-147cm de Prof)	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave	
Carcavas (>150cm de Prof.)	Severa	Severa	Severa	Severa	Moderada	Suave

Fuente: PMA-GEMMA, 2007

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Atributos Morfogenéticos:**

Ciertos atributos de las geoformas reflejan procesos y por eso pueden ser usados para reconstruir la evolución morfogenética de un área o condiciones medio-ambientales pasadas. Por lo general, la relación atributo-proceso es más eficiente para identificar geoformas en ambiente deposicionales que en ambiente de erosionales. Las geoformas construidas son usualmente más conspicuas que las geoformas de erosión, salvo rasgos como las cárcavas, por ejemplo.

- a) **Granulometría:** La granulometría, o distribución por tamaño de partículas, así como su expresión sinóptica de textura, es la propiedad más importante del material geomorfológico, porque controla directamente o indirectamente una serie de otras propiedades. Se utilizó la clasificación granulométrica propuesta por SUCS para fines de ingeniería para 15 muestras de suelo tomadas en campo. La clasificación textural al tacto por su parte se realizó en campo.

- b) **Estructura:** Se evaluó la estructura pedogenética y litológica del material pedológico superficial. Para esto se realizaron calicatas y cajuelas en algunas geoformas, las cuales fueron interpretadas en campo. La estructura es buen indicador de la influencia del ambiente geomorfológico en la formación de suelo.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Por ejemplo, en una posición de albardón o napa bien drenado, la estructura es generalmente blocosa. La estructura es masiva o prismática en una posición de cubeta, mientras que es columnar en una cubeta con salinidad. A su vez, el grado de desarrollo estructural puede reflejar tiempos más o menos largos de formación de suelo.

- c) **Consistencia:** Los límites de consistencia, permiten describir el comportamiento mecánico, actual o potencial, de los materiales geomorfológicos. Evaluados en campo, se adoptó la metodología del Soil Survey Manual (USDA, 2009), en calicatas y cajuelas, evaluando la consistencia en húmedo, mojado, seco y la plasticidad de los mismos.

– **Atributos Morfocronológicos**

- a) Grado de meteorización: se evaluó el grado de meteorización del material litológico en las cajuelas y calicatas, implementan el sistema de clasificación de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas, ver Tabla 6.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 6. Clases y grados de meteorización.

Grado	Clase	Descripción
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. La roca puede estar decolorada en la pared de las juntas pero no es notorio que la pared sea más débil que la roca sana
III	Roca moderadamente meteorizada	La roca está decolorada en la pared. La meteorización empieza a penetrar hacia el interior de la roca desde las discontinuidades. El material es notablemente más débil en la pared que en la roca sana. Material débil <50% del total
IV	Roca meteorizada o muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece "in situ" y existe un cambio de volumen importante

Fuente: SIMR

- b) Grado de desarrollo pedológico: El grado de desarrollo morfológico inferido a partir de criterios como la estructura pedogenética, espesor del solum, e índices de lixiviación. El color es un buen indicador de la edad relativa de los suelos. La estructura pedogenética refleja las condiciones del sitio y la naturaleza del material parental que controlan el tipo de estructura, y el tiempo transcurrido que influencia el grado de desarrollo de la estructura (de débil a fuerte). El espesor del solum aumenta generalmente con el tiempo de desarrollo pedogenético en condiciones de estabilidad geomorfológica y disminuye en función de procesos erosivos. Como en el caso del

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

desarrollo estructural, el espesor del solum alcanza un umbral con el tiempo a partir del cual los aumentos son insignificantes.

2.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS GEOLÓGICO

2.3.1 Geología regional

Resumimos los resultados de los estudios Geológicos a escala 1:100.000 correspondiente a la plancha 429 de INGEOMINAS. En el área predominan de rocas Vulcano-sedimentarias que datan del Precámbrico, en procesos sucedidos seguramente en varias etapas y relacionadas con la acreción continental y los procesos orogénesis sucesivas; posiblemente, durante el evento Orinoquense (1.200 M.A.).

Estas rocas fueron sometidas a metamorfismo de alto grado que produjo la migmatización y aparentemente conformó un cinturón granulítico en la parte occidental del escudo precámbrico. A principios del Paleozoico se depositó una secuencia volcano-sedimentaria en un ambiente eugeosinclinal que luego, en el Paleozoico medio es sometido a metamorfismo regional de tipo ‘Abukuma’. A partir del límite Jurásico-Cretáceo, se forman y acrecionan al continente suramericano secuencias volcano-sedimentarias con afinidad oceánica, por procesos de subducción y obducción sucesivos, cuyos mayores efectos se manifiestan en el límite Cretáceo – Terciario, cuando se finaliza la acreción de la Cordillera

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Occidental y se produce el metamorfismo dinámico; al tiempo, se forman los principales rasgos estructurales, especialmente megafallas, que luego son aprovechados para dar forma a las depresiones interandinas y cordilleras andinas durante la Orogenia Andina, que se manifiesta fuertemente en el Mioceno medio.

Luego de la sedimentación se hace importante el plutonismo representado por la aparición de cuerpos calcoalcalinos de composición intermedia y carácter hipoabisal, y el vulcanismo calcoalcalino andesítico, relacionado con la actual zona de subducción, que con sus productos fosiliza a la gran mayoría de rocas preexistentes y modela los rasgos principales de la topografía actual, que fue trabajada por la acción glacial y por la acción fluvial reciente. Cinco unidades litoestratigráficas componen el área de estudio representada en la Figura 9.

- **Depósitos aluviales (Qcal).** Los depósitos aluviales se componen de gravas, arenas, limos y arcillas asociadas a los canales fluviales y a los valles de inundación. Los depósitos coluviales forman generalmente conos de deyección y se componen de material no homogéneo en tamaños y, a veces ni en origen (INGEOMINAS, 1984). Estos tipos de depósitos proceden del cuaternario.
- **Depósitos glaciales (Qsfg).** Localizada en los Circos y Valles en U del Volcán Galeras y en la cabecera del Río Pasto donde no se hace la diferencia con respecto a

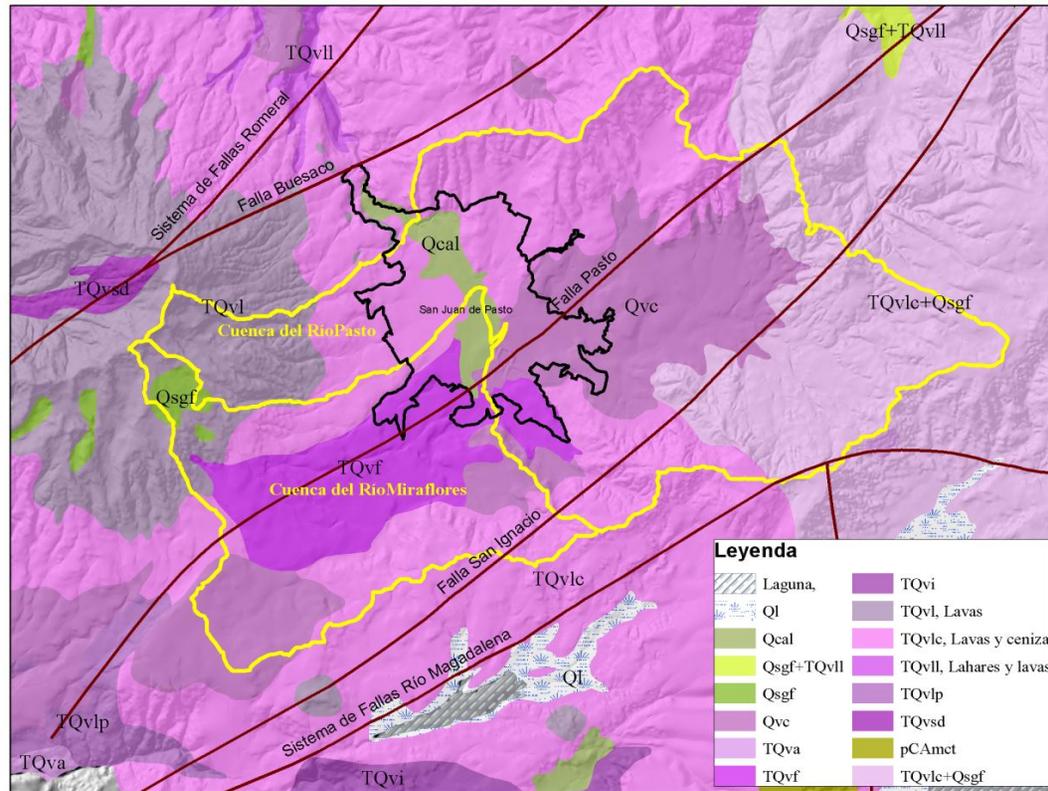
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

los campos de lavas y cenizas. Se presentan algunas lagunas represadas por morrenas de recesión y morrenas laterales terminales y de recesión. Los depósitos netamente glaciares se hallan cubiertos totalmente por vegetación de páramo y sólo son distinguibles los del tipo fluvio-glaciar, representados por gravas y arenas principalmente. Su mayor expresión morfológica es la Laguna Negra. Partiendo de la base de que se conserva muy bien la morfología glaciar en el área y que las dataciones de depósitos glaciares a nivel regional se restringen al Cuaternario.

- **Depósitos volcánicos (Qvc).** Producto de la actividad explosiva de los diferentes focos volcánicos, representa el 22% del área de estudio. Están suavizando una morfología preexistente y modelan, en gran parte, la actual. Presentan una morfología de lomas pequeñas y redondeadas, con estructuras típicas de depósitos sedimentarios como gradación. Los depósitos se componen fundamentalmente de vidrio, biotita, plagioclasa, homblenda, cuarzo, feldespato potásico y fragmentos de pumita. Predominan las composiciones dacítica y andesítica. Estas lavas datan del Terciario – Cuaternario y relacionadas con los conos volcánicos activos y extintos que, por lo general que se desarrollan en intersecciones de fallas (INGEOMINAS, 1984)

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 9. Unidades litoestratigráficas en el área de estudio a escala 1:100.000.



Fuente: Adoptado de INGEOMINAS, 1984

Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- **Flujos de Ceniza, Pumita y Escoria (TQvf):** Representa el 14 % del área de estudio. Se localiza en la cabecera y la base de las cuencas que componen la Cuenca del Río Miraflores. Los mejores afloramientos de este tipo de depósitos se hallan en la carretera Panamericana (Pasto – Ipiales) antes de Catambuco, y en los sectores Pasto – Jenoy y Pasto – Antena Inravisión, todos asociados a la actividad del Volcán Galeras. Un cono de escoria puede observarse en la carretera Yacuanquer – Consacá, sector la Guala. Son depósitos sin soldar y caóticos compuestos primordialmente por fragmentos de pumita y/o escoria en matriz de ceniza o simplemente por clastos tamaño ceniza. Son principalmente dacitas (Streckeisen, 1972), y su origen es idéntico al de las ignimbritas, pero el soldamiento es incipiente o no existe (INGEOMINAS, 1984).

- **Lavas y Cenizas (TQvlc):** Representa el 35.4% del área de las cuencas bajo análisis. Esta unidad está bien distribuida en la plancha y está conformada por lavas y flujos y/o caídas de cenizas no diferenciables, generalmente predominio de lavas que se hallan cubiertas por cenizas o tienen intercalaciones de ellas (INGEOMINAS, 1984).

- **Campos de Ceniza y Lavas (TQvl):** Son flujos masivos de forma tabular y algunos escoriáceos, lavas y lavas en bloques localizados en área próxima al cono del volcán

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Galeras cubriendo aprox el 7.1%. Se componen de andesitas rocas porfíricas, que no sobrepasan los 2mm con texturas de flujo: el vidrio se presenta en la matriz y/o rellenando vesículas en proporciones variables, (INGEOMINAS, 1984).

2.3.2 Geología Local

– Conos Volcánicos

Analizamos parte de la geología local con base en los estudios geológicos detallados que se han realizado en la zona, específicamente en los dos centros de actividad volcánica de actividad reciente, el Volcán Morasuro y el Volcán Galeras, que son precisamente los límites occidental, norte y oriental de la cuenca y que resultan ser el rasgo geológico más sobresaliente de las cuencas. La otra zona de interés pero poco estudiada es el límite sur oriental donde se desconoce la orogénesis sucedida.

En general en el área de estudio predominan los depósitos Vulcano-sedimentarios compuestos de flujos de piroclastos y mantos de cenizas que presentan cierto grado de desarrollo edáfico. A escala 1:25.000 Duque et al. (2012) realizaron un completo estudio geológico y mapa exploratorio en el área del Volcán Morasurco describe: “La información estratigráfica levantada permitió identificar cinco unidades lávicas y cuatro unidades piroclásticas. Cuatro de las cinco unidades lávicas están concentradas hacia la base de la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

secuencia estratigráfica, definiendo una etapa efusiva al inicio de la actividad, la cual presenta un patrón radial con centro en el llamado alto de Daza, sitio identificado como el cráter principal del edificio volcánico”.

Los procesos genéticos son similares al contexto regional, pero a esta los materiales extrusivos del Volcán Morasurco son más evidentes no solo por los materiales que de su actividad derivan, por la construcción del paisaje actual. El volcán Morasurco se localiza en el límite nororiental de la cuenca del río Pasto, un volcán antiguo cuya actividad habría comenzado hacia los 2.0 M.A, con una actividad netamente efusiva, con la erupción de grandes coladas lávicas de andesitas basálticas, piroxenos y magmas que posteriormente cambiaron a andesitas horbléndicas, más ácidas y con un contenido mayor de agua que las anteriores, lo cual habría cambiado. Duque et al (2012) describe “La mineralogía de las rocas que componen el volcán Morasurco comprende plagioclasa, piroxeno y minerales opacos, anfíbol, olivino, biotita. Minerales que en muchos casos muestran evidencias de desequilibrio tanto químico como físico en las cámaras magmáticas, posiblemente generado por diferentes inyecciones de magmas en dichas cámaras”.

Las lavas del volcán Morasurco concuerda con Gill (1981): andesitas orogénicas de las series calco-alcalina , de alto SiO y medio KO, lo que sugieren un origen de magmatismo

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de arco donde la acción de fluidos hidrotermales y el reciclaje de sedimentos en la zona de subducción jugaría un papel importante.

Posteriormente el magma habría sufrido proceso de mezcla y homogenización parcial del material asimilado durante su ascenso en la corteza terrestre y a niveles de la cámara magmática (Duque *et al.*, 2012).

Los resultados geoquímicos y petrográficos de Duque *et al.*, (2012) del material del volcán Morasurco sugieren una importante similitud con las observaciones y los resultados de Calvache y Williams (1997) para el volcán Galeras, lo que indica una estrecha relación entre ambos centros volcánicos, posiblemente por que comparten un sistema magmático que habría cambiado de centro eruptivo pero sus procesos petrogenéticos han sufrido muy pocos cambios a lo largo del tiempo.

El volcán Galeras por su parte es un estratovolcán de actividad reciente, aun activo, localizado inmediatamente al Occidente de la cuenca del Río Pasto y que alcanza una altura superior a los 4250 m.s.n.s.m; hace parte de un complejo volcánico que incluye varias calderas (INGEOMINAS, 1984a), El cono actualmente activo posee un cráter explosivo con aprox. 120 m de diámetro con una actividad fumarólica en el interior del cráter principal, en algunos cráteres secundarios y en los flancos del cono activo. Este cono se desarrolló en un

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

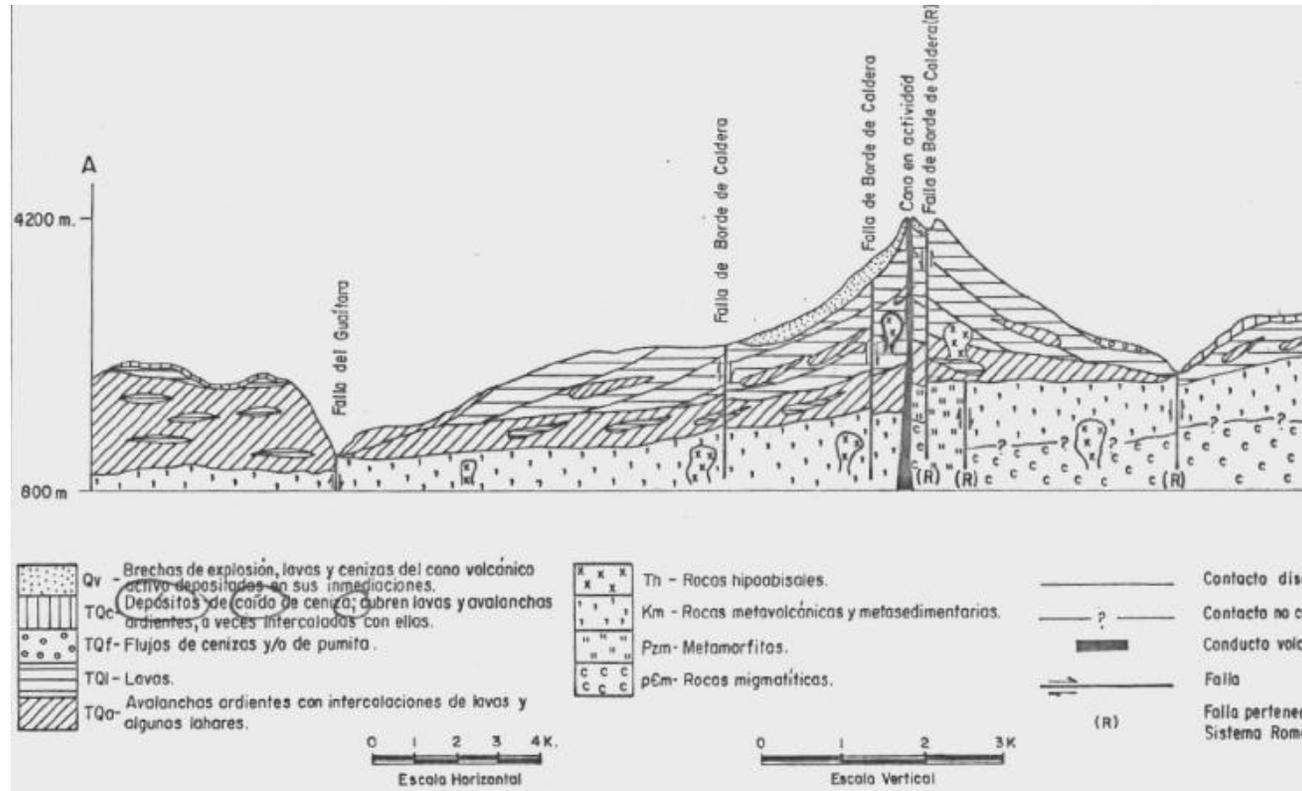
borde de caldera, inmediatamente al N de otro, también de borde de caldera, colapsado completamente; los productos emitidos por el cono activo son piroclastos principalmente y lavas viscosas, algunas en bloques; la caldera principal tiene un máximo de 4.9 km y en su parte más reciente se compone de más de 15 coladas de lavas masivas, sin intercalaciones piroclásticas; las partes más antiguas de las calderas son intercalaciones de avalanchas ardientes y lavas; los productos más nuevos de la actividad del volcán son flujos piroclásticos precaldéricos, lavas escoriáceas y caídas de piroclastos; la base del edificio más nuevo, ver Figura 10, es de máximo 20 km en su mayor diámetro (aprox. EW) y presenta desniveles de más de 3000 m sobre el río Guáitara al W (INGEOMINAS, 1984a).

La parte más antigua del Complejo Volcánico está representada por una serie de calderas compuestas relacionadas a las fallas del Guáitara, Romeral y El Diviso-Túquerres; estas calderas tienen hasta cerca de 5 km en su mayor diámetro y están compuestas principalmente de avalanchas ardientes y lavas.

Los estudios realizados en el volcán se han centrado hacia el flanco occidental del mismo donde se localizan los conos de deyección y los campos de lava más grandes. Las cuencas de los ríos que drenan desde la cumbre del volcán se caracterizan por sus cañones estrechos y alargados, mostrando patrones de drenaje paralelo típicos de estas áreas, productos de los flujos de lava y lodos antecidos por materiales de arrastre.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 10. Corte transversal del Complejo Volcánico Galeras.



Fuente: INGEOMINAS, 1984a

Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En las laderas del volcán Galeras los campos de ceniza y los depósitos vulcano-sedimentarios son extensos y profundos lo que dificulta en algunos visualizar el material litológico basal. Los minerales esenciales que conforman las rocas, especialmente como fenocristales, son plagioclasa, ortopiroxeno y elinopiroxeno; los principales minerales accesorios son divino, anfíbol y metálico; ocasionalmente se presentan apatito y tridimita y/o cristobalita; muy raros son clorita, cuarzo, sanidina y rutilo; minerales de alteración son hematita, goetita, carbonatos (INGEOMINAS, 1984a)

– **Unidades Geológicas**

La cuenca del río Pasto se ubica en el extremo suroccidental de los Andes Colombianos, zona en la cual se diferencian solamente dos cordilleras la centro-oriental y la occidental, separadas por una depresión que localmente se denomina el “Altiplano Nariñense”.

El límite entre el Altiplano y la cordillera centro-oriental está demarcado por el sistema de fallas de Romeral, unidad tectónica fundamental que divide el país en dos grandes zonas: la situada al occidente y de afinidad oceánica, y la localizada al oriente y de afinidad continental, que en la región controla el emplazamiento del Volcán Galeras. La zona de estudio hace parte, hacia su sector occidental por el Volcán Galeras en tanto y el substrato de su parte oriental ha sido conformado por emisiones volcánicas del antiguo Volcán



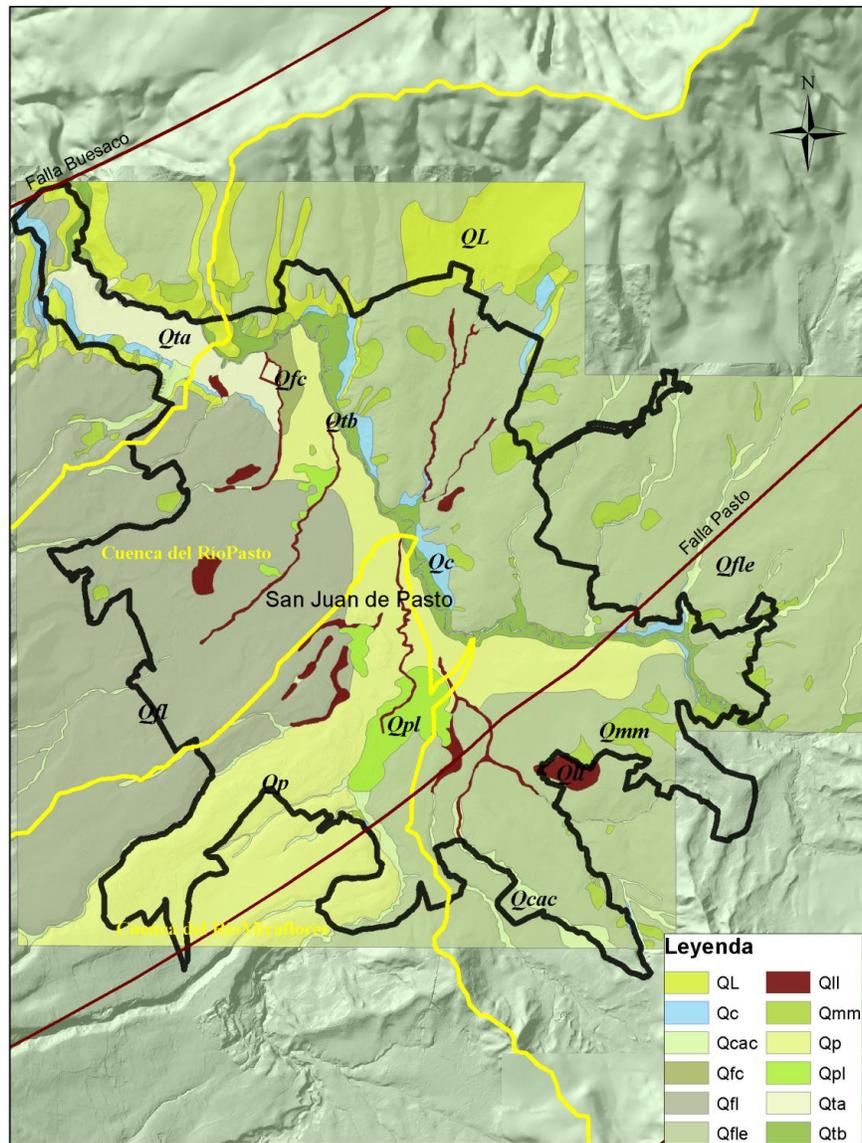
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Morasurco y, seguramente también, de otras fuentes volcánicas ya extintas y ubicadas al sur occidente de la región y que aún presentan expresiones morfológicas características tales como las paleocalderas de Imués, Las Iglesias, San Vicente y Río Bobo (Romero, 2002).

Este mismo autor hace un completo resumen de las características geotectónicas regionales, describiendo el desarrollo de los procesos geodinámicos y analizando el entorno local en relación con el volcanismo y la sismicidad que lo afectan. Litológicamente predominan las andesitas y mineralógicamente las plagioclasas presentes en matriz como en fenocristales; presenta maclas principalmente de albita, periclina y Carlsbad, se halla zonada de forma osciloria y complicada (INGEOMINAS, 2003).

INGEOMINAS analizó e interpretó 5'699 ha a escala 1:10.000 localizadas en la Ciudad de Pasto que cubre 5'499 ha de la Cuenca del Río Pasto hasta el Sector de la Universidad Antonio Nariño. En ese análisis se evidencia la predominancia de productos volcánicos desarrollados durante el Pleistoceno Superior y complementados durante el Holoceno por flujos vulcano-sedimentarios y los rellenos antrópico. A continuación se describen las unidades interpretadas a escala 1:10.000 las cuales son el mejor insumo para la construcción del mapa geomorfológico en la zona urbana, ver Figura 11.

Figura 11. Unidades Geológicas superficiales de la Ciudad de Pasto.



Fuente: INGEOMINAS, 2003

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- a) **Lavas (QL):** Se identifican 337 ha. Compuesto por flujos efusivos principalmente lavas de composición andesítica aunque localmente con variaciones a dacitas y basaltos de textura porfiritica con un notorio desarrollo de cristales de plagioclasa en una matriz afanítica oscura. Se agrupan en esta unidad de lavas, rocas de carácter efusivo que afloran al N y NW, relacionadas genéticamente con la actividad volcánica Cuaternaria sucedida en la región. Esta es la unica unidad con rocas consolidadas que se desarrollan en el contexto local. Estos flujos afloran de manera parcial y debido al carácter volcánico del área se cree puede ser muy profundos. Los contactos con el material litológico portante son: discordantes, paraconcordantes o pseudoconcordantes. Cronologicamente estas lavas datan desde principios del Pleistoceno, por actividad del Volcán Galeras y mas antiguas por el Volcán Morasurco.
- b) **Depósitos Piroclásticos (Qp):** Se identifican 778ha. Los depósitos piroclásticos afloran hacia la zona central y SurOccidente y conformando el substrato de la zona central de la ciudad. Se observan dos subunidades bien: hacia la base flujos piroclásticos, y en la parte media-superior piroclastos de caída compuestos por lapilli y ceniza.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Flujos basales: INGEOMINAS (2003) identificó en la cantera Las Terrazas, dos niveles correspondientes a los flujos piroclásticos basales. El inferior tiene un espesor apreciable de 16m, una matriz limo-arcillosa color pardo-gris oscuro que soporta clastos de entre 5 - 10 cm con máximo de 15 cm. El tope del flujo está demarcado por una zona decolorada (1,5 m de espesor) la cual refleja la interacción química con el nivel superior y los procesos de oxidación. El nivel superior tiene aprox. 4m de profundidad en un equilibrio marcado entre el porcentaje de matriz y el de clastos compuestos de rocas afaníticas verdosas, lavas porfiríticas grises con cristales de piroxeno y escoria negra.
- Piroclastos superiores de caída: Sobre los flujos piroclásticos basales se desarrolla una secuencia integrada exclusivamente por piroclastos de caída, compuesta por lapillis y cenizas de coloraciones suavemente amarillentas grises claras y con un espesor local del orden de los 35 m. A estas capas se les denomina en la región con el nombre genérico de “Cangagüas”, por extensión del nombre aplicado a depósitos de características similares descritos en detalle en la vecina República del Ecuador. Seis (6) metros arriba del contacto entre los flujos basales y los piroclastos de caída, Foto 3.5, se desarrolla un nivel de aproximadamente 5,4m de espesor, de color gris claro a blanco en fractura fresca, el cual es conocido en la región como la “capa de arena”, siendo la misma objeto de explotación intensiva como fuente de este material de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

construcción, ante la ausencia regional de arenas sedimentarias de origen aluvial. Por la importancia socioeconómica que presenta esta capa, se presenta como una UGS independiente, razón por la cual la misma se detalla en el siguiente numeral.

c) **Flujos de lodo:** Es la unidad más extendida en el área interpretada con aprox. el 3'704 ha. Se diferencian dos subunidades:

- Flujos del sector noroccidental (Qfl): Hacia el sector Briceño-Anganoy-Obonuco que se caracterizan por presentar grandes clastos de rocas volcánicas efusivas (de tamaño muy variable) en una matriz limo-arcillosa. Si bien estos flujos recubren todo el sustrato en las cañadas que drenan el sector se observa en la parte basal una secuencia de flujos piroclásticos alternando con cenizas, lapillis y lavas hacia la parte basal.
- Flujos de lodo y piroclastos de caída del sector oriental (Qfle): Esta subunidad cubre aproximadamente el 50% del área interpretada y está conformada por una alternancia superficial de flujos de lodo y de cenizas y lapillis de coloraciones amarillentas. Los afloramientos de roca en este sector son escasos pues la zona se encuentra bastante cubierta por vegetación; sin embargo, INGEOMINAS (2003) infiere que encima de la capa de arena se presenta una alternancia de depósitos de piroclastos de caída y flujos de lodo.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Los flujos de lodo también son abundantes e involucran clastos de hasta 1m y en general están conformados por rocas redondeadas de dimensiones menores (10-20cm en promedio). Los mismos presentan con frecuencia principios de estratificación y en ocasiones desarrollo de paleosuelos bien conformados INGEOMINAS (2003). Se presenta una matriz matriz clastosoportado. En el sector de Aranda, este flujo puede alcanzar un espesor de aprox. 10m INGEOMINAS (2003).

Esta subunidad es producto de caídas de material de piroclástico, principalmente cenizas de coloraciones amarillentas (Cangagüas), alternantes con flujos de lodo generados por removilizaciones acuosas del mismo material piroclástico y de lavas, fragmentadas posiblemente por acción glaciario, hacia las partes altas de la topografía INGEOMINAS (2003).

La edad de la secuencia comprende desde antes de la caída de la capa de arena (288.000 años aproximadamente), hasta posiblemente el Holoceno, pues así lo indica el desarrollo y la conservación de los paleosuelos observados en el sector de Aranda INGEOMINAS (2003).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- d) **Depósitos paludales (Qpl):** En el sector del Estadio La Libertad y algunos en la base de la loma donde se localiza la Universidad Mariana, ambos sectores urbanizados y que ocupan aprox. 88ha. INGEOMINAS identificó horizontes de turba intercalados con sedimentos limosos y arenosos que conforman depósitos paludales, relacionados tal vez con los cambios de la pendiente, desde zonas inclinadas por ejemplo aguas arriba del río Miraflores hacia una zona relativamente plana. Tal vez su formación se debe a la conformación de una cubeta de desborde de los río que durante sus crecientes estacionales depositaron una gran carga de materiales finos y acusos sobre un sustrato arcilloso proveniente de ceniza volcánica provocando el anegamiento del suelo y la acumulación de flujo.
- e) **Depósitos hidroclásticos de ladera (Qc):** Se interpretaron aprox. 84ha. Son depósitos constituidos por flujos gravitacionales de material erodado sobre zonas de pendientes medias a fuertes, por lo que preferencialmente se desarrollan sobre los taludes que conforman las coladas de lava (QL) que afloran hacia el sector noroccidental de la ciudad; en términos amplios podrían ser considerados como coluviones. La unidad presenta formas acunadas, adelgazándose pendiente arriba por lo que sus espesores son variables alcanzando magnitudes máximas del orden decamétrico. Son depósitos muy recientes que se disponen discordantemente

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

sobre las unidades más antiguas, según controles gravitacionales – topográficos (INGEOMINAS, 2003).

- f) **Terrazas del río Pasto:** Las terrazas se desarrollan en sectores marginales a los cauce, constituyéndo, Por factores genéticos y ambientales INGEOMINAS (2003) describió dos subunidades: A) Terrazas del curso alto y B) Terraza del Valle de Pandiaco.
- Terrazas del curso alto (Qtb): depósitos sedimentarios de conglomerados en una matriz limo-arenosa con bloques medianos a grandes, conformados sobre un nivel de 2mde espeso. La matriz es volcánica efusiva, predominando las andesitas afaníticas y porfiríticas. Sobre el nivel conglomerático se desarrolla una delgada secuencia de depósitos fluviales de granulometría más fina: arenas y limos predominantemente. Aunque es difícil determinar su amplitud INGEOMINAS (2003) supone aprox. 6m en contacto discordantes o pseudoconcordantes con las unidades portantes. Los productos sedimentarios agradacionales producto de la actividad del fluvial son recientes entre el Holoceno Superior a Pleistoceno INGEOMINAS (2003).
 - La terraza Pandiaco (Qta): Localizado al norte del área de estudio, presenta en su parte inferior depósitos de desarrollo conglomerático con grandes bloques caóticos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de lava y hacia el tope estratos bien definidos de granulometrías variable principalmente fina. INGEOMINAS (2003) sugiere que esta unidad se originó por el relleno de un lago producto de la obstrucción del río Pasto por el taponamiento por una colada de lava procedente del Volcán Galeras hace aproximadamente 160.000 años. Posteriormente y muy posiblemente este lago fue rellenado y colmatado por la combinación de eventos hidroclásticos posiblemente relacionados con fenómenos climáticos, por episodios volcánicos explosivos y fenómenos de deshielo de masas glaciales (INGEOMINAS, 2003).

- g) Depósitos de cauce actual (Qcac):** Se identifican aprox. 173 ha. INGEOMINAS (2003) incluye no solamente a los sistemas activos principales depositados por efectos de la dinámica de los ríos y quebradas, sino también, en especial para las quebradas afluentes del Río Pasto y Miraflores, depósitos coluviales que por efectos gravitacionales se “encajonan en los valles estrechos y alargados que conforman la morfología actual”. En consecuencia, la expresión morfológica corresponde a zonas elongadas como consecuencia del control genético que sobre ellas determina el curso fluvial (INGEOMINAS, 2003).

No se detalló la composición de esa unidad, pero se sabe que los procesos sedimentarios que la originaron indican que la misma está integrada por materiales

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

inconsolidados de variada granulometría (INGEOMINAS, 2003). Los depósitos propios de cauce corresponden a aluviones pequeños conformados por partículas de tamaño relativamente fino arcillas, limos y arenas. Los coluviones por su parte, son agregados por efectos de colapsos o de flujos gravitacionales y generalmente contrastan granulométricamente pues involucran bloques de lavas de grandes proporciones (INGEOMINAS, 2003).

El espesor de los depósitos no sobrepasa el metro y muestran contactos de carácter discordante (INGEOMINAS, 2003). Las edades de estos depósitos van desde el Pleistoceno tardío hasta el Holoceno, siendo su origen de carácter sedimentario para el caso de los aluviones del cauce, y gravitacional para los coluviones (INGEOMINAS, 2003).

- h) **Flujos Complejos (Q_{fc}):** Corresponde al flujo depositado proximos en la zona denominada “Valle de Atríz”, caracterizado por una composición que presenta interrogantes respecto al origen (INGEOMINAS, 2003). Estos flujos se componen de cantos de lavas (angulares) lo que indicaba como fuente de origen una colada volcánica ubicada muy cerca (INGEOMINAS, 2003). Como efectivamente a unos 400m al norte afloran las que provienen del volcán Morasurco, era lógico asociarlas directamente con el área fuente, sin embargo, la depresión intermedia que representa

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

el cañón del río Pasto habría actuado como una trampa gravitacional, limitando el paso de materiales tan grandes, por lo cual se mantenía la incertidumbre con respecto al área fuente de los bloques (INGEOMINAS, 2003).

- i) **Depósitos de movimientos en masa (Qmm):** Con aprox. 183ha. Se desconocen las características internas (superficies de falla) de estos ya que no hay afloramientos de roca que permitan inferirla. Debido a la naturaleza del substrato corresponde a la misma secuencia de la unidad sobre la cual se desarrollan, tratándose por tanto en su gran mayoría de flujos de lodo alternantes con materiales piroclásticos de caída (INGEOMINAS, 2003).

La génesis de estos depósitos indudablemente se relaciona con el alivio de esfuerzos gravitacionales que culminan con el flujo de porciones tabulares o cuneiformes de la cobertura sobre una superficie de falla, siendo generalmente esta última de carácter rotacional (INGEOMINAS, 2003). Son eventos recientes en el tiempo y por lo tanto la gran mayoría de ellos deben haberse desarrollado en el Holoceno. Los de mayor extensión se localizan en El Popular, Santa Mónica y las laderas del Cerro Morasurco.

- j) **Llenos antrópicos (Qll):** Se interpretaron aprox. 91ha. Los componentes antrópicos detectados corresponden a rellenos de urbanizaciones, de sanitarios e ingenieriles.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Obviamente los contactos que aparecen delimitados en el mapa son inferidos con base en manifestaciones puntuales. INGEOMINAS (2003) los agrupa en cuatro categorías:

- Acumulaciones de escombros y basura esparcidas por medios mecánicos con fines urbanísticos.
- La Acumulaciones predominantes de escombros o de materiales naturales nivelados con fines ingenieriles o urbanístico.
- Rellenos de escombros con fines compensatorios a problemas desubsidencia.
- Rellenos Sanitarios.

2.3.3 Geología Estructural

Dado el carácter cuaternario de todas las unidades superficiales en el área estudiada, los rasgos estructurales principales se encuentran enmascarados. Por otra parte los rasgos neotectónicos son escasos. Muy posiblemente, gran parte de los lineamientos morfológicos que se tratan a continuación obedezcan a controles tectónicos por fallamientos profundos.

La tectónica del área es compleja y difícil de interpretar. La cuenca se encuentra en la placa denominada Bloque Andino (Pennington, 1979), conformada por las cordilleras Occidental y Central-Oriental, estas separadas entre sí por los valles interandinos de origen

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

tectónico Cauca-Patía y Magdalena; los límites de esta placa son la zona de subducción de Suramérica y la Falla Frontal Andina. El Bloque Andino se formó como consecuencia de la interacción de las placas de Cocos, Nazca, Suramérica y Caribe, y presenta una historia tectónica muy complicada. Como consecuencia de la interacción de las placas de Nazca y el bloque Andino, se tipifica una zona de convergencia destructiva a la cual se asocia el vulcanismo actualmente activo que se desarrolla, restringido a las cordilleras Central y Occidental. El complejo volcánico Galeras es un ejemplo de la actividad del sistema, formado en el límite oriental de la depresión interandina Cauca-Patía.

El nudo de los pastos debe su origen al relleno de la Depresión Cauca-Patía por material y estructuras volcánicas del Mioceno y al levantamiento tectónico y estrechamiento de la Depresión del río Magdalena; el Complejo Volcánico del Galeras es uno de los responsables del relleno de la Depresión Cauca-Patía; La Cocha es la expresión morfológica final de la Depresión del río Magdalena hacia el Sur.

Los siguientes son los principales rasgos estructurales de la zona de estudio:

- Sistema de Fallas de Romeral. Su trazo principal pasa por el Volcán Galeras, tiene una dirección N45°E y, hacia el sur, tiende a N 10°E, donde se continúa por el río Guáitara. La Falla de Buesaco se asocia a este sistema; es común encontrar complejos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

caldéricos en el trazo de estas fallas.

- Sistema de Fallas del Río Magdalena. A nivel regional, este sistema limita la Cordillera Central con el Valle del Magdalena. En la Plancha 429-Pasto su dirección varía entre E-W y S60°W.

Se identifican algunas fracturas de dirección N40°W a N70°W que se salen del tren regional, y pueden corresponder a fallas antiguas cretácicas. En general, las estructuras tienen un rumbo aproximado N10°E a N45°E y se deben a los esfuerzos compresivos típicos en zonas de convergencia destructiva de placas litosféricas. En este caso, la orientación de las fallas está dada por la acción de la Placa de Nazca que subduce al Bloque Andino. El Sistema de Fallas de Romeral es la expresión morfológica de una paleozona de subducción jurá-cretácica, mientras las fallas del Sistema del Río Cauca se originaron como fracturas tensionales, en la zona de flexión de esa corteza oceánica subducida.

2.4 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

Los estudios en este tema asociados a la cuenca son insuficientes y de baja calidad. En la información recopilada evidencian el poco conocimiento e interés que los análisis geomorfológicos han suscitado. FUNDAGUIZA-CORPONARIÑO realizaron en 2010 el

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

primer mapa geomorfológico a escala 1:100.000 con énfasis en movimientos en masa, con base en los planchas geológicas a escala 1:100.000. Los resultados aunque pobres en delimitación para el objeto de estudio muestran la predominancia de campos de Ceniza (Tabla 7 y Figura 12).

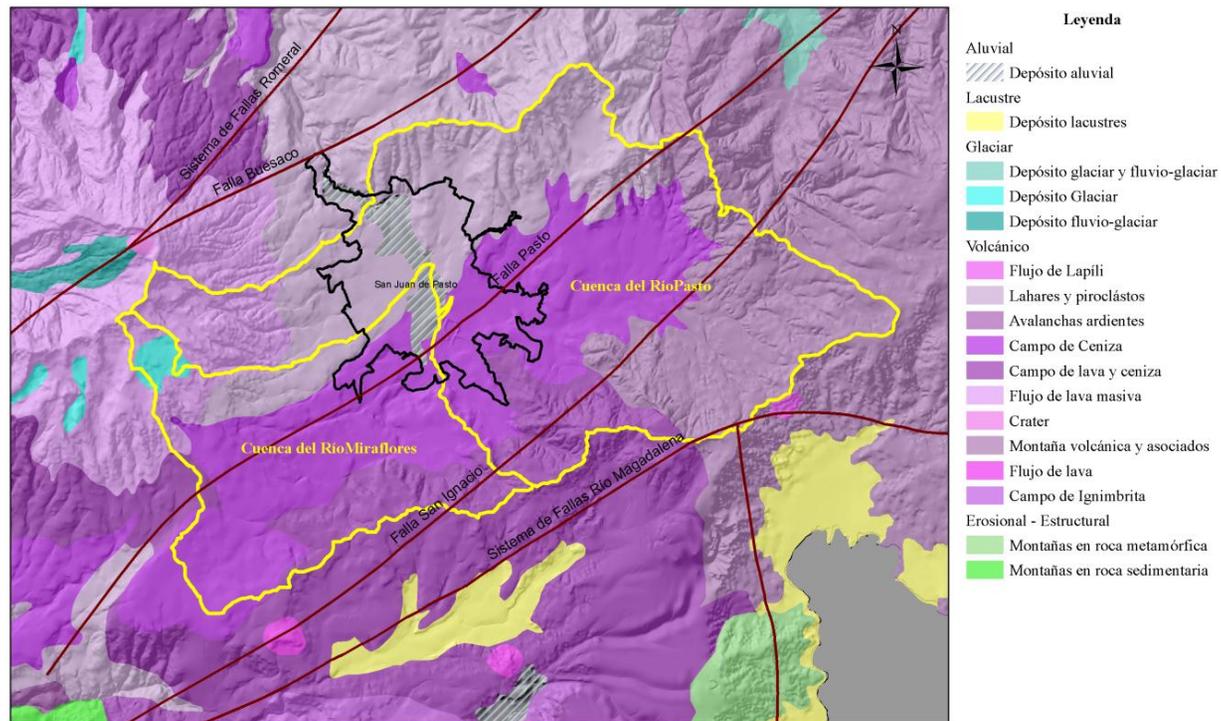
Los análisis geomorfológicos realizados para los planes de manejo de las cuencas del Río Juananbú y la Cuenca del Río Pasto son solo interpretaciones fisiográficas construidas a partir de los mapas de suelos o delimitación de unidades de paisaje con una escala menor a la que se define en este análisis. Estos resultados son descartados por las debilidades y errores que de estos se derivan.

Tabla 7. Unidades de Paisaje Geomorfológicas a escala 1:100.000

Unidad de Paisaje	Cuenca Pasto (ha)	Cuenca Miraflores (ha)
Campo de Ceniza	7610,3	3765.9
Campo de lava y ceniza	80.2	80.2
Depósito aluvial	512.9	198.3
Depósito Glaciar	186.7	167.7
Montaña volcanica y asociados	3837.2	
Flujo de lava masiva	1526.0	439.1
Lahares y piroclastos	4952.1	697.8
Flujo de Lapíli	1.24	

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 12. Mapa Geomorfológico escala 1:100.000. Fuente: Fundagüiza – Corponariño, 2011.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Con el mapa Geológico a escala 1:10.000 y los insumos antes mencionados se construyó un mapa de subunidades geomorfológicas a escala 1:10.000 para la ciudad de Pasto de aprox. 5'789ha lo cual permite complementar las áreas aledañas a los cauces y contextualizar las geoformas de interés en este estudio. Las áreas aledañas a los cauces estudiados fueron interpretadas a escala 1:5000 como se mencionó en la metodología, cubriendo un área de 1'414ha. El área Interpretada corresponde a unidades fluviales y denudacionales que son la base de este análisis. Encontramos subunidades geomorfológicas para cuatro ambientes morfogenéticos: volcánico, denudacional, fluvial y antropogénico.

La precisión y la definición de las subunidades realizada permite detallar además las clases laderas que componen el paisaje, en este caso estrictamente volcánico y denudacional con grandes depósitos de sedimentos vulcano-sedimentarios, específicamente piroclastos, flujos de lodos como matriz que soporta bloques y clastos. Aunque en la zona no hay grandes afloramientos rocosos la descripción geológica indica que predominan las andesitas y basaltos. Estos están más expuestos en algunos sectores en el cauce de los ríos por cuenta de los procesos erosivos que estos desencadenan. Los cauces estudiados son los mayores rasgos de la disectación y erosión de las cuencas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las geoformas actuales obedecen además a procesos ocasionados por los flujos de piroclastos, piroclásticos de caída y campos de ceniza procedentes ya sea del Volcán Galeras o del Volcán Morasurco o de otros centros volcánicos de la región. INGEOMINAS (2003) describe un facie de arenas volcánicas que donomina “Capa Arena” la cual concuerda con materiales centros volcánicos de Ecuador. La actividad reciente del Volcán Galeras no ha modificado el paisaje de forma considerable más allá de acumulaciones ceniza en superficie.

En anexo se detalla los resultados de las actividades de campo junto con los análisis granulométricos para la caracterización de las geoformas. A continuación relacionamos las unidades geomorfológicas delimitadas para este estudio complementadas por los resultados del mapa geomorfológico agrupados por ambientes morfogenéticos.

2.4.1 Geoformas en ambiente morfogenético volcánico

Este ambiente morfogenético representa el 60% del área interpretada. Está compuesto por mesas y laderas compuestas por materiales volcánicas. Por su extensión e importancia se clasificaron por el rasgo morfométrico mas importante, la pendiente. Las unidades interpretadas se detallan en la Tabla 8 y Figura 13.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 8. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos volcánico

Cód	Geoforma	Número de unidades interpretadas	Área (ha)
V1	Mesas cubiertas en flujos de piroclastos	6	154.36
V2a	Ladera inclinada en lavas	2	0.99
V2b	Ladera abrupta en lavas	16	88.85
V2bi	Ladera abrupta en lavas con infraestructura	1	0.47
V2c	Ladera escarpada en lavas	5	17.75
V2d	Ladera muy escarpada en lavas	1	2.27
V3a	Ladera inclinada en flujos de piroclastos	40	250.78
V3ai	Ladera inclinada en flujos de piroclastos con infraestructura	25	385.62
V3b	Ladera abrupta en flujos de piroclastos	95	795.71
V3bi	Ladera abrupta en flujos de piroclastos con infraestructura	5	7.29
V3c	Ladera escarpada en flujos de piroclastos	75	329.40
V3ci	Ladera escarpada en flujos de piroclastos con infraestructura	1	1.71
V4ai	Ladera inclinada en piroclastos de caída con infraestructura	2	1.73
V4b	Ladera abrupta en piroclastos de caída	14	184.92
V4c	Ladera escarpada en piroclastos de caída	5	20.59
V4ci	Ladera escarpada en piroclastos de caída con infraestructura	2	4.25
V5a	Ladera inclinada en piroclastos	69	916.67
V5ai	Ladera inclinada en piroclastos con infraestructura	32	630.65
V5b	Ladera abrupta en piroclastos	24	31.23
V5bi	Ladera abrupta en piroclastos con infraestructura	6	11.05
V5c	Ladera escarpada en piroclastos	13	57.33
V5d	Ladera muy escarpada en piroclastos	5	13.55

- **Mesas en flujos de piroclastos (V1):** Asociadas a las lavas compuestas por rocas extrusivas de carácter efusivos relacionadas con la actividad volcánica cuaternaria,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

posiblemente provenientes del Volcán galeras y Morasurco. Se localizan al norte del área interpretada en

- **Laderas en lava (V2):** Afloramientos de lavas expuestas por erosión en diferentes pendientes, inclinadas (V2a), abruptas (V2b), escarpadas (V2c) y muy escarpadas (V2d) todas de pendiente lineal y convexa.

- **Laderas en flujo de piroclastos (V3):** Son geoformas complejas en un amplio rango de curvaturas: cóncava-lineal-convexa sobre flujo de piroclastos que presentan pendientes inclinadas (V3a), laderas abruptas en flujos piroclásticos (V3b) y escarpadas (V3c), En la zona peri-urbana se distribuyen flujos extensos convexos a moderadamente cóncavo inclinadas con o sin infraestructura.

- **Laderas en piroclastos de caída (V4):** Laderas cuya morfometría es llano-convexa con pendientes fuertes desde abruptas (V4b), escarpadas (V4c) y muy escarpadas (V5d). se distribuyen principalmente en los terrenos de los barrios La Esmeralda, Mercenario, Villa Flor, Guamuez y Santa Catalina. En el extremo sur occidental en los sitios denominados Obonuco y Jongovito.

Figura 13. Ladera en flujo de piroclastos (Flecha negra) y en piroclastos (flecha blanca) en el cerro Tescual.



2.4.2 Geformas en ambiente morfogenético denudacional

Diez subunidades fueron interpretadas en este ambiente morfogenético, ver Tabla 9.

- **Lomas (D1):** Se identifica 14 lomas, las cuales son pequeñas elevaciones poco desarrolladas. Las principales reconocidas en la zona son la loma de la Universidad y en algunos casos las cimas (D2).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 9. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos denudacional

Cód	Geoforma	Número de unidades interpretadas	Área (ha)
D1	Loma aislada	14	26.01
D10	Escarpes en flujos de piroclastos	14	77.05
D2	Cima de loma	10	8.86
D3	Escarpe de movimiento en masa	47	91.56
D4	Depósito de movimiento en masa	71	167.79
D4i	Depósito de movimiento en masa con infraestructura	4	14.80
D5	Depósito de ladera	45	203.69
D5i	Depósito de ladera con infraestructura	6	31.83
D6	Lomo subhorizontal	35	292.01
D7	Flujo de detritos	11	10.24
D7i	Flujo de detritos con infraestructura	2	2.32
D8	Escarpe en lavas	3	6.53
D9	Ladera de disección fluvial	59	497.52
D9i	Ladera de disección fluvial con infraestructura	2	3.45

- **Movimientos en masa:** Caracterizados por formar herraduras, son del tipo deslizamiento. Por sus características se dividió en escarpes (D3) y depósitos (D4) donde aflora el subsuelo producto que se presenta sobre la superficie de falla y que bordea la parte alta del deslizamiento. Este subsuelo esta compuesto por flujos de lodos no activos cubiertos por piroclastos de caída. En la zona norte los movimientos en masa inactivos compuestos por materiales inconsolidados y descubiertos en algunos con construcciones y urbanizaciones (D4i) que si bien no presentan grietas recomienda realizar análisis de ingeniería.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Otros movimientos en masa identificados corresponden a flujos de detritos en el Cerro Morasurco, compuestos por materiales terrosos no consolidados, los cuales se diferencian de la subunidad D7 en que no evidencian movimiento rotacional de la masa hacia atrás, y que no desarrollan escarpes en forma de herradura. Estas geoformas se reconocen principalmente en la parte noroccidental del área de estudio, hacia la parte sur de las terrazas de Pandiaco.

- **Depósitos de ladera (D5):** Son geoformas demarcadas en su mayoría en terrenos con pendientes superiores a 20° principalmente por gravedad. En estos hay acumulación de suelos residuales y/o roca meteorizada y desprendido de vertientes que se acumulan en zonas al pie de las laderas o si están muy próximos en los valles de ríos y quebradas; presentan formas irregulares. Un ejemplo de estos procesos se localiza próximos al sector Morasurco o los depósitos a los lados del río Chapal. Se denota como D6 aquellas unidades sin infraestructura y D7 aquellas con infraestructura.
- **Lomos Subhorizontales (D6):** Corresponden a las crestas semi-redondeadas e incluso planas, rectas a moderadamente cóncavas con pendientes inferiores a 20°.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- **Escarpe de Lavas (D8):** Estas geoformas corresponden a zonas con pendientes inclinadas a escarpadas que se localizan hacia la vía a Chachagüi, en la hacia la margen derecha del río Pasto.

- **Laderas de disección fluvial (D9):** Laderas con forman valles en V, producto de la disección y/o profundización de cauces en pendientes ligeramente inclinadas a moderadas, y cuyos cauces ya permiten la acumulación de materiales transportados por sus corrientes. Las formas más relevantes corresponden a la incisión de las quebradas Calambuco, Gualmatán y Mijitayo y el Río Miraflores (Figura 14).

En el río Miraflores se analizaron cuatro muestras que corresponden a estas laderas indican poca variabilidad. La granulometría es fina compuesta por gravas y Arenas mal graduadas, textura al tacto franco arenosa, y estructura granular. Al tacto el suelo se mostró frible y plástico (Tabla 10).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 10. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río Miraflores

Punto/Atributo	Panamericana - 2	Río Bobo - 3	Variante Mocoa	Pollos al Día - 5
Ambiente morfogenético	Denudacional	Denudacional	Denudacional	Denudacional
Rasgo Geomorfológico	Ladera escarpada	Ladera escarpada	Ladera escarpada	Ladera escarpada
Pendiente (Curvatura)	Lineal a convexa	Lineal	Lineal	Lineal
Pendiente (°)	45	20	15	30
Observación				
Vegetación	Relicto bosque - Pasto limpios	Relicto bosque - Pasto limpios	Relicto bosque - Pasto limpios	Relicto bosque
Movimientos en masa				
Erosión	Surcos	Surcos	Surcos	Surcos
Grado de erosión	Severa	Moderada	Moderada	Severa
Coefficiente de Uniformidad	23.84	119.92	9.11	27.4
Grado Curvatura	0.2	3.16	0.37	0.18
Clasificación S.U.C.S	Arena mal graduada con limo SP SM	Grava mal graduada con arena GP	Arena mal graduada SP	Arena mal graduada con grava SP
Estructura	Granular	Granular	Granular	Granular
Textura al tacto	Franco Limo Arenoso	Arenosos	Franco arenoso	Franco arenoso
Consistencia Húmedo - Mojado	Friable	Friable	Friable	Friable
Grado de Meteorización Roca	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada
Desarrollo edáfico	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
Humedad (%)	75.18	53.53	42.36	30.86
Reacción a fenoltaleína	Si	Si	Si	Si
Orden				
Clasificación USDA				

Figura 14. Ladera de disección fluvial en la zona alta del río Miraflores.



- **Escarpes en flujos de piroclastos (D10).** Son geoformas en donde el terreno presenta pendientes escarpadas a abruptas compuesta por flujos piroclásticos y donde la gravedad y el agua son los agentes que los determinan. Hacia el norte de la zona de Buesaquillo se localizan extensas zonas que se clasificaron dentro de esta subunidad, así como en algunos sectores sobre la margen derecha del río Pasto.

2.4.3 Geoformas en ambiente morfogenético fluvial

Hacia la cabecera del Río Pasto (Valle de las Piedras) y el Río Miraflores (a la altura de la Laguna Negra) hay evidencia de materiales sometidos a procesos hidráulicos productos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de la acción de morrenas o circos de glaciares antiguas. Estos son valles en V donde predominan clastos de diabasas en una matriz textura variable. El transecto evaluado en el Valle de las Piedras presenta pendientes abruptas a escarpadas y erosión en surcos fuerte así como rocas moderadamente meteorizadas y clastos heterométricos e hidroclastos de ladera, con escarpe de lecho que usualmente sobrepasan aprox. 2m de altura. El análisis granulométrico indica que predominan las gravas mal graduadas con clastos, al tacto son suelos de textura gruesa (Clasificación SUCS) y mantos de cenizas con andesitas en suelos de orden Andisol de tipo melánico (

Tabla 11). La acción fluvial erosiva es evidente en el sector, no solo por la conformación del escarpe, sino la erodabilidad de los suelos. En la imagen satelital se observan laderas con erosión severa que pueden estar asociados al mal manejo de los suelos.

En el cauce del río Miraflores a nivel granulométrico predominan los bloques de Andesitas, en una matriz de flujo de lodos, de granulometría arenal mal graduada. La erosión es moderada en surcos y la roca evidencia meteorización ligera. (

Tabla 11). El nivel de erosión edáfica y el grado de meteorización de la roca son menores en comparación al río Pasto, favorecido por una cobertura de bosque secundario.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 11. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río

Pasto

	Punto/Atributo	Laguna Séca (P1)
Geoforma	Ambiente morfogenético	Fluvio - Glaciar
	Rasgo Geomorfológico	Escarpe de río
Descripción general	Pendiente (Curvatura)	Lineal
	Pendiente (°)	45
	Observación	
	Vegetación	Bosque secundario
	Movimientos en masa	
Morfográficos	Erosión	Surcos
	Grado de erosión	Moderada
Morfogenéticos	Coefficiente de Uniformidad	88.79
	Grado Curvatura	57.87
	Clasificación S.U.C.S	Grava mal graduada con GP
	Estructura	Granular
	Textura al tacto	Arenoso
Morfocronológicos	Consistencia Húmedo - Mojado	Friable
	Grado de Meteorización Roca	Meteorizada
	Desarrollo edáfico	Moderado
Otras características edáficas	Humedad (%)	84.08
	Reacción a fenoltaleína	Si
	Orden	Andisol
	Clasificación USDA	Typic Melanudands

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 12. Atributos de geoformas fluvio-glaciales analizadas en campo en la cuenca del río

Pasto

	Punto/Atributo	Laguna Negra (P1)
Geoforma	Ambiente morfogenético	Fluvio - Glaciar
	Rasgo Geomorfológico	Escarpe de río
Descripción general	Pendiente (Curvatura)	Lineal
	Pendiente (°)	50
	Observación	Talud proximo al cauce del río (2m)
	Vegetación	Bosque secundario
	Movimientos en masa	
Morfográficos	Erosión	Surcos
	Grado de erosión	Suave
	Coeficiente de Uniformidad	7.53
Morfogenéticos	Grado Curvatura	0.6
	Clasificación S.U.C.S	Arena mal graduada con grava SP
	Estructura	Granular
	Textura al tacto	Franco arenoso
	Consistencia Húmedo - Mojado	Friable
Morfocronológicos	Grado de Meteorización Roca	Ligeramente meteorizada
	Desarrollo edáfico	Moderado
	Humedad (%)	53.48
Otras características edáficas	Reacción a fenoltaleína	Si
	Orden	
	Clasificación USDA	

Aunque las unidades antes descritas son importantes por las particularidades de su ambiente morfogenético, a nivel cartográfico su delimitación se dificulta por la complejidad de las laderas en las que se hallan inmersas así como por la acumulación de piroclastos y

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

flujos volcánicos. Así estas áreas se verán inmersas en áreas que se describen a continuación.

A nivel fluvial identificamos siete subunidades a saber, ver Tabla 13.

Tabla 13. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos fluvial

Código	Geoforma	Número	Área (ha)
F1	Lecho actual de río	35	88.85
F1d	Escarpe en cauce de río	87	24.10
F2	Abanico aluvial	5	8.28
F2i	Abanico aluvial con infraestructura	3	6.05
F3	Depósito de hidroclastos de ladera	9	258.81
F3i	Depósito de hidroclastos de ladera con infraestructura	4	4.85
F4	Terraza alta	6	7.00
F4i	Terraza alta con infraestructura	3	91.18
F5	Terraza baja	73	87.18
F5i	Terraza baja con infraestructura	13	65.32
F6	Escarpe de terraza	77	27.88
F7	Depósito coluvio - aluvial	9	15.72
F7i	Depósito coluvio - aluvial con infraestructura	3	24.70

- **Lecho actual de Río:** Componen los cauce del río Pasto y Miraflores así como de otras quebradas (F1) que se caracterizan por sus valles en U y V así como los escarpes de sus cañones (F1d). El Río Pasto discurre en la parte alta por un estrecho valle de origen fluvio glacial, constituyendo un escarpe o talud vertical que puede variar entre el metro y los ocho metros de altura. A este valle tributan numerosos cauces rectos cuyo patrón es dendrítico. La cama de sedimentos en toda el área de estudio está compuesta por bloques de roca y clastos de andesitas las cuales no muestran rasgos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de meteorización severa, aunque en la cabecera del río hay evidencia de acción glacial, esto por la composición de los clastos. El sedimento fino predominante está compuesto por arenas volcánicas. Por su morfometría el cauce es un río estrecho (relación ancho/profundidad menor a 12) de sinuosidad moderada (relación longitud talwed/longitud de 1.6). Por su parte el río Miraflores, aunque conserva características litológicas similares, la acción volcánica ha sido determinante, conformando cañones más profundos, patrones de drenaje radial y menor sinuosidad.

Dentro del perímetro urbano todos los cauces han sido intervenidos, canalizados o conducidos por box culverts. Sobre algunos cauces antiguos se han construido vías y sobre otros se han establecido edificaciones. Los cauces cubiertos fueron interpretados a partir del mapa geológico 1:10.000 y clasificados como llenos antrópicos, ver Figura 15 y Figura 16. A continuación se listan algunas características de los cauces:

- a) Hacia la zona la Urbanización Aranda se localizan las quebradas La Aranda y Gallinacera; la primera fluye por su cauce natural y la segunda es conducida en tubería. Los barrios La Florida, La Carolina y Villa Recreo están circundados por dos quebradas escaza longitud no intervenidas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- b) Las quebradas Membrillo Guaico que bordea el costado noreste del sector de Jamondino; esta ha sido canalizada desde el barrio La Victoria, rellenándose su antiguo cauce en donde ahora se encuentran dos zonas deportivas y el supermercado Comfamiliar del Barrio Lorenzo de Aldana.
- c) Tiene un valle profundo hasta aproximadamente 150 m antes de unirse con la Quebrada La Berbena, la cual bordea el sector de Jamondino por el costado suroeste.
- d) La quebrada La Berbena tiene un valle menos profundo que la quebrada Membrillo; es conducida en tubería a partir del barrio La Minga.
- e) La quebrada Guachucal está separada de la quebrada La Berbena por una colina de poca elevación y fluye casi paralela a la misma.
- f) Al río Miraflores le tributa la Quebrada Chapal. Estos bordea la base militar de Chapalito. El río conserva su cauce natural hasta el estadio La Libertad, desde donde es conducido en canal abierto por la Avenida Chile. El cauce estaba localizado donde se han construido los barrios Las Lunas, Las Violetas, Fátima, Alhambra, Navarrete y El Prado, hasta el sector de dos puentes donde se unía con el río Pasto .
- g) La quebrada Los Chilcos mantiene su cauce natural hasta llegar a la zona urbana; desde allí, conducida por tubería por la Urbanización Universitaria.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 15. Lecho actual del Pasto (Arriba) y Miraflores (Abajo)



Figura 16. Canalización del río Miraflores.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- **Abanico aluvial (F2):** Algunos tributarios de los ríos Pasto y Miraflores pasan desde cañones o gargantas a superficies abiertas donde han depositado materiales y erosionando orillas conformado abanicos donde los materiales gruesos y heterogéneos se concentran en el ápice y los materiales finos hacia la parte basal o desembocadura. La muestra analizada al margen derecho del río en el sector del río a la altura del Colegio Militar (
-
- (Figura 17 y Tabla 14) muestran acumulaciones de grava mal graduada con clastos de tamaño variable envueltos en una matriz de flujos de piroclastos de alta porosidad y materiales sin consolidar.

Figura 17. Abanico aluvial de quebrada que tributa al río Pasto a a la altura del Colegio Militar.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 14. Atributos de geoforma abanico aluviales

	Punto/Atributo	Servientrega - 5
Geoforma	Ambiente morfogenético	Fluvial
	Rasgo Geomorfológico	Abanico aluvial
Descripción general	Pendiente (Curvatura)	Lineal
	Pendiente (°)	30
	Observación	
	Vegetación	Relicto bosque
	Movimientos en masa	
Morfográficos	Erosión	Surcos
	Grado de erosión	Suave
Morfogenéticos	Coefficiente de Uniformidad	130.74
	Grado Curvatura	0.45
	Clasificación S.U.C.S	Grava mal graduada con arena GP
	Estructura	Granular
	Textura al tacto	Franco arenoso
	Consistencia Húmedo - Mojado	Friable
Morfocronológicos	Grado de Meteorización Roca	Moderada
	Desarrollo edáfico	Moderado
Otras características edáficas	Humedad (%)	35.82
	Reacción a fenoltaleína	Si
	Orden	Entisol
	Clasificación USDA	

- **Depósitos de hidroclastos (F3):** Son depósitos de materiales arrastrados por efecto gravitacionales o coluviones desde laderas usualmente con pendientes inclinados a escarpadas. Su rasgo morfogenético más visibles es su desarrollo asociado a taludes que conforman las coladas de lava. Pueden presentar infraestructura (F3i).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- **Terrazas altas (F4):** Tienen una pendiente plana a ligeramente inclinada aledaña al cauce de los ríos y limitada por un talud o escarpe que concluye en el lecho actual del río. Esta geofomas están presentes principalmente en el cauce del Río Pasto en el sector donde se localiza la Universidad de Nariño y hacia en la zona de Jongovito próximo al cauce al Río Miraflores. Pueden presentar infraestructura (F4i), ver Figura 18.

Figura 18. Terraza alta en la Universidad de Nariño.



- **Terrazas bajas y escarpes de terraza:** Las terrazas (F5) son de carácter agradacional, conformadas por conglomerados de profundidad variable que no sobrepasan los 3m de espesor. Está compuesta por una matriz limo arenosa con bloques medianos, grandes y clastos en menor proporción, materiales efusivos

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

principalmente andesitas. Puede presentar construcciones (F5i), ver Figura 19. Sobre esta geofomas se tomaron cinco muestras granulométricas, cuatro en las terrazas del Río Pasto y una del Río Miraflores. El análisis granulométrico en las terrazas del Río Pasto muestra una matriz de suelos residuales de alta permeabilidad y porosidad compuesto por arenas mal graduadas.

Las características edáficas indican suelos de orden Andisol a Alfisol este último evidenciando mas desarrollo edáfico y localizado en las terrazas de Morasurco (Tabla 15 y Tabla 16). La erosión en estas geofomas es suave, la estructura esférica, y predominan los materiales amorfos (reacción a fenolftaleína) y pH neutros media 6.2. Hay acumulación de materia orgánica en superficie y la cobertura predominante son pastos limpios muy denso. Sobre las terrazas no aflora el material litológico. Los escarpes de las terrazas presentan una altura que varía entre el metro (Sector de Buesaquillo – La Carolina), Ocho metros frente al Parque de Bolivar y entre los 2 y 4m La Riviera Morasurco). Todos los suelos no son uniformes, mostrando una amplia distribución de partículas y texturas gruesas evidencia de procesos erosión en las orillas de los cauces así como arrastre de materiales en los taludes y acumulación de materiales volcánicos (arenas volcánicas).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 19. Terraza baja a ambas del río Pasto con y sin infraestructura (arriba y abajo) en el Sector de la Riviera – Morasurco.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 15. Atributos de geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Pasto

Atributo	Laguna Seca - P2	Buesaquillo - 3	La Carolina - 4
Ambiente morfogenético	Fluvial	Fluvial	Fluvial
Rasgo Geomorfológico	Terraza baja	Terraza baja	Terraza baja
Pendiente (Curvatura)	Lineal	Lineal	Lineal
Pendiente (°)	7	7	7
Observación			
Vegetación	Pastos limpios (Ganadería)	Pasto limpio	Pasto limpio
Movimientos en masa			
Erosión	Surcos	Surcos	Surcos
Grado de erosión	Suave	Suave	Suave
Coefficiente de Uniformidad	15.77	6.62	47.17
Grado Curvatura	0.44	0.61	33.97
Clasificación S.U.C.S	Arena mal graduada con limo SP-SM	Arena mal graduada con grava SP	Grava mal graduada con Gp
Estructura	Granular - Subangular	Granular	Granular
Textura al tacto	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Consistencia Húmedo - Mojado	Friable	Friable	Friable
Grado de Meteorización Roca	Moderada	Moderada	Moderada
Desarrollo edáfico	Moderado	Moderado	Moderado
Humedad (%)	48.06	52.11	38.4
Reacción a fenoltaleína	Si	Si	Si
Orden			
Clasificación USDA	Pachic Melanudands		

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 16. Atributos de geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Pasto

Atributo	Parque Bolivar - 6	La Riviera - 7	Morasurco - 8
Ambiente morfogenético	Fluvial	Fluvial	Fluvial
Rasgo Geomorfológico	Terraza baja	Terraza baja	Terraza baja
Pendiente (Curvatura)	Lineal	Lineal	Lineal
Pendiente (°)	10	5	5
Observación			
Vegetación	Pasto limpio	Pasto limpio	Pasto limpio
Movimientos en masa			
Erosión	Surcos	Surcos	Surcos
Grado de erosión	Suave	Moderada	Moderada
Coefficiente de Uniformidad	192.42	4.68	173.71
Grado Curvatura	0.02	0.78	0.03
Clasificación S.U.C.S	Arena mal graduada con grava SP	Arena mal graduada con grava SP	Arena mal graduada con grava SP
Estructura	Granular	Granular - Subangular	Granular
Textura al tacto	Franco arenoso	Franco arenoso	Franco arenoso
Consistencia Húmedo - Mojado	Friable	Friable	Friable
Grado de Meteorización Roca	Moderada	Moderada	Moderada
Desarrollo edáfico	Moderado	Moderado	Moderado
Humedad (%)	35.82	34.84	40.9
Reacción a fenoltaleína	Si	Si	Si
Orden			
Clasificación USDA			

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La mayor expresión morfológica de esta terraza en el Río Miraflores se localiza en el Parque Chapal o Chapalito. Esta presenta un longitud de aproximadamente 50 metros de ancho. La Longitud de la misma es difícil de determinar a razón de la antropización y urbanización aguas abajo del río.

Los suelos aquí son de orden inceptisol con una importante acumulación de ceniza volcánica. No hay afloramiento de material litológico que permita determinar el sustrato que la compone. Predomina los pastos limpios abundantes y los rasgos de erosión muestran surco suave. Granulométricamente predominan los sedimentos finos, arenas mal graduadas con limos, suelos de textura franco arenosa que reaccionan a la fenoltaleína (indicador de ceniza volcánica). La estructura es granular a subangula, de consistencia friable (

Por su parte los escarpes de terraza (F6) son una unidad a detallar y que merece especial atención. Estos corresponden a los taludes de las terrazas de los ríos Pasto y Miraflores. Los afloramientos de la parte basal y superior están conformada por un desarrollo conglomeráticas que involucra grandes bloques de lavas, ceniza volcánica y andesitas en disposición caótica (Figura 20 y Figura 21).

Tabla 17).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Por su parte los escarpes de terraza (F6) son una unidad a detallar y que merece especial atención. Estos corresponden a los taludes de las terrazas de los ríos Pasto y Miraflores. Los afloramientos de la parte basal y superior están conformada por un desarrollo conglomeráticas que involucra grandes bloques de lavas, ceniza volcánica y andesitas en disposición caótica (Figura 20 y Figura 21).

Tabla 17. Atributos de la geoforma Terraza baja próximas al cauce del río Miraflores

	Punto/Atributo	Parque Chapal - 6
Geoforma	Ambiente morfogénético	Fluvial
	Rasgo Geomorfológico	Terraza baja
Descripción general	Pendiente (Curvatura)	Lineal
	Pendiente (°)	5
	Observación	
	Vegetación	Pasto limpio
	Movimientos en masa	Flujo de detritos
Morfográficos	Erosión	Surcos
	Grado de erosión	Moderada
Morfogenéticos	Coefficiente de Uniformidad	3.6
	Grado Curvatura	0.62
	Clasificación S.U.C.S	Arena mal graduada con limo SP-SM
	Estructura	Granula - Subangular
	Textura al tacto	Franco arenoso
Morfocronológicos	Consistencia Húmedo - Mojado	Friable
	Grado de Meteorización Roca	Moderada
	Desarrollo edáfico	Moderado
Otras características edáficas	Humedad (%)	
	Reacción a fenoltaleína	Si
	Orden	

Figura 20. Terraza baja del río Miraflores en el sector de Parques de Chapalito



- **Depósitos en flujos complejos (F7):** Se denomina así a los materiales depositados desde el sector denominado ‘Valle de Atríz’ hacia el cauce del río Pasto. Como se detallo en el análisis geológico los materiales encontrados por INGEOMINAS (2003) respecto a su origen generan interrogantes. Los bloques analizados no proceden del Volcán Galeras y aunque se cree que son del Volcán Morasurco, los materiales de este último deberían ser acotados por el cañón del río Pasto. Otro aspecto que dificulta su análisis es la antropización de la zona, ver Tabla 18.

Figura 21. Escarpes de Terraza del Río Pasto, en terraza baja del sector morasurco (arriba)
y terraza alta en la Universidad de Nariño (abajo)



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 18. Atributos de la geoforma depósitos complejos próximas al cauce del río Pasto

	Atributo	Valle de Atriz - 9
Geoforma	Ambiente morfogenético	Fluvial
	Rasgo Geomorfológico	Depósitos de flujos complejos
Descripción general	Pendiente (Curvatura)	Lineal
	Pendiente (°)	7
	Observación	
	Vegetación	Pasto limpio - Escombros
	Movimientos en masa	
Morfográficos	Erosión	Surcos
	Grado de erosión	Moderada
	Coefficiente de Uniformidad	214.08
Morfogenéticos	Grado Curvatura	0.22
	Clasificación S.U.C.S	Grava mal graduada con Gp
	Estructura	Granular
	Textura al tacto	Franco arenoso
	Consistencia Húmedo - Mojado	Friable
Morfocronológicos	Grado de Meteorización Roca	Moderada
	Desarrollo edáfico	Moderado
	Humedad (%)	38.64
Otras características edáficas	Reacción a fenoltaleína	Si
	Orden	
	Clasificación USDA	

Depósitos coluvio-aluviales: Son depósitos donde se acumulan los materiales de los procesos erosión de laderas (coluvial) y fluvial de tipo aluvial. La pendiente va de ligeramente

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

inclinada a moderada y se localizan principalmente en el extremo SE de la cuenca del Río Pasto así como en la parte NW.

2.4.4 Geformas en ambiente morfogenético antropogénico

Lo componen las explanaciones y los rellenos realizados con el fin de nivelar terrenos. Identificamos 10 subunidades, ver Tabla 19.

Tabla 19. Subunidades geomorfológicas en ambiente morfogenéticos volcánico

Código	Geoforma	Número	Área (ha)
A1	Explanaciones en cenizas	2	7.21
A2	Explanaciones en lavas	2	2.61
A3	Explanaciones para acequias	2	0.40
A4	Explanaciones para vías	48	47.34
A5	Colapsamiento por minería	15	65.02
A6	Escarpe de cantera	7	7.22
A7	Explanación de cantera	5	9.09
A8	Canalización	3	1.49
A9	Llenos antropogénicos con infraestructura	18	74.50
A10	Llenos antropogénicos	2	13.75

- **Explanaciones:** De acuerdo al tipo de material predominante se diferencian las Explanaciones en cenizas (A1) localizado en el antiguo Aeropuerto y en el sector de Jongovito, Explanaciones en lavas (A2) que se localizan en un segmento de la vía que

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

conduce a Popayán. De acuerdo al fin mismo de la explanación, se presentan las explanaciones para acequias (A3), los cortes realizados en el terreno para las vías Explanaciones para vías (A4) y las cavidades o espacios dejados por la extracción de las lavas contiguas y debajo de las cantera (A7).

- **Colapsamientos por minería (A5)** En las minas subterráneas destinadas a la explotación de roca, agregados de grava y gravilla ha causado varios agrietamientos y desplazamientos verticales del terreno. Se identifican 15 áreas de las cuales una se encuentra en el sector de Buesaquillo – Santa Mónica próximo al río Pasto y la otra Jongovito próximo al río Miraflores.
- **Escarpe de canteras (A6):** Compuestas por material litológico de lavas provenientes de los volcanes Galeras y Morasurco, para la explotación de roca, agregados de grava y gravilla.
- **Llenos antrópicos con o sin infraestructura:** Pertenecen a llenos compuestos por escombros mezclados con basura localizados en antiguos cauces de ríos y quebradas (A9) o con infraestructura (A10).

2.4.5 Ronda hídrica de los ríos Pasto y Miraflores.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Más allá de los criterios de selección definidos en la propuesta para delimitación de Ronda hídrica, este análisis considera necesario que la ronda debe incluir no solo las geoformas asociadas a los cauces y los procesos denudativos y agradacionales que ahí se presenten, o a los condiciones que permitan o no procesos de inundación frecuente. Incluimos aquí criterios elementos de gestión del riesgo, esto es, una ronda que permita proteger las laderas que por sus características puedan desencadenar eventos de movimientos en masa.

Elementos similares son considerados en otras propuestas de delimitación como la resolución 077 de 2011 de Corpocaldas, en donde la delimitación de las ‘Franja forestal protectora’ debe incluir lo que denominan “Retiro Asociado a la Amenaza Geológica” y se determina, “por la estabilidad de las laderas ante fenómenos de socavación de orillas, susceptibilidad a la generación de fenómenos de remoción en masa o por la pendiente transversal”. Esa propuesta establece que todas las áreas con pendiente superior al 88% (aprox. 45°) y en valles en U un área de dos veces la altura del mismo deben ser incluidas como áreas de ronda hídrica. Por supuesto estos criterios pueden ser arbitrarios ante la complejidad que los eventos de movimiento en masa o la estabilidad de una ladera suscitan. Eventos como la reptación pueden darse en áreas relativamente extensas con desplazamientos que pueden ser visibles solo a largo plazo.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Otro aspecto que consideramos necesario en este análisis de delimitación, es la joven conformación de los cauces y su función ante eventos de flujos de lodo y piroclastos procedente del Volcán Galeras. La cuenca del río Pasto es joven y especialmente susceptible a eventos volcánicos. No existen insumos técnicos que nos permitan definir la cantidad de sedimentos y productos volcánicos que puedan ser conducidos por los cauces ante una erupción, ni que áreas se verían afectadas, ante eventos que resultan complejos y difícil de analizar y que desbordan la capacidad de este análisis. Aun así la ronda definida debe lograr un área mínima que permita el desarrollo geomorfológico normal de los cauces y la evacuación de flujos de lodos y piroclastos ante eventos volcánicos con un mínimo de afectación a la comunidad (Tabla 20).

Como se analizó las condiciones litológicas en general son homogéneas en los cauces evaluados pero sus características morfométricas no. El Río Pasto presenta en comparación un valle más desarrollado, en forma de V en la zona alta abriéndose para formar un valle en U aprox. en el sector de La Laguna Seca a Buesaquillo y esculpiendo un cañón y un sistema de terrazas que son la mayor expresión de su actuar en la cuenca. El río Miraflores por su parte, es un río más reciente que ha esculpido Valles en forma de 'V' más profundo, un cauce recto y de baja sinuosidad. Este se abre a partir del parque de Chapalito o Chapal, lugar donde los procesos agradacionales empiezan a tomar importancia, y conformando junto con la quebrada Chapal un sistema palustre que fue totalmente rellenado y urbanizado. En este



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

cauce los eventos de riesgo son menos frecuentes que en la cuenca del Río Pasto, al menos por lo que corresponde a la cantidad de eventos identificados en áreas aledañas a los cauces. Aunque los ríos tal vez no inundan áreas mucho mayor a la que permitan sus cañones, las laderas abruptas y escarpadas, en su mayoría bajo usos agrícolas son características que pueden desencadenar movimientos en masa.

En la delimitación del Río Miraflores incluimos un total de 31 geoformas (Tabla 21), para delimitar un total de 416ha de ronda. En la cabecera del cauce se incluyen las laderas abruptas y escarpadas, además de los escarpes de río del Valle de las piedras, donde el ancho máximo no sobrepasa los 300m, posteriormente las terrazas del curso alto, aunque presentan taludes que pueden superan los dos metros, evidencian que la poca consolidación de este paisaje, evidencia de una alta sinuosidad y un lecho donde los materiales volcánicos finos predominan. Posteriormente el río se encuentra en el área de mayor complejidad, desde aprox. el Barrio Popular, este se ve acotado por laderas de disección fluvial, laderas abruptas a escarpadas en piroclastos y flujos de piroclastos, abánicos aluviales y coluvio aluviales y depósitos de ladera, terrazas bajas además de al menos tres deslizamientos a distancias cortas del cauce principal. Hacia el cerro Morasurco el deterioro de las laderas por malas prácticas ha desestabilizado la ladera, en tal vez el proceso más conocido por la población. Los deslizamientos y flujos de detritos latentes o antiguos presentes a tan poca distancia de la cuenca son incluidos en esta propuesta de ronda. Posteriormente a la altura del Morasurco

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

hasta finalizar la propuesta de ronda, incluye laderas escarpadas y abruptas en lava así como los escarpes de la terraza alta en inmediaciones de la Universidad de Nariño. Aunque se han estabilizado algunas riberas del río mediante obras de ingeniería, la recuperación del cauce y los procesos naturales que ello suscita sugieren incluir las áreas con infraestructura.

Tabla 20. Geoformas y áreas en la ronda geomorfológica del río Pasto

Geoforma	Área (ha)
Explanación de cantera	0.21
Cima de loma	0.26
Ladera abrupta en flujos de piroclastos con infraestructura	0.44
Depósito coluvio - aluvial	0.82
Loma aislada	1.29
Ladera inclinada en flujos de piroclastos con infraestructura	1.71
Ladera escarpada en flujos de piroclastos con infraestructura	1.7
Depósito de ladera con infraestructura	1.97
Ladera inclinada en piroclastos	2.00
Ladera muy escarpada en lavas	2.27
Lecho actual de río	2.30
Flujo de detritos con infraestructura	2.32
Ladera abrupta en lavas	3.16
Ladera escarpada en piroclastos de caída con infraestructura	4.25
Depósito de movimiento en masa con infraestructura	5.50
Abanico aluvial con infraestructura	6.052
Ladera de disección fluvial	6.66
Abanico aluvial	7.33
Ladera inclinada en flujos de piroclastos	7.94
Ladera abrupta en piroclastos	8.92
Escarpe de movimiento en masa	11.57
Ladera abrupta en flujos de piroclastos	14.92
Ladera escarpada en lavas	15.91

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Depósito de ladera	16.68
Escarpe en cauce de río	18.10
Depósito de movimiento en masa	20.22
Escarpe de terraza	20.9
Ladera escarpada en flujos de piroclastos	36.82
Ladera escarpada en piroclastos	49.32
Terraza baja con infraestructura	64.38
Terraza baja	80.76

La cuenca del Río Miraflores, presenta menos dificultad de delimitación. La ronda hídrica aquí comprende 219ha en 25 geofomas. En el curso alto esta propuesta se ve acotada por el valle en V, laderas de disección fluvial con pendientes abruptas a escarpadas hasta el límite morfográfico de los mismos. Esta ronda no sobrepasa los 300metros de ancho y se vé frecuentemente afectada por explanaciones para vías. A la altura de Catambuco y el Parque de Chapalito, los procesos erosivos de el Cerro de Alto de Chapalito así como la actividad minera de Jongovito, y depósitos de laderas amplían la ronda a los 650metros de ancho.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 21. Geoformas y áreas en la ronda geomorfológica del río Miraflores

Geoforma	Área (ha)
Escarpe de terraza	0.124
Loma aislada	0.146
Depósito coluvio - aluvial	0.277
Ladera inclinada en flujos de piroclastos con infraestructura	0.341
Terraza alta con infraestructura	0.541
Terraza alta	0.609
Terraza baja con infraestructura	0.941
Abanico aluvial	0.951
Terraza baja	1.109
Escarpe de movimiento en masa	1.151
Ladera muy escarpada en piroclastos	1.660
Explanaciones para vías	2.264
Ladera abrupta en piroclastos con infraestructura	3.349
Ladera inclinada en flujos de piroclastos	3.426
Ladera inclinada en piroclastos	3.572
Depósito de movimiento en masa	4.393
Lecho actual de río	4.590
Ladera escarpada en piroclastos	5.819
Escarpe en cauce de río	6.001
Llenos antropogénicos con infraestructura	6.167
Depósito de ladera	6.485
Ladera abrupta en piroclastos	7.819
Ladera abrupta en flujos de piroclastos	9.661
Ladera escarpada en flujos de piroclastos	18.122

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Ladera de disección fluvial

123.422

3. DELIMITACIÓN HIDROLOGICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES.

3.1 ASPECTOS GENERALES

La cuenca del río Pasto se encuentra ubicada en la cordillera de los Andes, después del nudo de los pastos, zona caracterizada por la división de esta formación cordillerana en dos: la cordillera occidental y la cordillera central de los Andes Colombianos.

Esta cuenca es parte integral de la cordillera central y se caracteriza por la presencia de sistemas montañosos en sus límites tales como: La Cuchilla el Tábano y la Loma Tierra Blanca con una altitud de 3400 m.s.n.m. al sur oriente, la Cuchilla el Campero a 3200 m.s.n.m. al sur, el volcán Galeras con una cota de 4200 m.s.n.m. al sur occidente, la Cuchilla y Brisas del Tambo sobre los 2750 m.s.n.m. al noroccidente, el Páramo de Bordoncillo y el Volcán Morasurco en el flanco oriental.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Esta unidad Hidrográfica además presenta una zona de planicie en su parte media, la cual es conocida como Valle de Atríz a una altitud de 2550 m.s.n.m, lugar en donde se asienta la ciudad de Pasto. El norte de la cuenca, conocida como su parte baja se caracteriza por presentar un progresivo angostamiento y encañonamiento hasta llegar a su límite con el río Juanambú a los 750 m.s.n.m (CORPONARIÑO, 2010).

Su sistema fluvial lo conforma el cauce y las riberas del río Pasto y sus diferentes afluentes entre los que se destaca el río Miraflores, siendo los encargados de cumplir funciones tales como:

- **Transporte y almacenamiento temporal del agua que produce la cuenca.**
- **Transporte y almacenamiento temporal de sedimentos que produce la cuenca.**
- **Soporte del Hábitat de especies que hacen parte del ecosistema involucrando, el cauce, riberas, ciénagas y las zonas frecuentemente inundables.**

Siendo por tanto necesario que tanto su cauce como la ronda de estos ríos sean protegidas buscando la continuidad longitudinal y conectividad para que estas áreas sean bañadas de agua, de sedimentos y de nutrientes durante los eventos de crecida y así garantizar el la dinámica hidrológica, geomorfológica y ecosistemica del cuerpo de agua.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Por su parte el uso y ocupación inadecuada de las rondas en la cuenca ha restringido la dinámica natural de los sistemas fluviales en cuestión, poniendo en riesgo la vida y bienes de quienes las ocupan y en la mayoría de los casos termina involucrando a terceros que quedan expuestos al riesgo, como ha sido evidenciado en los eventos extremos del año 2000 en donde hubo pérdidas humanas o el evento 2009 en donde las pérdidas materiales fueron relevantes.

En Nariño la responsabilidad de su delimitación es de la Corporación Autónoma Regional, los entes territoriales y los Establecimientos Públicos Ambientales, (según se establece en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011, Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014), así como el ordenamiento ambiental de las mismas. Éstas serán articuladas e incluidas en la zonificación ambiental de planes de manejo y ordenación de cuencas hidrográficas (según Decreto 1640 de 2012), y así por el artículo 10 de la Ley 388 de 1977, se convertirán en determinantes ambientales en el ordenamiento territorial municipal.

La delimitación de la ronda se hará para fines de planificación. Su implementación no busca hacer demoliciones masivas, pero sí de priorizar la intervención que se requiera por parte de las autoridades, para hacer los correctivos necesarios, en las zonas donde hay riesgo directo a los ocupantes de la ronda o donde la ocupación de la misma está impidiendo el normal funcionamiento de la dinámica fluvial y genera un incremento de las amenazas a terceros.

3.2 INFORMACIÓN HIDROMETRICA DISPONIBLE

Para la realización de este Estudio de definición de caudales máximos diarios anuales de los ríos Pasto y Miraflores, para diferentes recurrencias, se contó con información hidrométrica de las siguientes estaciones: Universidad y Centenario.

La estación Universidad, ubicada sobre el río Pasto, aguas abajo de la Ciudad de San Juan de Pasto, al respaldo del predio de la Universidad de Nariño, posee datos desde el año hidrológico 1972/1973 hasta el año hidrológico 2010/2011, lo que permite conformar una serie de caudales máximos diarios anuales con 39 valores.

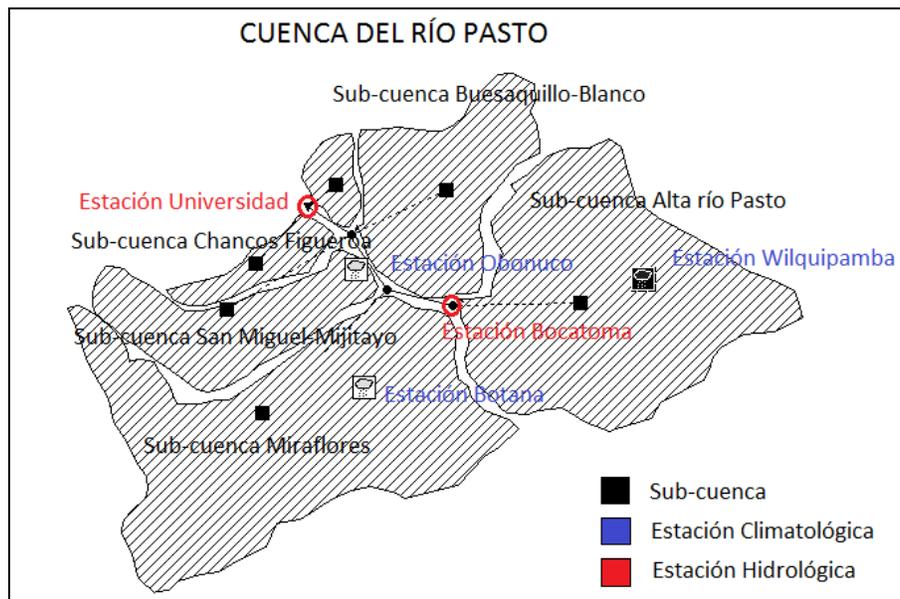
Por su parte, la estación Centenario está ubicada sobre el río Pasto, aguas arriba de la Ciudad de San Juan de Pasto. Esta estación posee datos desde el año hidrológico 1988/1989 hasta el año hidrológico 2010/2011, lo que permite conformar una serie de caudales máximos diarios anuales con 23 valores.

En la imagen de la Figura 22 se muestra la ubicación de dichas estaciones en el marco de la cuenca de aporte del río Pasto. Allí a la estación Centenario se la denomina Bocatoma.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Por otra parte, considerando la necesidad de estudiar los caudales máximos diarios anuales del río Miraflores para distintas recurrencias, y en función de no contar para dicho río con una serie de caudales máximos diarios anuales con una longitud adecuada, se han obtenido datos de estaciones Pluviográficas existentes en la cuenca del río Pasto y en la sub-cuenca del río Miraflores.

Figura 22. Ubicación de estaciones en estudio referidas a la cuenca del Río Pasto y Miraflores.



Fuente: (Mafla, 2013).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El análisis estadístico de las series de lluvias máximas diarias anuales de estas estaciones pluviográficas, conjuntamente con el estudio regional de las características fisiográficas de las cuencas de aporte de cada uno de los ríos, permitirá obtener por medio de Técnicas de Análisis Regional Hidrológico los caudales del río Miraflores, asociados a las recurrencias deseadas.

En tal sentido han sido estudiadas las series de las siguientes estaciones: Wilquipamba, Botana y Obonuco.

La estación Wilquipamba, posee datos desde el año hidrológico 1990/1991 hasta el año hidrológico 2012/2013, lo que permite conformar una serie de lluvias máximas diarias anuales con 23 valores.

La estación Botana, posee datos desde el año hidrológico 1989/1980 hasta el año hidrológico 2012/2013, lo que permite conformar una serie de lluvias máximas diarias anuales con 34 valores.

Por último, la estación Obonuco, posee datos desde el año hidrológico 1972/1973 hasta el año hidrológico 2011/2012, lo que permite conformar una serie de lluvias máximas diarias anuales con 40 valores.

3.3 SERIES DE DATOS

Se presentan, en este apartado, las series de datos constituidas para cada una de las estaciones indicadas previamente. En todos los casos las series fueron obtenidas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia.

Las series de caudales máximos diarios anuales se presentan en la Tabla 22. Por su parte, las series de lluvias máximas diarias anuales se muestran en la Tabla 23.

Tabla 22. Series de caudales máximos diarios anuales [m³/s].

Año Hidrológico	Caudales [m ³ /s]		Año Hidrológico	Caudales [m ³ /s]	
	Universidad	Centenario		Universidad	Centenario
1972-1973	55,0		1992-1993	15,7	10,0
1973-1974	53,3		1993-1994	33,4	69,4
1974-1975	61,6		1994-1995	17,3	22,6
1975-1976	59,5		1995-1996	22,6	45,2
1976-1977	56,6		1996-1997	31,0	69,4
1977-1978	33,8		1997-1998	26,6	40,7
1978-1979	64,1		1998-1999	60,1	66,3
1979-1980	32,8		1999-2000	95,9	117,1
1980-1981	37,6		2000-2001	29,3	10,6
1981-1982	61,2		2001-2002	23,2	14,2
1982-1983	12,9		2002-2003	36,8	15,8
1983-1984	36,2		2003-2004	21,3	14,4
1984-1985	37,6		2004-2005	56,4	28,4
1985-1986	43,2		2005-2006	50,3	23,2
1986-1987	43,2		2006-2007	35,7	20,2
1987-1988	26,7		2007-2008	47,8	21,2

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

1988-1989	27,2	16,9	2008-2009	52,9	39,7
1989-1990	45,6	88,4	2009-2010	24,4	7,1
1990-1991	8,0	44,0	2010-2011	58,8	13,7
1991-1992	6,4	10,0			

Fuente: (IDEAM, 2014)

Tabla 23. Series de lluvias máximas diarias anuales [mm]. Fuente: IDEAM

Año Hidrológico	Lluvias [mm]			Año Hidrológico	Lluvias [mm]		
	Wilquipamba	Botana	Obonuco		Wilquipamba	Botana	Obonuco
1972-1973			32,2	1992-1993	41,1	53,4	27,0
1973-1974			33,9	1993-1994	49,0	40,0	33,4
1974-1975			44,0	1994-1995	64,2	28,7	30,4
1975-1976			24,6	1995-1996	32,0	38,1	24,9
1976-1977			30,6	1996-1997	43,2	33,4	35,5
1977-1978			35,7	1997-1998	44,3	45,7	32,0
1978-1979			45,8	1998-1999	36,0	35,4	29,8
1979-1980		23,1	23,2	1999-2000	41,4	33,3	33,5
1980-1981		34,4	38,1	2000-2001	28,2	24,0	18,8
1981-1982		40,6	52,3	2001-2002	44,2	46,5	28,7
1982-1983		24,7	30,0	2002-2003	37,1	41,7	30,6
1983-1984		29,2	29,1	2003-2004	35,3	35,0	31,7
1984-1985		36,6	32,0	2004-2005	41,9	31,2	46,3

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

1985-1986		27,5	27,1	2005-2006	38,0	40,5	40,1
1986-1987		51,6	42,4	2006-2007	57,0	36,1	49,3
1987-1988		33,3	36,4	2007-2008	35,7	34,9	29,1
1988-1989		39,4	20,6	2008-2009	67,3	41,2	33,5
1989-1990		27,3	16,4	2009-2010	37,3	29,3	29,8
1990-1991	25,2	24,5	28,7	2010-2011	30,6	29,0	46,2
1991-1992	28,4	13,8	26,8	2011-2012	29,9	33,8	29,6
				2012-2013	39,8	40,0	

(IDEAM, 2014)

3.3.1 Marco Teórico: Pruebas de Hipótesis

El estudio de frecuencia de series de caudales máximos anuales es uno de los tópicos más estudiados de la Hidrología, dada la necesidad de estimar la probabilidad de ocurrencia de crecidas para el diseño de obras hidráulicas, protección de ciudades, delimitación de márgenes de ríos, lagunas o embalses, etc.

El enfoque clásico del análisis de frecuencia se basa en el empleo de una serie de histórica de datos observados de manera sistemática en una sección o punto de interés de un Río o una cuenca. Para el adecuado empleo de dicha serie, es necesario verificar en primera instancia el cumplimiento de dos tipos de pruebas de hipótesis: Pruebas de Independencia y Pruebas de Homogeneidad.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las pruebas de Independencia son utilizadas para demostrar que los valores que conforman la serie son aleatorios. Esta afirmación implica que la probabilidad de ocurrencia de uno cualquiera de ellos no depende de la ocurrencia del o de los valores precedentes, y no afecta de ninguna manera a la probabilidad de ocurrencia de los datos posteriores.

Por su parte las pruebas de Homogeneidad evalúan si todos los valores que conforman la muestra, provienen estadísticamente de una misma población. Para ello es necesario dividir la muestra en dos o más grupos de tamaños iguales (o diferentes), y se comparan los estadísticos de la muestra: media, mediana, varianza, entre otros.

La aceptación de las pruebas de independencia y homogeneidad de la muestra estará dada en función de un nivel de significancia propuesto, por lo general del 5 %.

3.3.2 Nivel de significancia

En problemas estadísticos, al afirmar cierta hipótesis que se desea contrastar, la misma recibe el nombre de hipótesis nula H_0 . El nombre de “nula” indica que H_0 representa

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

la hipótesis que se mantiene como verdadera a menos que los datos indiquen su falsedad, y puede entenderse, por tanto, en el sentido de “neutra”.

La hipótesis H_0 nunca se considera probada, aunque puede ser rechazada por los datos. Por ejemplo, la hipótesis de que dos poblaciones tienen la misma media puede ser rechazada fácilmente cuando ambas difieren considerablemente, analizando muestras suficientemente grandes de ambas poblaciones. Sin embargo, no puede ser “demostrada” mediante muestreo, puesto que siempre cabe la posibilidad de que las medias difieran en una cantidad δ lo suficientemente pequeña para que no pueda ser detectada, aunque la muestra sea muy grande.

A partir de una muestra de la población en estudio, se extrae un estadístico, esto es un valor que es función de la muestra, cuya distribución de probabilidad esté relacionada con la hipótesis en estudio y sea conocida. Se toma entonces el conjunto de valores que es más improbable bajo la hipótesis, como región de rechazo, esto es, el conjunto de valores para el cual se considera que, si el valor del estadístico obtenido pertenece a él, se rechazará la hipótesis nula.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Es importante destacar que la probabilidad de que se obtenga un valor del estadístico que pertenezca a la región de rechazo, aún siendo cierta la hipótesis, puede calcularse. De esta manera, se puede escoger dicha región de tal forma que la probabilidad de cometer este error sea suficientemente pequeña.

Actualmente se considera siempre una hipótesis alternativa a la hipótesis nula. De manera explícita o implícita, la hipótesis nula, a la que se denota habitualmente por H_0 , se enfrenta a otra hipótesis denominada hipótesis alternativa y que se denota H_1 . En los casos en los que no se especifica H_1 de manera explícita, se puede considerar que la misma ha quedado definida implícitamente como “ H_0 es falsa”.

Si por ejemplo se desea comprobar la hipótesis de que dos distribuciones tienen la misma media, se considera implícitamente como hipótesis alternativa “ambas poblaciones tienen distinta media”. Es posible, sin embargo considerar casos en los que H_1 no es la simple negación de H_0 .

Un test de hipótesis se entiende, en el enfoque moderno, como una función de la muestra, corrientemente basada en un estadístico. Puede suponerse que se tiene una muestra

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de una población en estudio y que se han formulado hipótesis sobre un parámetro θ relacionado con la distribución estadística de la población. Supongamos que se dispone de un estadístico $T(X)$ cuya distribución con respecto a θ , $F_{\theta}(T)$ se conoce. Supongamos, también, que las hipótesis nula y alternativa tienen la siguiente formulación:

$$\begin{cases} H_0 : \theta \in \Theta_0 \\ H_1 : \theta \in \Theta_1 \end{cases}$$

Un contraste, prueba o test para dichas hipótesis sería una función de la muestra de la siguiente forma:

$$\phi(X) = \begin{cases} 1,0 \dots \text{SI} \dots T(X) \in \Omega \\ 0,0 \dots \text{SI} \dots T(X) \notin \Omega \end{cases}$$

Donde $\phi(x) = 1,0$ significa que se debe rechazar la hipótesis nula, H_0 (aceptar H_1) y $\phi(x) = 0,0$, que debemos aceptar H_0 (o que no hay evidencia estadística contra H_0). A Ω se la denomina región de rechazo. En esencia, para construir el test deseado, basta con escoger el estadístico del contraste $T(X)$ y la región de rechazo Ω .

Se escoge Ω de tal manera que la probabilidad de que $T(X)$ caiga en su interior sea baja cuando se da H_0 . Una vez realizado el contraste de hipótesis, se habrá optado por una

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de las dos hipótesis, H_0 o H_1 , y la decisión escogida coincidirá o no con la que en realidad es cierta. Se pueden dar los cuatro casos que se exponen en el siguiente cuadro:

	H_0 es cierta	H_1 es cierta
Se escogió H_0	No hay Error	Error de Tipo II
Se escogió H_1	Error de Tipo I	No hay Error

En el cuadro, los errores se definen de la siguiente manera: Si uno decide que la hipótesis nula: H_0 es verdadera y efectivamente H_0 es cierta, entonces no se ha cometido ningún error, correspondiendo la posición superior izquierda de la tabla precedente. Por el contrario si uno afirma la validez de H_0 y ésta en realidad no es verdadera, entonces se estaría incurriendo en un error. A este tipo de error de aceptar H_0 cuando esta no es verdadera se lo denomina Error de Tipo II (cuadro superior derecho).

De igual modo, al elegir como verdadera la hipótesis alternativa H_1 , cuando en realidad es válida H_0 , se comete un error al cual se denomina error de Tipo I (cuadro inferior

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

izquierdo). Por último, al elegir como cierta H_1 y resultar ésta verdadera no se comete ningún error y se encuentra en el cuadrante inferior derecho de la tabla precedente.

Si la probabilidad de cometer un error de tipo I está unívocamente determinada, su valor se suele denotar por la letra griega α , y en las mismas condiciones, se denota por β la probabilidad de cometer el error de tipo II, esto es:

$$P(\text{escoger } H_1 \mid H_0 \text{ es cierta}) = \alpha$$

$$P(\text{escoger } H_0 \mid H_1 \text{ es cierta}) = \beta$$

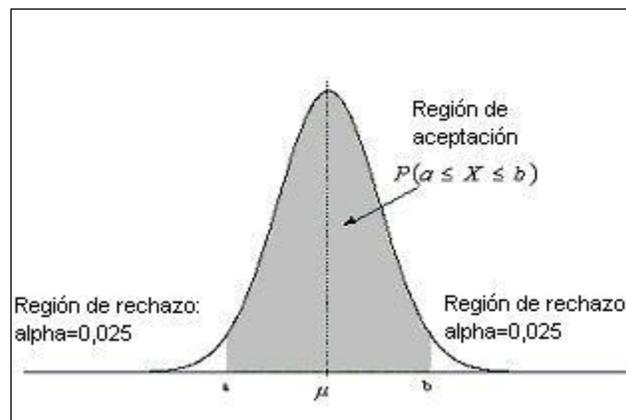
El valor α es también conocido como nivel de significancia de la prueba. Se denomina potencia del contraste al valor $1-\beta$, esto es, a la probabilidad de escoger H_1 cuando esta es cierta.

Cuando es necesario diseñar un contraste de hipótesis, sería deseable hacerlo de tal manera que las probabilidades de ambos tipos de error fueran tan pequeñas como fuera posible. Sin embargo, con una muestra de tamaño prefijado, disminuir la probabilidad del error de tipo I, α , conduce a incrementar la probabilidad del error de tipo II, β .

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Usualmente, se diseñan los contrastes de tal manera que la probabilidad α sea el 5% (0,05), aunque a veces se usan el 10% (0,1) o 1% (0,01) para adoptar condiciones más relajadas o más estrictas. El recurso para aumentar la potencia del contraste, esto es, disminuir β , probabilidad de error de tipo II, es aumentar el tamaño de la muestra, lo que en la práctica conlleva un incremento de los costos del estudio que se quiere realizar. En la Figura 23 se identifican las regiones de aceptación y rechazo, con base en la distribución normal, para un nivel de significancia del 5%.

Figura 23. Región de rechazo y aceptación en la distribución normal.



Fuente: (Tucci, 1993)

3.3.3 Pruebas de Independencia

La prueba que se propone para determinar si las variables que integran las series de las estaciones seleccionadas son independientes es la de: Anderson. La misma se presenta a continuación:

– Prueba de Independencia: Anderson

La prueba de independencia de Anderson (Escalante, 2005) hace uso del coeficiente de autocorrelación serial r_k^j para diferentes tiempos de retraso k. En el caso de analizar un solo registro, entonces $j = 1$.

La expresión para obtener el coeficiente de autocorrelación serial de retraso k se presenta a continuación (Ecuación 1 y 2).

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (q_i^j - \bar{q}^j) \cdot (q_{i+k}^j - \bar{q}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (q_i^j - \bar{q}^j)^2} \quad \text{Ec.1}$$

para: $k = 1, 2, \dots, \frac{n_j}{3}$

Donde:

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j} \quad \text{Ec.2}$$

Además, los límites al 95% de confianza para r_k^j se pueden obtener con la ecuación 3.

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm 1,96 \sqrt{(n_j - k - 1)}}{n_j - k} \quad \text{Ec.3}$$

La gráfica de los valores estimados para r_k^j (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza, se denomina correlograma de la muestra.

Si no más del 10% de los valores r_k^j sobrepasan los límites de confianza, se dice que la serie Q_i^j es independiente y por lo tanto es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

3.3.4 Pruebas de Homogeneidad

Durante el desarrollo de este Estudio se han aplicado dos pruebas de Homogeneidad. Dichas pruebas permiten determinar si las variables que integran cada una de las series de las estaciones seleccionadas pertenecen estadísticamente a una misma población (Escalante,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

2005). Estas pruebas han sido las de: t de Student y Cramer. En los párrafos subsiguientes se explicará en que consisten tales pruebas.

– **Prueba estadística de Datos Dudosos de Chow (Outliers)**

Los outliers son datos que se alejan significativamente de la tendencia de la información y que afectan de una manera considerable la magnitud de los parámetros estadísticos de la serie, especialmente en muestras pequeñas. Para detectar los datos dudosos, se calculan umbrales superiores e inferiores para cada serie de datos. Para ello se emplean las ecuaciones recomendadas por Ven Te Chow (Ec. 4y ec. 5), ver Figura 24.

$$y_H = \mu_y + K_n \cdot \sigma_y \quad \text{Ec.4}$$

$$y_L = \mu_y - K_n \cdot \sigma_y \quad \text{Ec.5}$$

En donde:

y_H umbral superior para datos dudosos en unidades logarítmicas

y_L umbral inferior para datos dudosos en unidades logarítmicas.

μ_y media de los logaritmos de los caudales

σ_y desviación estándar de los logaritmos de los caudales

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

K_n valor tabulado para una muestra de tamaño n

Figura 24. Tabla de K_n para prueba de datos atípicos de Chow.

Tamaño muestra n	K_n						
10	2.036	18	2.335	26	2.502	34	2.616
11	2.088	19	2.361	27	2.519	35	2.628
12	2.134	20	2.385	28	2.534	36	2.639
13	2.175	21	2.408	29	2.549	37	2.650
14	2.213	22	2.429	30	2.563	38	2.661
15	2.247	23	2.448	31	2.577	39	2.671
16	2.279	24	2.467	32	2.591	40	2.682
17	2.309	25	2.486	33	2.604		

Fuente: (Chow, Meidmaent, & Mays, 1994)

– Prueba estadística de t de Student

Si se considera una serie Q_i^j para $i = 1, 2, 3, \dots, n_j$, del sitio j , la cual se divide en dos conjuntos de tamaño $n_1 = n_2 = \frac{n_j}{2}$, entonces el estadístico de prueba se define con la expresión 6. En el caso de que no se cuente con muestras pares las sub muestras no tendrán igual número de datos, difiriendo por uno, lo cuál no afecta la validez de la prueba. (Escalante, 2005).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 \cdot s_1^2 + n_2 \cdot s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

\bar{x}_1, s_1^2 : son la media y la varianza de la primera parte del registro de tamaño n_1

\bar{x}_2, s_2^2 : son la media y la varianza de la segunda parte del registro de tamaño n_2

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas y con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Si y solo si el valor absoluto de t_d es mayor que aquel de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia, y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea. En caso contrario la serie es Homogénea.

– **Prueba estadística de Cramer**

Esta prueba se utiliza con el propósito de verificar homogeneidad en el registro Q_i^j de la serie j para $i = 1, 2, 3, \dots, n_j$, y también para determinar si el valor medio no varía

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

significativamente de un período de tiempo a otro (Escalante Sandoval y Reyes Chávez, 2005). Con este propósito se consideran tres bloques, el primero del tamaño total de la muestra, n_j , el segundo de tamaño n_{60} (últimos 60% de los valores de la muestra) y el tercero de tamaño n_{30} (últimos 30% de los valores de la muestra). La prueba compara el valor \bar{Q}^j del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos \bar{Q}_{60}^j y \bar{Q}_{30}^j . Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los dos bloques (Escalante, 2005)

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j} \quad \text{Ec.7}$$

para una sola muestra analizada $j = 1$.

$$S_Q^j = \left[\frac{1}{(n_j - 1)} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec.8}$$

$$\bar{Q}_{60}^j = \sum_{k=1}^{n_{60}} \frac{Q_k^j}{n_{60}} \quad \text{Ec.9}$$

$$\bar{Q}_{30}^j = \sum_{k=1}^{n_{30}} \frac{Q_k^j}{n_{30}} \quad \text{Ec.10}$$

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

$$\tau_{60}^j = \frac{\overline{Q}_{60}^j - \overline{Q}^j}{S_Q^j} \quad \text{Ec.11}$$

$$\tau_{30}^j = \frac{\overline{Q}_{30}^j - \overline{Q}^j}{S_Q^j} \quad \text{Ec.12}$$

$$t_w = \left\{ \frac{n_w \cdot (n_j - 2)}{n_j - n_w \cdot [1 + (\tau_w^j)^2]} \right\}^{\frac{1}{2}} |\tau_w^j| \quad \text{Ec.13}$$

En las ecuaciones precedentes:

\overline{Q}^j : Valor medio de la serie analizada,

S_Q^j : Desvío,

\overline{Q}_{60}^j , \overline{Q}_{30}^j : Medias de las submuestras de 60% y 30% de los datos,

τ_{60}^j , τ_{30}^j : Estadísticos de cada una de las submuestras,

t_w : Estadístico de la prueba para cada una de las submuestras (30 y 60%).

El estadístico t_w tiene distribución t de Student de dos colas con $\nu = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Si y solo si el valor absoluto de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

t_w para $w = 60$ y $w = 30$, es mayor que el de la distribución t de Student se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_i^j se considera no homogénea. En caso contrario la serie es Homogénea.

3.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIA PUNTUAL

El análisis de frecuencia de los caudales máximos anuales de una muestra Q_i , con $i = 1, 2, \dots, n$, se emplea para proveer la magnitud de un evento Q_T , de cierto período de retorno T , por medio del ajuste de una distribución de probabilidad, la cual se selecciona como la mejor de un grupo de ellas (Escalante, 2005). El procedimiento empleado durante el desarrollo de este Estudio, para cada una de las series determinadas para las estaciones seleccionadas, ha sido el siguiente:

- Se ordenaron los caudales máximos medios diarios anuales de cada una de las series de mayor a menor.
- Se asignó a cada serie una distribución de probabilidad empírica, siguiendo la ley de Weibull.
- Para cada una de las series se determinaron los parámetros de ajuste de las siguientes distribuciones de probabilidad:

a) Uniforme,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- b) Exponencial de parámetro β ,
 - c) Exponencial de parámetros x_0 y β ,
 - d) Generalizada exponencial,
 - e) Normal,
 - f) Log normal de 2 parámetros,
 - g) Log normal de 3 parámetros,
 - h) Gamma de 2 parámetros,
 - i) Gamma de 3 parámetros,
 - j) Gumbel,
 - k) General de Valores Extremos (GVE), y
 - l) Log Pearson tipo III.
- Los parámetros de ajuste de cada una de estas distribuciones de probabilidad se obtuvieron según los procedimientos adaptados para cada una de ellas, entre los que se cuentan:
- a) Momentos,
 - b) Máxima Verosimilitud,
 - c) Máxima Entropía,
 - d) Momentos L,
 - e) Momentos de Probabilidad Pesada, y Mínimos Cuadrados

3.4.1 Métodos de Selección de Distribuciones

La calidad de los valores de caudal estimados para un cierto período de retorno, con distribuciones de probabilidad teórica, está dado principalmente por la comparación de dichos valores estimados con los valores realmente observados o medidos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Para ello es posible utilizar diferentes técnicas denominadas Técnicas de Evaluación o Métodos de Bondad de Ajuste. Entre los diferentes métodos más difundidos se encuentran los de: Chi Cuadrado, Kolmogorov – Smirnov, Papeles probabilísticos y Error Estándar de Ajuste.

Durante el desarrollo de este Estudio, se ha considerado que el mejor de los métodos indicados es el del Error Estándar de Ajuste. Esta afirmación se justifica al considerar que el método del error estándar de ajuste, al incluir en el cálculo de su valor de comparación el número de parámetros que emplea la distribución seleccionada, evita cometer errores por sesgo, dándole a todas las distribuciones un mismo peso para ser comparadas. Con ello se logra una comparación entre métodos de ajuste más equilibrada.

A continuación, por lo expresado precedentemente, serán presentadas, de manera resumida las primeras tres técnicas y de forma más extensa la técnica del error estándar de ajuste.

– **Técnica Chi – Cuadrado**

La prueba de Chi - Cuadrado es considerada como una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre una distribución observada y otra teórica (bondad de ajuste), indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas; de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis. También se utiliza para probar la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

independencia de dos variables entre sí, mediante la presentación de los datos en tablas de contingencia.

En esta prueba, para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir la ecuación 14.

$$\frac{\sum(\theta_i - \varepsilon_i)^2}{\varepsilon_i} < \chi_{1-\alpha; k-1-n}^2 \quad \text{Ec.14}$$

Donde $\chi_{1-\alpha; k-1-n}^2$ es el valor de una variable aleatoria con distribución Chi² Cuadrado para $k-1-n$ grados de libertad y un nivel de significancia α , k es el

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

número de intervalos y n es el número de parámetros empleados por la función de distribución.

– **Técnica Kolmogorov – Smirnov.**

La prueba Kolmogorov - Smirnov consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia entre la función de distribución observada $F_o(x_i)$ y la estimada $\hat{F}_n(x_i)$, con un valor crítico “ D_α ” que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado.

La expresión de comparación para la prueba de Kolmogorov – Smirnov está dada por la ecuación 15 (Tucci, 1993).

$$D = \sup_{1 \leq i \leq n} |\hat{F}_n(x_i) - F_o(x_i)| \quad \text{Ec.15}$$

Donde:

x_i : Valor i -ésimo observado en la muestra (ordenada de mayor a menor)

$\hat{F}_n(x_i)$: Función de probabilidad estimada

$F_o(x_i)$: Función de probabilidad observada

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Si los valores observados $F_o(x_i)$ son similares a los esperados $\hat{F}_n(x_i)$, el valor de D será pequeño. Cuanto mayor sea la discrepancia entre la distribución empírica y la distribución teórica, mayor será el valor de D. Por tanto, el criterio para la toma de la decisión entre las dos hipótesis será de la forma:

Si $D < D_\alpha$: Aceptar que los datos observados siguen la distribución probada

Si $D > D_\alpha$: Rechazar que los datos observados siguen la distribución probada

donde el valor D_α se elige de tal manera que: $P(\text{Rechazar } H_0 / H_0 \text{ es cierta}) = P(D > D_\alpha / \text{Los datos siguen la distribución probada}) = \alpha$, siendo α el nivel de significancia seleccionado para la prueba de bondad de ajuste.

– **Técnica de Papeles Probabilísticos**

La probabilidad acumulada de una distribución teórica puede representarse gráficamente en un papel de probabilidad diseñado para la distribución. En uno de estos papeles las ordenadas usualmente representan el valor de x en una cierta escala y la abscisa representa la probabilidad $P(X \geq x)$ o $P(X < x)$, el período de retorno T o la variable reducida y_T .

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las escalas para las ordenadas y las abscisas están diseñadas de tal manera que se espera que los datos que van a ser ajustados se ubiquen próximos a una línea recta. El propósito del uso del papel de probabilidad es el de linealizar la relación de probabilidad de tal manera que los datos graficados puedan ser fácilmente utilizados para interpolación, extrapolación o con propósitos de comparación. Para aquella distribución de probabilidad en donde los datos observados se pueden ubicar más próximos a una recta, será la distribución que mejor represente a la serie de datos.

3.4.2 Técnica del Error Estándar de Ajuste

Kite, en el año 1988 propuso un estadístico que permite seleccionar la mejor opción, entre diferentes modelos en competencia, para el ajuste de una muestra de datos Q_i^j para $i = 1, 2, 3, \dots, n_j$, de un sitio j .

Este estadístico es conocido como el error estándar de ajuste y se obtiene con la ecuación 16:

$$EEA = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{Q}_T^j - Q_T^j)^2}{n_j - m_p} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec.16}$$

Donde:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Q_T^j Son los eventos Q_i^j ordenados de mayor a menor con un período de retorno asignado:

$$T = \frac{n_j + 1}{m} \text{ y una probabilidad de no excedencia } P = 1 - \frac{1}{T}$$

n_j : Longitud en años del registro analizado

m : Número de orden del registro.

\hat{Q}_T^j Eventos estimados por cierta distribución de probabilidad para cada período de retorno

T asignado a la muestra ordenada Q_i^j .

m_p : Número de parámetros de la distribución ajustada.

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico E.E.A. Si una o más distribuciones tienen valores similares del E. E. A, entonces se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros

3.4.3 Programa Estadístico Empleado

El Programa estadístico empleado para la ejecución de este Estudio, es el desarrollado en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Este programa, desarrollado con base en planillas de cálculo de Microsoft Excel, consiste en diferentes hojas de cálculo, en un mismo archivo, relacionadas entre sí y automatizadas, de tal manera que el usuario del mismo solamente debe cargar la serie de datos a analizar y observar los diferentes ajustes obtenidos. En la Tabla 24 se indican las distribuciones que el programa puede ajustar y las técnicas empleadas en cada una de ellas.

Puede observarse en esta tabla que en algunos casos, como por ejemplo el de la distribución Exponencial β , las columnas de los métodos de momentos y de máxima verosimilitud están combinadas. Esto se debe a que, para estas distribuciones, ambas técnicas de ajuste de parámetros coinciden en las ecuaciones para obtener los mismos.

En todos los casos, las técnicas de ajuste de parámetros obtienen los mismos a través de procesos iterativos que minimizan o maximizan alguna función objetivo. En el programa, todas las funciones de optimización han sido automatizadas de modo que la búsqueda del óptimo se efectúa hasta que la diferencia entre los parámetros obtenidos en un paso de iteración y los correspondientes al paso siguiente sea menor a un error definido por el usuario. En el caso de este Estudio se ha definido que el valor de este error sea 1×10^{-7} , el cual fue asignado luego de comprobar que los valores de caudales ajustados con los parámetros

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

obtenidos con este error, no varían de manera significativa con respecto a valores obtenidos con un paso iterativo posterior.

Tabla 24. Distribuciones de probabilidad y métodos de ajuste programadas

Distribución	Métodos de Ajuste						
	Momentos	Máxima Verosimilitud	Máxima Entropía	Momentos L	Momentos de Probabilidad Pesada	Mínimos Cuadrados	Momentos (método indirecto)
Uniforme	Si	Si					
Exponencial β		Si					
Exponencial x_0 y β	Si	Si					
Generalizada Exponencial	Si	Si		Si			
Normal		Si		Si			
Log Normal 2		Si					
Log Normal 3	Si	Si					
Gamma 2	Si	Si		Si			
Gamma 3	Si	Si			Si		
Generalizada Pareto	Si	Si			Si	Si	
Gumbel	Si	Si	Si	Si			
General de Valores Extremos	Si	Si		Si			
Log Pearson III	Si	Si					Si

Finalmente el programa efectúa la evaluación de la bondad de ajuste de las diferentes distribuciones, calculando el Error Estándar de Ajuste y comparándolas entre ellas. Finalmente, una vez elegida la distribución de mejor representación de los datos, se calculan los valores de caudales asociados a los diferentes tiempos de retorno seleccionados. El producto final del programa incluye:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- la definición de la distribución teórica de probabilidades que mejor representa a la serie de datos analizada,
- la gráfica de cada una de las distribuciones ajustadas con su correspondiente comparación con los datos, y
- los valores de los caudales asociados a cada una de las recurrencias consideradas.

3.5 APLICACIÓN DE PRUEBAS DE HIPÓTESIS

Una vez seleccionadas las estaciones hidrométricas y pluviográficas y conformadas, para cada una de ellas, las series de caudales máximos medios diarios anuales y las series de lluvia máximas diarias anuales respectivamente, se procedió a efectuar diferentes pruebas de hipótesis que demuestren la validez o no del empleo de las series conformadas.

Como fue indicado en el capítulo correspondiente a la presentación teórica de las distintas pruebas de hipótesis, éstas básicamente son de dos tipos: Pruebas de Homogeneidad, y Pruebas de Independencia.

Las pruebas de homogeneidad verifican si todos los elementos de una muestra, que conforman una serie de datos, provienen estadísticamente de una misma población. De igual

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

modo son empleadas para identificar si existen o no procesos que hayan generado un cambio significativo en la tendencia de los datos. Estos cambios pueden ser de origen natural o antrópico.

Por su parte las pruebas de independencia verifican que los elementos que constituyen la serie analizada han sido generados por medio de procesos aleatorios. Esto implica que la probabilidad de ocurrencia de alguno de ellos no está supeditada a la ocurrencia de alguno de los elementos previos y de ninguna manera afecta a la probabilidad de ocurrencia de los elementos posteriores.

Fueron efectuadas las pruebas de Homogeneidad de: Datos atípicos de Chow, t de Student, y Cramer. Por su parte la prueba de Independencia utilizada ha sido la de Anderson. Se presentan a continuación los resultados de la aplicación de estas pruebas.

3.5.1 Pruebas de Homogeneidad

Se ha establecido como criterio de interpretación de los resultados que la prueba de mayor peso en cuánto a la importancia de sus resultados es la prueba de Cramer, quedando en un segundo lugar de importancia la prueba t de Student y la de datos atípicos de Chow.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Esta circunstancia es debida a que la prueba de Cramer, al dividir la muestra en distintos sub grupos, determinar los parámetros para cada uno de ellos y, finalmente, compararlos entre si y con un estadístico de tabla, da una mayor consistencia y robustez a la prueba de homogeneidad. Se presentan a continuación los resultados de estas pruebas para cada una de las series.

– Prueba de Homogeneidad – Estación Universidad – Serie de Caudales

La aplicación de las pruebas de datos dudosos de Chow para la estación Universidad, ha entregado los resultados que se presentan en la Tabla 25.

Los resultados de la prueba indican que existe un dato atípico. En este caso corresponde al valor mínimo de la serie: 6,42 m³/s del año hidrológico 1992/93. En este caso la aceptación del valor y de la serie depende de los resultados de las pruebas de t de Student y Cramer. En la Tabla 26 se presentan los resultados de dichas pruebas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 25. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Universidad

Indicador	Serie Original	Logaritmo Serie
Promedio	39.54	1.54
Varianza	346.06	0.06
Desvío	18.60	0.25
Máximo	95.87	1.98
Mínimo	6.42	0.81
Nº de datos	39	39
Indicador	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.671	2.671
Umbrales	2.20	0.87
Caudales Límites	159.71	7.50

Tabla 26. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Universidad

Serie de Estación Universidad			
Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Estadístico t:	0.197	\hat{T}_{60}	-0.214
Grados de Libertad	37	\hat{T}_{30}	0.261
De tabla: t =	2.027	t_{60}	1.712
El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 37 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	1.073
		Grados de libertad	34
		De tabla: t =	2.034
		El valor absoluto de ambos t_w es menor que el valor de tabla de t para 34 G.L. y para $\alpha = 5\%$. La serie es Homogénea	

Los resultados de las dos pruebas aplicadas a la serie de caudales de la estación Universidad arrojan idénticas conclusiones acerca de la aceptación de la homogeneidad de los valores de la serie.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– Prueba de Homogeneidad – Estación Centenario– Serie de Caudales

La aplicación de las pruebas de de datos dudosos de Chow para la estación Centenario, ha entregado los resultados que se presentan en la Tabla 27.

Los resultados de la prueba indican que no existen datos atípicos para esta serie. A continuación se presentan los resultados de la aplicación de las pruebas de t de Student y Cramer. En la Tabla 28 se presentan los resultados de dichas pruebas.

Tabla 27. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Centenario

Indicador	Serie Original	Logaritmo Serie
Promedio	35.15	1.42
Varianza	843.65	0.12
Desvío	29.05	0.34
Máximo	117.10	2.07
Mínimo	7.10	0.85
Nº de datos	23	23
Indicador	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.448	2.448
Umbral	2.25	0.58
Caudales Límites	178.29	3.82

Los resultados de las tres pruebas aplicadas a la serie de caudales de la estación Centenario presentan discrepancias entre sí. Sin embargo, por los criterios de aceptación planteados previamente, dos de las tres pruebas indican que la serie es homogénea, resultando además que la prueba de Cramer es la de mayor robustez numérica a la hora de decidir. Por esto se acepta que los valores que conforman la serie provienen estadísticamente de una

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

misma población, indicando así que los datos son útiles para el proceso de ajuste de distribuciones para el análisis de frecuencia de eventos extremos.

Tabla 28. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Centenario

Serie de Estación Centenario			
Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Estadístico t:	2.859	\hat{T}_{60}	-0.146
Grados de Libertad	21	\hat{T}_{30}	-0.456
De tabla: t =	2.080	t_{60}	0.851
El valor absoluto del estadístico t es mayor que el valor de tabla de t para 21 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie No es Homogénea		t_{30}	1.448
		Grados de libertad	19
		De tabla: t =	2.093
		El valor absoluto de ambos t_w es menor que el valor de tabla de t para 34 G.L. y para $\alpha = 5\%$. La serie es Homogénea	

– **Prueba de Homogeneidad – Estación Wilquipamba– Serie de Lluvias**

La aplicación de las pruebas de de datos dudosos de Chow para la estación Wilquipamba, ha entregado los resultados que se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow serie Wilquipamba

Indicador	Serie Original	Logaritmo Serie
Promedio	40.31	1.59
Varianza	117.06	0.01
Desvío	10.82	0.11
Máximo	67.30	1.83
Mínimo	25.20	1.40

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Nº de datos	23	23
Indicador	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.448	2.448
Umbrales	1.86	1.32
Lluvias Límites	72.29	21.11

Los resultados de la prueba indican que no existen datos atípicos para esta serie. A continuación se presentan los resultados de la aplicación de las pruebas de t de Student y Cramer. En la Tabla 30 se presentan los resultados de dichas pruebas.

Tabla 30. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Wilquipamba

Serie de Estación Wilquipamba			
Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Estadístico t:	0.235	\hat{T}_{60}	-0.004
Grados de Libertad	21	\hat{T}_{30}	0.204
De tabla: t =	2.080	t_{60}	0.023
El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 21 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	0.624
		Grados de libertad	19
		De tabla: t =	2.093
		El valor absoluto de ambos t_w es menor que el valor de tabla de t para 34 G.L. y para $\alpha = 5\%$. La serie es Homogénea	

Los resultados de las tres pruebas aplicadas a la serie de lluvias de la estación Wilquipamba no presentan discrepancias entre sí. Por esto se acepta que los valores que conforman la serie provienen estadísticamente de una misma población, indicando así que los datos son útiles para el proceso de ajuste de distribuciones para el análisis de frecuencia de eventos extremos.

– Prueba de Homogeneidad – Estación Botana– Serie de Lluvias

La aplicación de las pruebas de datos dudosos de Chow para la estación Botana, ha entregado los resultados que se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Botana

	Serie Original	Logaritmo Serie
Promedio	34.62	1.53
Varianza	69.52	0.01
Desvío	8.34	0.11
Máximo	53.40	1.73
Mínimo	13.80	1.14
Nº de datos	34	34
Indicador	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.616	2.616
Umbrales	1.83	1.23
Lluvias Límites	66.87	16.84

Los resultados de la prueba indican que existe un dato atípico. En este caso corresponde al valor mínimo de la serie: 13,80 m³/s del año hidrológico 1991/92. En este caso la aceptación del valor y de la serie depende de los resultados de las pruebas de t de Student y Cramer. En la Tabla 32 se presentan los resultados de dichas pruebas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 32. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Botana

Serie de Estación Botana			
Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Estadístico t:	0.892	\hat{T}_{60}	0.152
Grados de Libertad	32	\hat{T}_{30}	0.057
De tabla: t =	2.038	t_{60}	1.044
El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 38 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	0.209
		Grados de libertad	28
		De tabla: t =	2.048
		El valor absoluto de ambos t_w es menor que el valor de tabla de t para 34 G.L. y para $\alpha = 5\%$. La serie es Homogénea	

Como puede observarse, los resultados de las tres pruebas aplicadas a la serie de lluvias de la estación Bocatoma presentan discrepancias entre sí. Sin embargo, por los criterios de aceptación planteados previamente, dos de las tres pruebas indican que la serie es homogénea, resultando además que la prueba de Cramer es la de mayor robustez numérica a la hora de decidir. Por esto se acepta que los valores que conforman la serie provienen

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

estadísticamente de una misma población, indicando así que los datos son útiles para el proceso de ajuste de distribuciones para el análisis de frecuencia de eventos extremos.

– Prueba de Homogeneidad – Estación Obonuco– Serie de Lluvias

La aplicación de las pruebas de datos dudosos de Chow para la estación Obonuco, ha entregado los resultados que se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultados de las pruebas de Datos Dudosos de Chow a la serie Obonuco

Indicador	Serie Original	Logaritmo Serie
Promedio	32.75	1.50
Varianza	65.81	0.01
Desvío	8.11	0.11
Máximo	52.30	1.72
Mínimo	16.40	1.21
Nº de datos	40	40
Indicador	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
Umbrales	1.79	1.21
Lluvias Límites	62.27	16.22

Los resultados de la prueba indican que no hay datos atípicos. A continuación se presentan los resultados de la aplicación de las pruebas de t de Student y Cramer. En la Tabla 34 se presentan los resultados de dichas pruebas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 34. Resultados de las pruebas de t de Student y Cramer a la serie Obonuco

Serie de Estación Obonuco			
Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Estadístico t:	0.193	\bar{T}_{60}	-0.171
Grados de Libertad	38	\bar{T}_{30}	0.212
De tabla: t =	2.025	t_{60}	1.323
El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 38 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	0.865
		Grados de libertad	34
		De tabla: t =	2.034
		El valor absoluto de ambos t_w es menor que el valor de tabla de t para 34 G.L. y para $\alpha = 5\%$. La serie es Homogénea	

Como puede observarse, los resultados de las tres pruebas aplicadas a la serie de lluvias de la estación Obonuco no presentan discrepancias entre sí. Por esto se acepta que los valores que conforman la serie provienen estadísticamente de una misma población, indicando así que los datos son útiles para el proceso de ajuste de distribuciones para el análisis de frecuencia de eventos extremos.

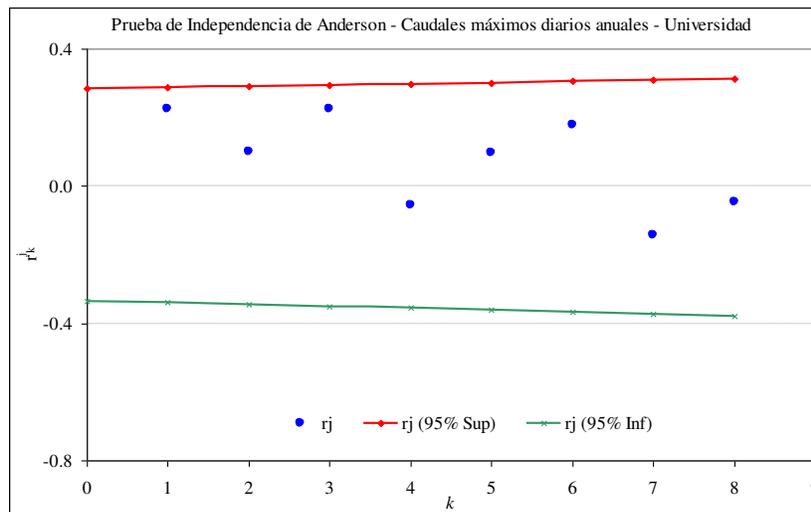
3.5.2 Pruebas de Independencia

– Prueba de Independencia – Estación Universidad – Serie de Caudales

La aplicación de la prueba de Anderson a la serie de caudales máximos diarios anuales correspondientes a la estación Universidad, ha dado los resultados que se presentan gráficamente en la Figura 25.

Figura 25. Correlograma de Anderson para la serie de caudales máximos diarios anuales.

Estación Universidad



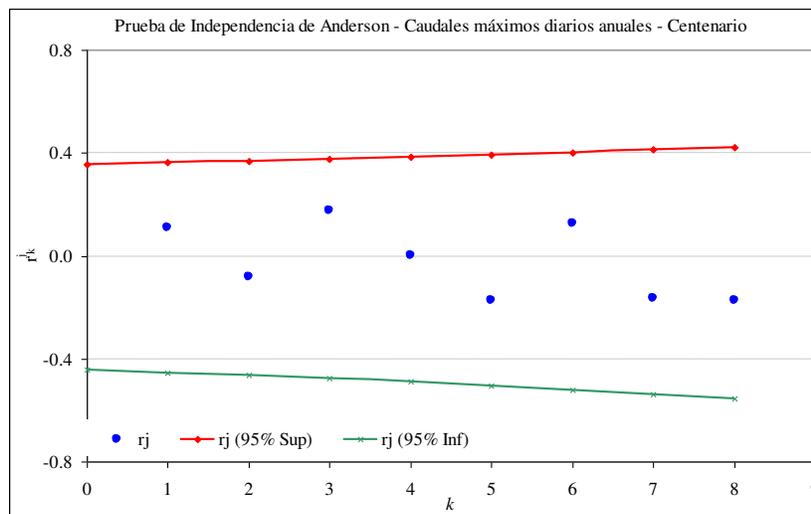
Los resultados presentados indican que la serie de valores analizada es independiente. Como puede observarse en el gráfico, ningún valor del coeficiente de correlación serial queda fuera de la banda de aceptación, cuando el límite aceptable está dado cuando un solo valor queda fuera de dicha banda.

– Prueba de Independencia – Estación Centenario – Serie de Caudales

La aplicación de la prueba de Anderson a la serie de caudales máximos diarios anuales correspondientes a la estación Centenario, ha dado los resultados que se presentan gráficamente en la Figura 26.

Figura 26. Correlograma de Anderson para la serie de caudales máximos diarios anuales.

Estación Centenario



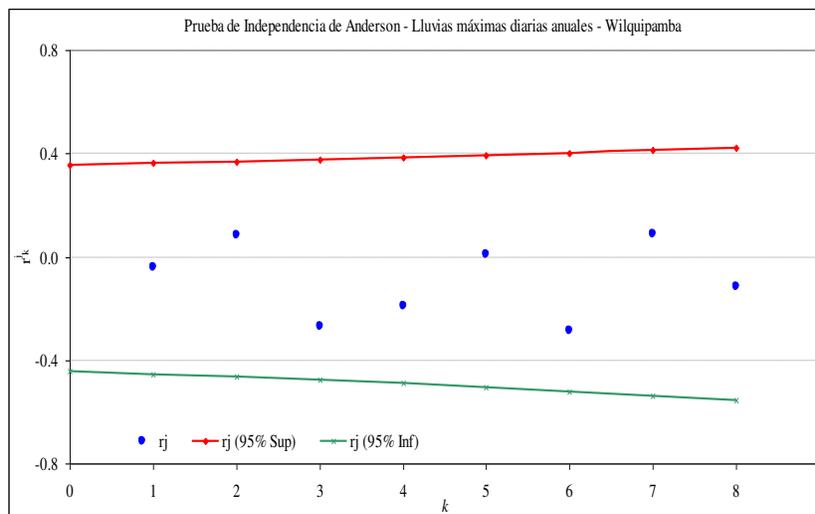
Los resultados presentados indican que la serie de valores analizada es independiente. Como puede observarse en el gráfico, ningún valor del coeficiente de correlación serial queda fuera de la banda de aceptación, cuando el límite aceptable está dado cuando un solo valor queda fuera de dicha banda.

– **Prueba de Independencia – Estación Wilquipamba – Serie de Lluvias**

La aplicación de la prueba de Anderson a la serie de lluvias máximas diarias anuales correspondientes a la estación Wilquipamba, ha dado los resultados que se presentan gráficamente en la Figura 27.

Figura 27. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales.

Estación Wilquipamba



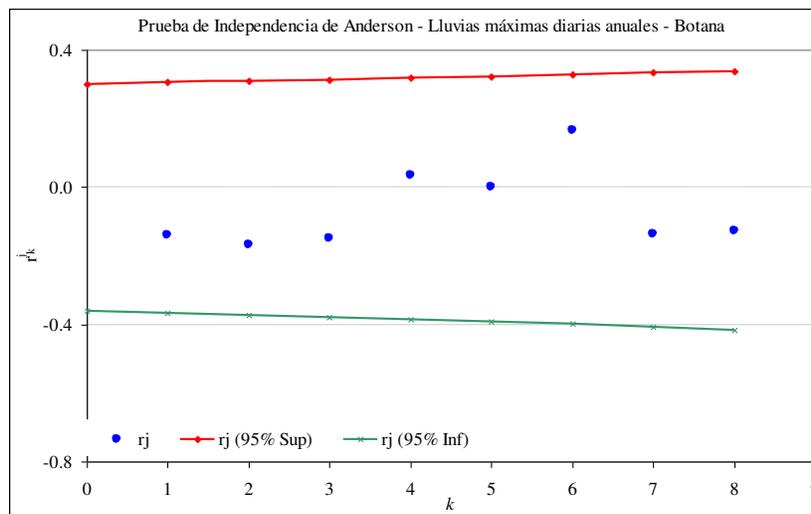
Los resultados presentados indican que la serie de valores analizada es independiente. Como puede observarse en el gráfico, ningún valor del coeficiente de correlación serial queda fuera de la banda de aceptación, cuando el límite aceptable está dado cuando un solo valor queda fuera de dicha banda.

– Prueba de Independencia – Estación Botana – Serie de Lluvias

La aplicación de la prueba de Anderson a la serie de lluvias máximas diarias anuales correspondientes a la estación Botana, ha dado los resultados que se presentan gráficamente en la Figura 28.

Figura 28. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales.

Estación Botana



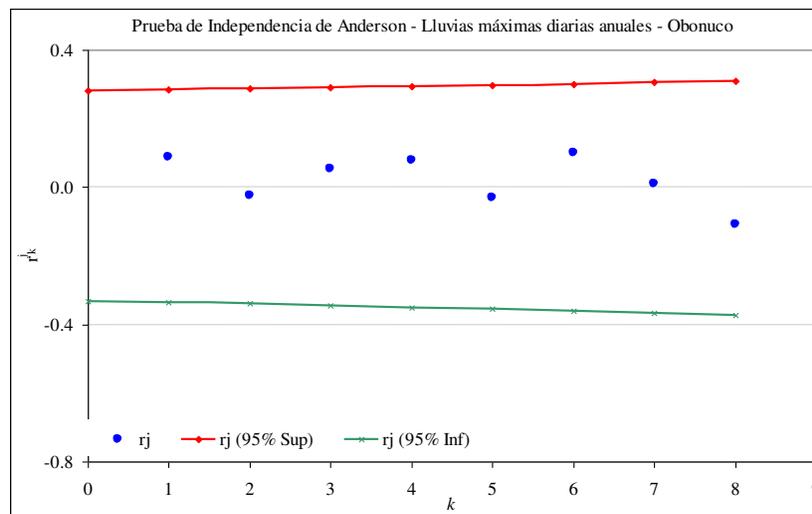
Los resultados presentados indican que la serie de valores analizada es independiente. Como puede observarse en el gráfico, ningún valor del coeficiente de correlación serial queda fuera de la banda de aceptación, cuando el límite aceptable está dado cuando un solo valor queda fuera de dicha banda.

– **Prueba de Independencia – Estación Obonuco – Serie de Lluvias**

La aplicación de la prueba de Anderson a la serie de lluvias máximas diarias anuales correspondientes a la estación Obonuco, ha dado los resultados que se presentan gráficamente en la Figura 29.

Figura 29. Correlograma de Anderson para la serie de lluvias máximas diarias anuales.

Estación Obonuco



Los resultados presentados indican que la serie de valores analizada es independiente. Como puede observarse en el gráfico, ningún valor del coeficiente de correlación serial queda fuera de la banda de aceptación, cuando el límite aceptable está dado cuando un solo valor queda fuera de dicha banda.

3.6 APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE FRECUENCIA

– Análisis de Frecuencia Puntual – Estación Universidad

Los pasos seguidos para el ajuste de distribuciones teóricas de probabilidad a cada una de las series de datos estudiadas, han sido presentados previamente en este Informe. Dichos pasos, de manera resumida, han sido los siguientes: a) ordenamiento de las series de mayor a menor, b) aplicación de una recurrencia empírica siguiendo la ley de Weibull, c) ajuste de los parámetros de cada una de las distribuciones teóricas de probabilidad empleadas, d) selección del mejor ajuste por medio del EEA, e) determinación de los caudales o lluvias para cada tiempo de retorno deseado en función de la distribución elegida.

En este caso, y en los que a continuación se presentan, sólo serán indicados los valores de error estándar de ajuste (EEA) conseguidos para las tres mejores distribuciones, el gráfico de la mejor distribución y los valores de caudales máximos diarios correspondientes a las recurrencias requeridas. En particular para los datos de la estación Universidad, las mejores tres distribuciones han presentado los valores de EEA que se indican en la Tabla 35.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

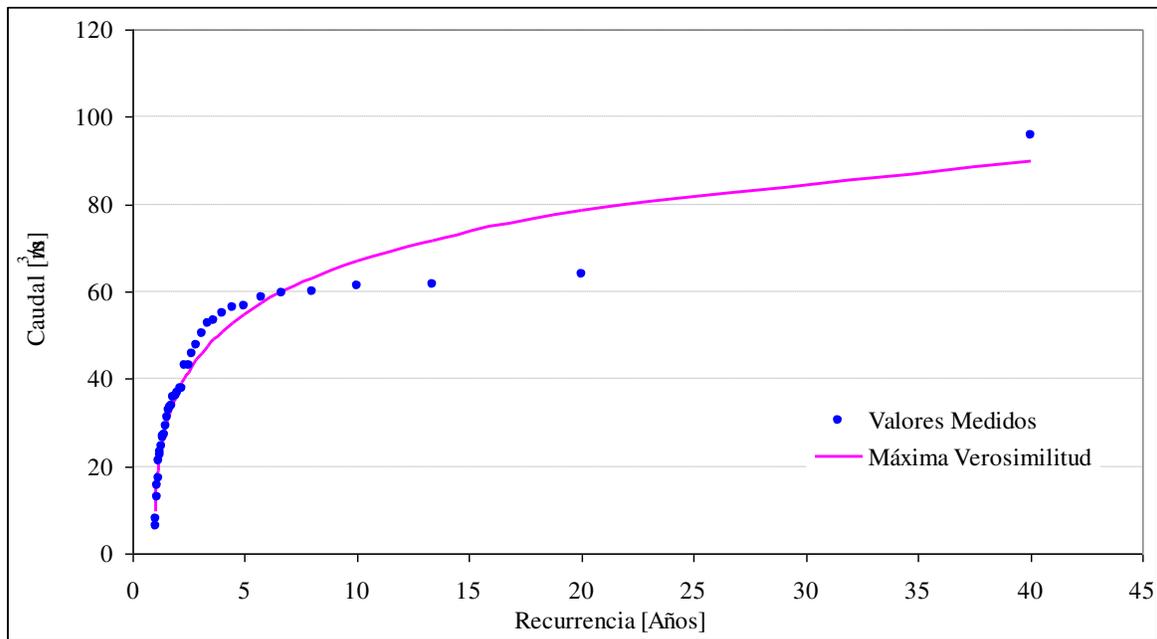
Gráficamente pueden verse los ajustes correspondientes a la distribución Gumbel (máxima verosimilitud) en la Figura 30. Allí puede verificarse que la función obtenida reproduce adecuadamente los valores medidos.

Tabla 35. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Universidad

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m ³ /s]
Gumbel	Máxima Verosimilitud	3,9923
Gumbel	Máxima Entropía	4,0159
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	4,0539

En la Tabla 36 se indican los valores de caudales máximos medios diarios anuales correspondientes a las recurrencias escogidas, presentándose los valores obtenidos para la distribución de mejor ajuste.

Figura 30. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Máxima verosimilitud) a la serie de caudales de la estación Universidad



– **Análisis de Frecuencia Puntual – Estación Centenario**

Se presentan los valores de error estándar de ajuste (EEA) conseguidos para las tres mejores distribuciones, el gráfico de la mejor distribución y los valores de caudales máximos diarios correspondientes a las recurrencias requeridas. En particular para los datos de la estación Centenario, las mejores tres distribuciones han presentado los valores de EEA que se indican en la Tabla 37.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 36. Caudales [m^3/s] asociados a distintos tiempos de retorno. Estación Universidad.

Distribución: Gumbel (máxima verosimilitud)

Recurrencia: T	Gumbel (Máxima Verosimilitud)
2,33	40,04
5	54,85
10	66,91
15	73,71
25	82,15
50	93,46
100	104,68

Tabla 37. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Centenario

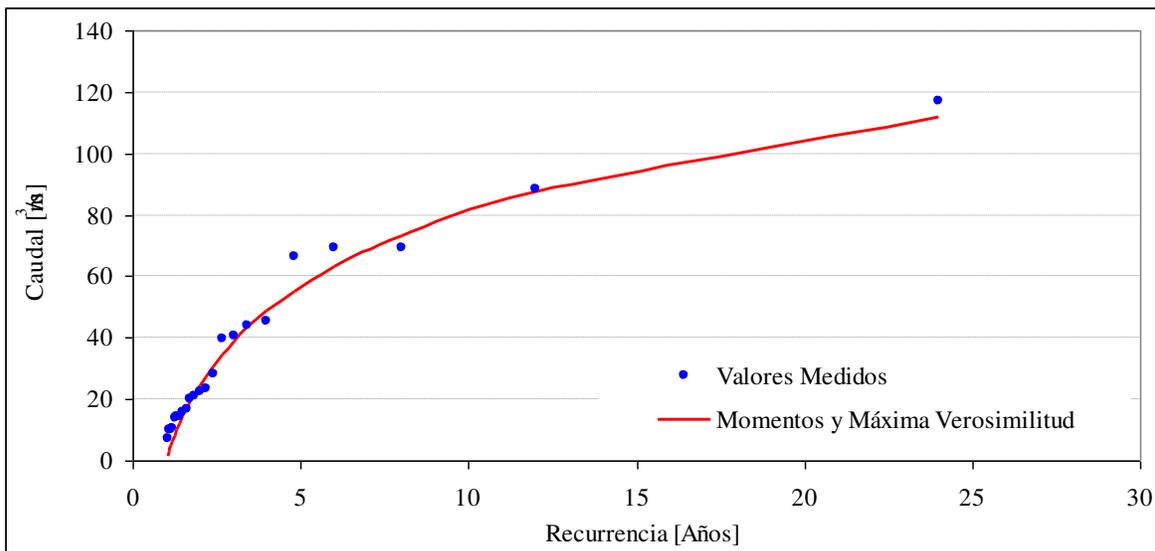
Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m^3/s]
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	4.590
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	6.470
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	6.537

Gráficamente pueden verse los ajustes correspondientes a la distribución Exponencial de parámetro β (método de momentos y máxima verosimilitud) en la Figura 31. Allí puede verificarse que la función obtenida reproduce adecuadamente los valores medidos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En la Tabla 38 se indican los valores de caudales máximos medios diarios anuales correspondientes a las recurrencias escogidas, presentándose los valores obtenidos para la distribución de mejor ajuste.

Figura 31. Ajuste gráfico de las distribuciones Exponencial β (Momentos y Máxima verosimilitud) a la serie de caudales de la estación Centenario



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 38. Caudales [m^3/s] asociados a distintos tiempos de retorno. Estación Centenario.

Distribución: Exponencial β (Momentos y Máxima verosimilitud)

Recurrencia: T	Exponencial β (Momentos y máxima verosimilitud)
2	24,36
5	56,57
10	80,93
15	95,18
25	113,14
50	137,50
100	161,86

– **Análisis de Frecuencia Puntual – Estación Wilquipamba**

Se presentan los valores de error estándar de ajuste (EEA) conseguidos para las tres mejores distribuciones, el gráfico de la mejor distribución y los valores de lluvias máximas diarias correspondientes a las recurrencias requeridas. En particular para los datos de la estación Wilquipamba, las mejores tres distribuciones han presentado los valores de EEA que se indican en la Tabla 39.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 39. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Wilquipamba

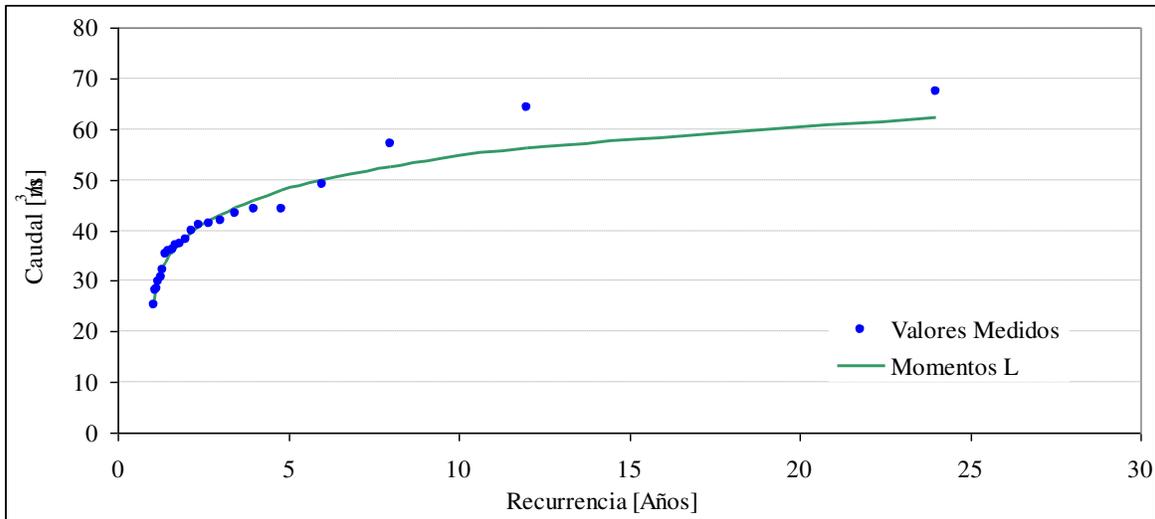
Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [mm]
Gumbel	Momentos L	2.548
Gumbel	Momentos	2.590
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	2.663

Gráficamente pueden verse los ajustes correspondientes a la distribución Gumbel (método de momentos L) en la Figura 32. Allí puede verificarse que la función obtenida reproduce adecuadamente los valores medidos. En la Tabla 40 se indican los valores de caudales máximos medios diarios anuales correspondientes a las recurrencias escogidas, presentándose los valores obtenidos para la distribución de mejor ajuste.

Tabla 40. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Wilquipamba Distribución: Gumbel (Momentos L)

Recurrencia: T	Gumbel (Momentos L)
2,33	40,32
5	48,17
10	54,56
15	58,16
25	62,63
50	68,62
100	74,57

Figura 32. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Wilquipamba



– **Análisis de Frecuencia Puntual – Estación Botana**

Se presentan los valores de error estándar de ajuste (EEA) conseguidos para las tres mejores distribuciones, el gráfico de la mejor distribución y los valores de lluvias máximas diarias correspondientes a las recurrencias requeridas. En particular para los datos de la estación Botana, las mejores tres distribuciones han presentado los valores de EEA que se indican en la Tabla 41.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 41. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Botana

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [mm]
Gumbel	Momentos L	1,9114
Gumbel	Máxima Entropía	1,9844
Gumbel	Momentos	2,0026

Gráficamente pueden verse los ajustes correspondientes a la distribución Gumbel (método de momentos L) en la Figura 33. Allí puede verificarse que la función obtenida reproduce adecuadamente los valores medidos.

En la Tabla 42 se indican los valores de caudales máximos medios diarios anuales correspondientes a las recurrencias escogidas, presentándose los valores obtenidos para la distribución de mejor ajuste.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 33. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Botana

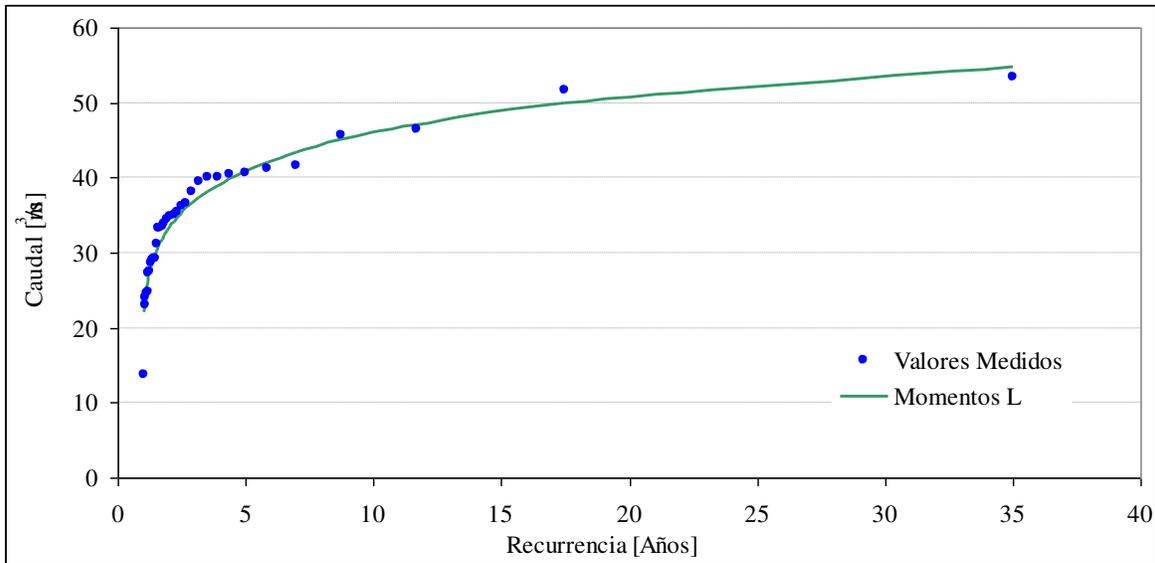


Tabla 42. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Botana Distribución: Gumbel (Momentos L)

Recurrencia: T	Gumbel (Momentos L)
2,33	34.63
5	40.89
10	45.98
15	48.85
25	52.42
50	57.19
100	61.93

– **Análisis de Frecuencia Puntual – Estación Obonuco**

Se presentan los valores de error estándar de ajuste (EEA) conseguidos para las tres mejores distribuciones, el gráfico de la mejor distribución y los valores de lluvias máximas diarias correspondientes a las recurrencias requeridas. En particular para los datos de la estación Obonuco, las mejores tres distribuciones han presentado los valores de EEA que se indican en la Tabla 43.

Tabla 43. Valores de Error Estándar de Ajuste para las tres distribuciones que mejor representan a los datos de la Estación Obonuco

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [mm]
Gumbel	Máxima Verosimilitud	1,456
Gumbel	Máxima Entropía	1,462
Gumbel	Momentos L	1,534

Gráficamente pueden verse los ajustes correspondientes a la distribución Gumbel (método de máxima verosimilitud) en la Figura 34. Allí puede verificarse que la función obtenida reproduce adecuadamente los valores medidos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En la Tabla 44 se indican los valores de caudales máximos medios diarios anuales correspondientes a las recurrencias escogidas, presentándose los valores obtenidos para la distribución de mejor ajuste.

Figura 34. Ajuste gráfico de las distribuciones Gumbel (Momentos L) a la serie de lluvias máximas diarias anuales de la estación Obonuco

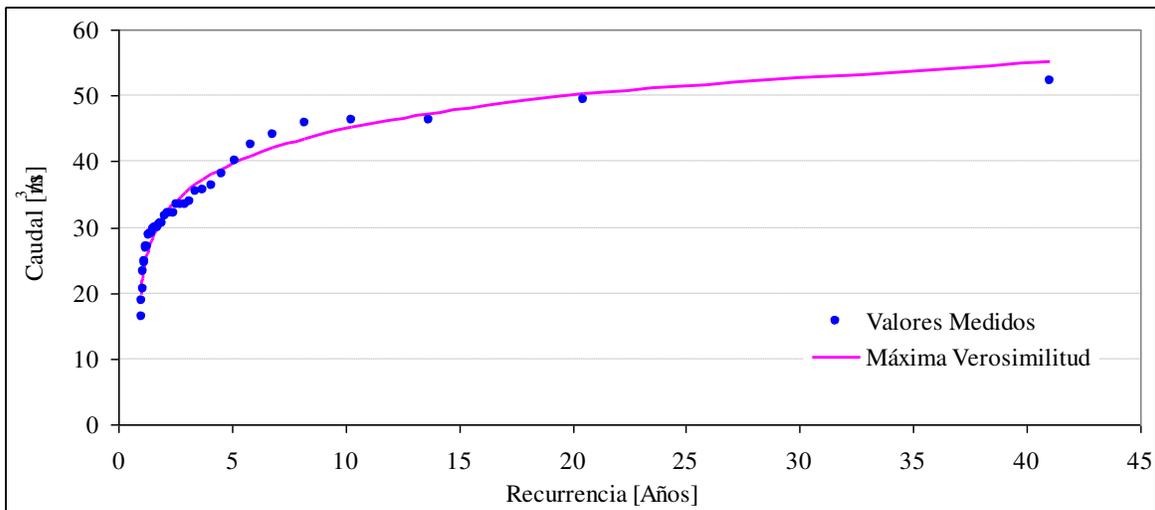


Tabla 44. Lluvias máximas diarias [mm] asociadas a distintos tiempos de retorno. Estación Obonuco Distribución: Gumbel (Momentos L)

Recurrencia: T	Gumbel (Máxima verosimilitud)
2,33	33,05
5	39,59
10	44,91
15	47,92
25	51,64
50	56,63
100	61,59

3.7 REGIONALIZACIÓN HIDROLÓGICA –REGIONES HOMOGÉNEAS

En general, en la hidrología, la delimitación de regiones homogéneas se ha sustentando en considerar áreas geográficamente continuas, límites políticos o administrativos. Sin embargo si la variabilidad espacial de las características fisiográficas o hidrológicas es grande, la consideración de homogeneidad no se puede garantizar (Escalante, 2005).

Para la delimitación de las regiones homogéneas durante el desarrollo de este Estudio, se ha empleado la Técnica de Trazos Multidimensionales, la cual será presentada a continuación, siguiendo los planteamientos indicados en (Escalante, 2005). Esta técnica pertenece al grupo de las técnicas llamadas de “racimo”. Éstas son definidas como aquellas que ubican estaciones de forma iterativa con base en un algoritmo puramente matemático. Con esta metodología no es necesario que una cuenca se encuentre dentro de un grupo geográficamente contiguo. Estas regiones serán comunes respecto a sus series de datos en un espacio variable multidimensional antes que en el espacio geográfico.

3.7.1 Método de los Trazos Multidimensionales

Nathan y Mc Mahon en 1990, apud (Escalante, 2005) desarrollaron una técnica de regionalización que resuelve los problemas asociados con la selección de una adecuada técnica de racimos, la definición de la región homogénea y la predicción del grupo de membresía al cual pertenecería una nueva cuenca.

El método emplea la técnica de regresión lineal múltiple para seleccionar las características fisiográficas y climatológicas más adecuadas.

La heterogeneidad de los grupos que se forman de manera preliminar se evalúan mediante una técnica de posicionamiento propuesta por Andrews en 1972, en la cual un punto en el espacio multidimensional se representa por una curva en dos dimensiones a través de la función dada por la ecuación 17:

$$f(t) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \cdot \sin(t) + x_3 \cdot \cos(t) + x_4 \cdot \sin(2t) + x_5 \cdot \cos(2t) \quad \text{Ec.17}$$

Donde X_1, X_2, \dots , son las características fisiográficas y/o meteorológicas obtenidas del análisis de regresión y la función se evalúa en el rango $-\pi \leq t \leq \pi$.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El hecho de que esta función preserve las distancias la hace una técnica ideal de comparación visual para la formación de grupos homogéneos. Los racimos de cuencas con comportamientos similares aparecen como una banda de curvas muy aproximadas unas de otras.

Una característica del método, que no se identifica de manera inmediata, consiste en que los resultados que se obtienen dependen del tipo y del ordenamiento de las variables seleccionadas. Las primeras variables son asociadas con componentes cíclicas de baja frecuencia y las últimas de alta frecuencia. Las bajas frecuencias son más fáciles de observar, de esta manera, X1 representará a aquella que en el análisis de regresión significó más significativa desde el punto de vista estadístico, X2 a la segunda, y así sucesivamente.

Una vez que se han desarrollado las funciones del tipo $f(t)$ para cada uno de los sitios involucrados, se generaran envolventes que formen un conjunto de curvas de comportamiento similar y se derivará una curva media $\bar{f}(t)$ que represente los atributos físicos de cada grupo formado.

3.7.2 Delimitación de regiones hidrológicas homogéneas

Tal como fuera indicado previamente en este Informe, para la determinación de las Rondas Hídricas de cada uno de los ríos, es necesario contar con los caudales máximos de los mismos, asociados a los diferentes tiempos de recurrencia deseados.

En particular, en el caso del río Miraflores, la escasa longitud de datos registrados en la estación Chapal Sinay (desde el año hidrológico 2006/07 al 2011/12), impiden la aplicación de Técnicas de Análisis de Frecuencia a la serie de datos, para la obtención de los caudales asociados a las recurrencias buscadas.

En este caso, dada la proximidad de las estaciones de caudales Centenario y Universidad sobre el río Pasto, conjuntamente con la existencia de las series de las estaciones pluviográficas: Wilquipamba, Obonuco y Botana, es posible la obtención de los caudales buscados sobre el río Miraflores, con base en Técnicas de Regionalización.

Para ello, en primer lugar es necesario determinar, de manera objetiva, que la cuenca de aporte del río Miraflores posee similares características hidrológicas que las cuencas de aporte a las estaciones Centenario y Universidad del Río Pasto, constituyendo de esta manera

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

una región hidrológicamente homogénea. Una vez que esto pueda ser demostrado, los caudales buscados pueden obtenerse con certeza.

3.7.3 Características Fisiográficas Analizadas

Para el análisis y determinación de la homogeneidad de las características hidrológicas de las cuencas de aporte a las estaciones Universidad, Centenario y Chapal Sinay, se emplearon las siguientes características fisiográficas:

- Área [km²]
- Longitud de cauce principal [m]
- Pendiente media de cauce principal [m/m]
- Pendiente media de cuenca [m/m]
- Perímetro de cuenca [m]
- Longitud de todos los cauces presentes en las cuencas [m]
- Tiempo de concentración (ecuación de Kirpich) [h]

Cada una de dichas características, en cada caso, se presenta en la Tabla 45.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 45. Características fisiográficas empleadas

Nombre de Subcuenca	Área [km ²]	Long. Cauce Ppal. [m]	Pendiente Media Cauce Ppal. [m/m]	Pendiente Media Cuenca [m/m]	Perímetro Cuenca [m]	Longitud de todos los cauces [m]	TC Kirpich [h]
Universidad	211,7	23.590,4	0,0937	0,254	73.269,6	44.7442,2	1,88
Centenario	69,4	15.708,9	0,1022	0,307	38.956,8	19.4454,1	1,33
Miraflores	65,8	20.853,7	0,1005	0,181	49.221,8	10.5582,9	1,67

En el caso de este Estudio se efectuó el procedimiento de los Trazos Multidimensionales, con base en la información obtenida del análisis de frecuencia de las series de lluvias de las estaciones Wilquipamba, Obonuco y Botana, para diferentes tiempos de retorno.

La aplicación de la técnica de los Trazos Multidimensionales, por medio de las series de lluvia, permite definir el ordenamiento de las características fisiográficas de cada una de las cuencas, para la obtención de las curvas representativas.

Esta tarea, que puede considerarse reiterativa, permite definir distintos parámetros fisiográficos como los más representativos de las cuencas, y establecer de esa manera

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

distintos grupos de trazos multidimensionales. Con las diferentes concepciones de trazos, es posible definir con una mayor base conceptual si las regiones son o no homogéneas.

En particular, las distintas recurrencias consideradas han sido: 2,33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años. Para cada una de ellas, el procedimiento consiste en efectuar una regresión múltiple entre los valores de lluvia correspondiente a cada estación y sus respectivos parámetros fisiográficos. El nivel de explicación que cada parámetro ofrece a las láminas de lluvia, es medido por medio del coeficiente de correlación. Los cinco parámetros que consiguen los valores absolutos más altos de coeficiente de correlación son empleados en la ecuación de Andrews para definir los trazos multidimensionales. En las secciones siguientes se presentan los resultados obtenidos para cada recurrencia indicada con las conclusiones alcanzadas. Las láminas de lluvias correspondientes a las recurrencias indicadas han sido presentadas para cada estación en capítulos precedentes.

3.7.4 Trazos Multidimensionales – Recurrencia 2,33 Años

El análisis de correlación múltiple para una recurrencia de 2,33 años indica que los parámetros fisiográficos explican los valores de lluvia asociados a este tiempo de retorno con los coeficientes de correlación que se presentan en la Tabla 46.

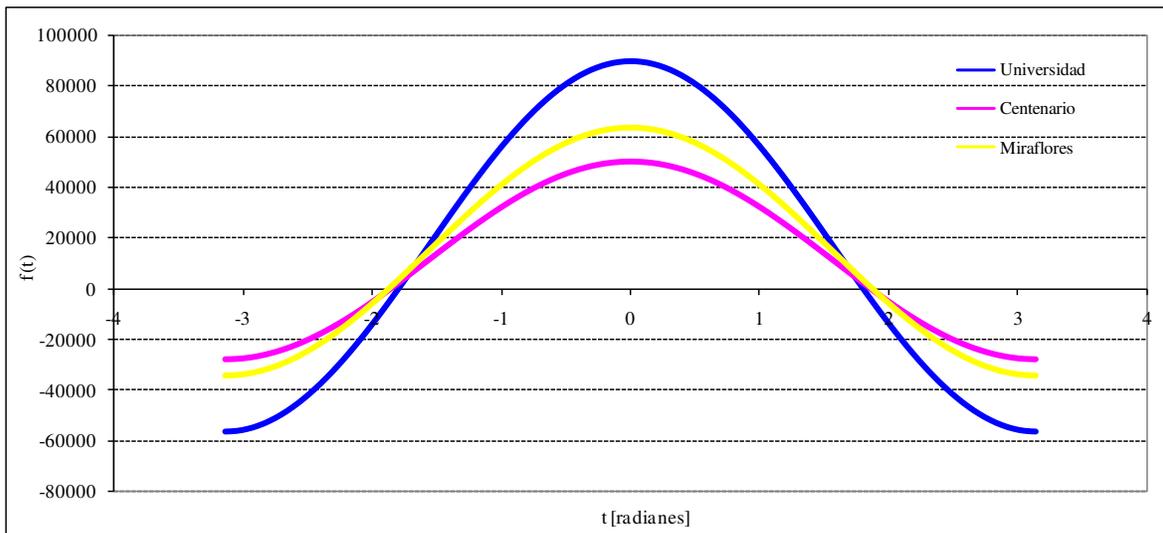
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 46. Coeficientes de correlación para 2,33 años de TR

Orden	Característica Fisiográfica	Coefficiente de Correlación	Valor Absoluto del Coeficiente de Correlación
1	Long. Cauce Principal [m]	-0,99	0,99
2	TC Kirpich [h]	-0,98	0,98
3	Perímetro Cuenca [km]	-0,86	0,86
4	Pendiente Media Cauce Principal [m/m]	0,79	0,79
5	Pendiente Media Cuenca [m/m]	0,68	0,68
6	Área [km ²]	-0,65	0,65
7	Longitud de todos los cauces [m]	-0,46	0,46

Tomando los cinco primeros parámetros e incorporándolos a la ecuación de Andrews, se consiguen los trazos multidimensionales que se representan en la Figura 35.

Figura 35. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 2,33 años



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Puede observarse en la figura que se registra una mayor aproximación entre las curvas correspondientes a las cuencas de aporte de Miraflores y Centenario, mientras que la curva correspondiente a la estación Universidad se aleja en los extremos y en el centro de la gráfica.

3.7.5 Trazos Multidimensionales – Recurrencia 5, 10 y 15 Años

En este caso, para estas recurrencias (5, 10 y 15 años), el análisis de correlación múltiple indica que los parámetros fisiográficos explican los valores de lluvia asociados a estos tiempo de retorno con los coeficientes de correlación que se presentan en la Tabla 47. Como puede observarse es el mismo ordenamiento que el obtenido para 2,33 años de recurrencia. Por lo tanto, los trazos multidimensionales son aquellos presentados previamente.

Tabla 47. Coeficientes de correlación para 5, 10 y 15 años de TR

Orden	Característica Fisiográfica	Coefficiente de Correlación	Valor Absoluto del Coeficiente de Correlación
1	Long. Cauce Principal [m]	-0,99	0,99
2	TC Kirpich [h]	-0,98	0,98
3	Perímetro Cuenca [km]	-0,86	0,86
4	Pendiente Media Cauce Principal [m/m]	0,79	0,79
5	Pendiente Media Cuenca [m/m]	0,68	0,68
6	Área [km ²]	-0,65	0,65
7	Longitud de todos los cauces [m]	-0,46	0,46

3.7.6 Trazos Multidimensionales – Recurrencia 25 Años

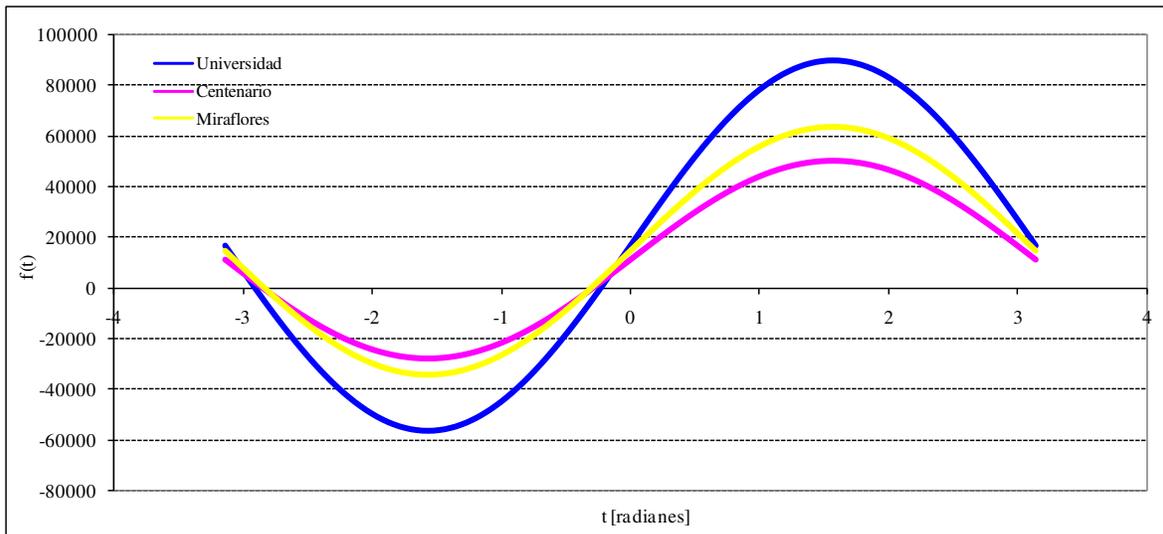
Para 25 años de recurrencia, el análisis de correlación múltiple indica que los parámetros fisiográficos explican los valores de lluvia asociados a este tiempo de retorno con los coeficientes de correlación que se presentan en la Tabla 48. Como puede observarse el ordenamiento es levemente diferente al obtenido para las recurrencias anteriores.

Los trazos multidimensionales, para el ordenamiento dado para 25 años de TR, son aquellos presentados en la Figura 36.

Tabla 48. Coeficientes de correlación para 25 años de TR

Orden	Característica Fisiográfica	Coefficiente de Correlación	Valor Absoluto del Coeficiente de Correlación
1	Long. Cauce Principal [m]	-0,96	0,96
2	TC Kirpich [h]	-0,94	0,94
3	Pendiente Media Cuenca [m/m]	0,78	0,78
4	Perímetro Cuenca [km]	-0,77	0,77
5	Pendiente Media Cauce Principal [m/m]	0,70	0,70
6	Área [km ²]	-0,54	0,54
7	Longitud de todos los cauces [m]	-0,33	0,33

Figura 36. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 25 años



Al igual que en los casos anteriores, puede observarse en la que se registra una mayor aproximación entre las curvas correspondientes a las cuencas de aporte de Miraflores y Centenario, mientras que la curva correspondiente a la estación Universidad se aleja en diferentes sectores de la gráfica.

3.7.7 Trazos Multidimensionales – Recurrencias 50 y 100 Años

Finalmente, para las recurrencias de 50 y 100 años, el análisis de correlación múltiple indica que los parámetros fisiográficos explican los valores de lluvia asociados a estos tiempos de retorno con los coeficientes de correlación que se presentan en la Tabla 49. Como puede observarse el ordenamiento es diferente al obtenido para las recurrencias anteriores.

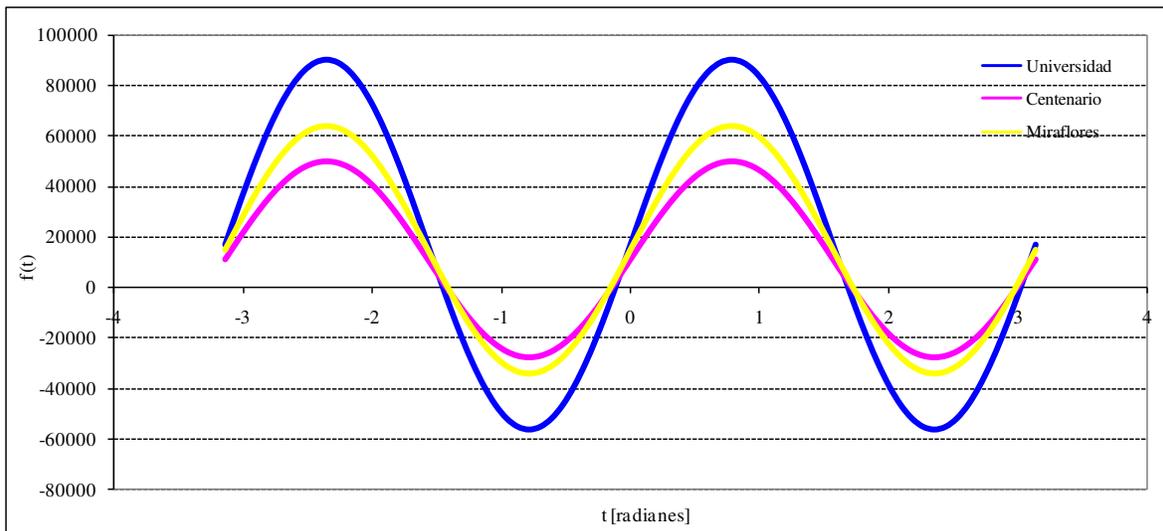
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Los trazos multidimensionales, para el ordenamiento dado para 50 y 100 años de TR, son aquellos presentados en la Figura 37.

Tabla 49. Coeficientes de correlación para 50 y 100 años de TR

Orden	Característica Fisiográfica	Coefficiente de Correlación	Valor Absoluto del Coeficiente de Correlación
1	Long. Cauce Principal [m]	-0,95	0,95
2	TC Kirpich [h]	-0,94	0,94
3	Pendiente Media Cuenca [m/m]	0,79	0,79
4	Perímetro Cuenca [km]	-0,76	0,76
5	Pendiente Media Cauce Principal [m/m]	0,68	0,68
6	Área [km ²]	-0,52	0,52
7	Longitud de todos los cauces [m]	-0,31	0,31

Figura 37. Trazos multidimensionales para una recurrencia de 50 y 100 años



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Al igual que en los casos anteriores, puede observarse que se registra una mayor aproximación entre las curvas correspondientes a las cuencas de aporte de Miraflores y Centenario, mientras que la curva correspondiente a la estación Universidad se aleja en diferentes sectores de la gráfica.

3.7.8 Resultados Obtenidos con la Definición de Regiones Homogéneas

Tal como se ha ido presentando previamente en el análisis de los Trazos Multidimensionales de Andrews para cada una de las recurrencias analizadas, se ha obtenido una mejor correlación entre las características fisiográficas de las cuencas de aporte de Miraflores con la estación Centenario del río Pasto, quedando, en todos los casos las características de la cuenca de aporte a la estación Universidad, desplazadas respecto a las dos anteriores.

Esta circunstancia, que podría explicarse a partir de las diferencias de áreas y pendientes principalmente, indican que los caudales de la cuenca de aporte del río Miraflores, deben obtenerse a partir de los caudales obtenidos para diferentes recurrencias en la estación Centenario del río Pasto, por medio de la correlación de sus características fisiográficas.

3.8 DEFINICIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO PARA LAS RONDAS HÍDRICAS

En este Estudio se ha realizado el análisis estadístico de las series de caudales máximos instantáneos de las estaciones Universidad y Centenario y se han obtenido para ellas los caudales máximos asociados a diferentes tiempos de retorno.

Por otra parte, en función de no contar con suficiente información hidrométrica en el río Miraflores, se ha demostrado que las características fisiográficas de su cuenca de aporte se asemejan a las de la cuenca de aporte de la estación Centenario del río Pasto, conformando ambas, una región hidrológicamente homogéneas. En función de ello se definen a continuación los Caudales de Diseño para las Rondas Hídricas de los ríos Pasto y Miraflores.

3.8.1 Río Pasto

– Desde sus nacientes hasta estación Centenario

Por su parte, para la definición de los caudales de diseño para las rondas hídricas del río Pasto desde sus nacientes hasta la estación Centenario, se cuenta con los registros hidrométricos de esta última.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Se considera que resulta exagerado definir, con los caudales de la estación Centenario, la ronda hídrica de toda la longitud del río desde sus nacientes hasta dicha estación. Desde el punto de vista hidráulico, se entiende que el aporte de caudal que se realiza a la salida de una cuenca es, en cierta medida, proporcional al tamaño de la misma y, por ello, no podría considerarse a la mitad de la cuenca igual caudal máximo que en la salida del 100% del área de aporte. En función de esto, considerando además el análisis de regionalización realizado, se ha definido como criterio de diseño, establecer tres tramos de río:

- a) Desde las nacientes del río hasta el 33% de su longitud.
- b) Desde el 33% hasta el 66%, y
- c) Desde el 66 % hasta el final del mismo

Una vez que se ha definido este criterio de diseño, se determinaron las características fisiográficas de las cuencas de aporte al 33 y 66 % de la longitud del río. Las mismas se presentan en la Tabla 50.

A partir de las características de las cuencas de aporte y de los caudales asociados a las recurrencias deseadas, obtenidos para la estación Centenario, se obtienen los caudales para los tramos analizados. El caudal para una recurrencia cualquiera se obtiene como el promedio de los caudales obtenidos con cada una de las características fisiográficas. A modo de ejemplo se detalla el cálculo realizado para los tramos de río desde las nacientes hasta el 33% de la longitud del cauce del río y desde el 33% hasta el 66%, para una recurrencia de 2

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

años (Tabla 51). En la Tabla 52 se presentan los caudales de diseño, obtenidos con la metodología presentada previamente, para los tramos del río Pasto y para todas las recurrencias.

Tabla 50. Características fisiográficas cuencas de aporte tramos

Nombre de Subcuenca	Área [km ²]	Long. Cauce Ppal. [m]	Pendiente Media Cauce Ppal. [m/m]	Pendiente Media Cuenca [m/m]	Perímetro Cuenca [m]	Longitud de todos los cauces [m]	TC Kirpich [h]
Centenario 100%	69,4	15.708,90	0,10	0,31	38.956,80	194.454,10	1,33
Centenario 66%	41,38	10.363,25	0,13	0,32	32.735,08	130.442,49	0,87
Centenario 33%	10,61	5.339,20	0,18	0,30	14.975,46	25.756,26	0,47

Tabla 51. Caudales para 2 años de recurrencia para el río Pasto entre sus nacientes y la estación Centenario

Nombre de Subcuenca	Dato	Área [km ²]	Long. Cauce Ppal. [m]	Pendiente Media Cauce Ppal. [m/m]	Pendiente Media Cuenca [m/m]	Perímetro Cuenca [m]	Longitud de todos los cauces [m]	TC Kirpich [h]	Caudal Promedio [m ³ /s]
Centenario 100%	Car.Fis.	69,40	15708,90	0,10	0,31	38956,80	1 94454,10	1,33	24,36
Centenario 66%	Car.Fis.	41,38	10363,25	0,13	0,32	32735,08	130442,49	0,87	20,04
	Caudal [m ³ /s]	14,52	16,07	31,57	25,26	20,47	16,34	16,02	
Centenario 33%	Car.Fis.	10,61	5339,20	0,18	0,30	14975,46	25756,26	0,47	14,30
	Caudal [m ³ /s]	3,72	8,28	43,22	23,76	9,37	3,23	8,52	

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 52. Caudales de diseño [m^3/s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Pasto entre las nacientes y la estación Centenario

Recurrencia: T [Años]	Caudal de Diseño [m^3/s]		
	Río Pasto desde nacientes al 33 %	Río Pasto desde el 33 al 66 %	Río Pasto desde el 66 al 100 %
2	14,30	20,04	24,36
5	33,20	46,52	56,57
10	47,50	66,56	80,93
15	55,86	78,28	95,18
25	66,40	93,05	113,14
50	80,70	113,09	137,50
100	95,00	133,12	161,86

– **Entre estación Centenario y estación Universidad**

Este tramo del río Pasto se encuentra ubicado en una zona que va desde altamente urbanizada hasta completamente urbanizada. En función del emplazamiento de este sector del río, la delimitación de la ronda hídrica en el mismo se vuelve especialmente importante, debido a que la magnitud de los potenciales daños que una crecida de cierta recurrencia puede generar, sería mucho mayor a los que pudiera genera en un sector no urbanizado del río.

Para este tramo se cuenta con la información hidrométrica de las estaciones Universidad y Centenario, las cuales han sido presentadas y analizadas previamente.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Los resultados obtenidos con el análisis de frecuencia de cada una de ellas, generan un llamado de atención, en el sentido que para iguales recurrencias, los caudales máximos generados con los datos de la estación Centenario son mayores a aquellos obtenidos a partir de la estación Universidad. El llamado de atención se genera al considerar que la estación Centenario está ubicada aguas arriba de la estación Universidad y, por lo tanto, se esperaría en principio un resultado inverso al alcanzado, es decir con caudales mayores en la estación Universidad.

En principio estas diferencias podrían explicarse en función de las características fisiográficas de las cuencas de aporte a ambas estaciones. En efecto, puede observarse que la cuenca de aporte de la estación Centenario posee mayores pendientes de cauce y de cuenca, menor longitud de río y menor perímetro de cuenca. Todos ellos, factores que contribuyen a una mayor “torrencialidad” de los caudales de Centenario y no de Universidad.

En función de esto y dado que el tramo analizado se encuentra en una zona urbanizada, por razones de seguridad se considera como criterio de Diseño, que los caudales para la definición de las rondas hídricas son aquellos obtenidos para la estación Centenario.

3.8.2 Río Miraflores

Por su parte, para la definición de los caudales de diseño para las rondas hídricas del río Miraflores desde sus nacientes hasta la confluencia con el río Pasto, se cuenta con los registros hidrométricos de la estación Centenario y la regionalización a partir de los datos fisiográficos de las cuencas, tal como se indicó en el análisis de homogeneidad regional, ver Tabla 53.

Tabla 53. Caudales de diseño [m³/s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Pasto entre la estación Centenario y la estación Universidad

Recurrencia: T	Caudal de Diseño [m ³ /s]
2	24,36
5	56,57
10	80,93
15	95,18
25	113,14
50	137,50
100	161,86

Al igual que para la cuenca alta del río Pasto, aguas arriba de la estación Centenario, se considera que resulta exagerado definir, con los caudales de la estación Centenario, la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

ronda hídrica de toda la longitud del río Miraflores desde sus nacientes hasta dicha estación. Desde el punto de vista hidráulico, se entiende que el aporte de caudal que se realiza a la salida de una cuenca es, en cierta medida, proporcional al tamaño de la misma y, por ello, no podría considerarse a la mitad de la cuenca igual caudal máximo que en la salida del 100% del área de aporte. En función de esto, considerando además el análisis de regionalización realizado, se ha definido como criterio de diseño, establecer tres tramos de río:

- a) Desde las nacientes del río hasta el 33% de su longitud.
- b) Desde el 33% hasta el 66%, y
- c) Desde el 66 % hasta el final del mismo (coincidente en este caso con la confluencia con el río Pasto)

Una vez que se ha definido este criterio de diseño, se determinaron las características fisiográficas de las cuencas de aporte al 33 y 66 % de la longitud del río. Las mismas se presentan en la Tabla 54.

Tabla 54. Características fisiográficas cuencas de aporte río Miraflores por tramos

Nombre de Subcuenca	Área [km ²]	Long. Cauce Principal.[m]	Pendiente Media Cauce Principal.[m/m]	Pendiente Media Cuenca [m/m]	Perímetro Cuenca [m]	Longitud de todos los cauces [m]	TC Kirpich [h]
Miraflores 100 %	65,77	20.853,69	0,10	0,18	49.221,80	105.582,89	1,67
Miraflores 66 %	43,81	14.770,35	0,12	0,19	44.281,55	67.439,18	1,21
Miraflores 33 %	6,07	5.178,76	0,14	0,27	13.372,87	13.006,58	0,50

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

A partir de las características de las cuencas de aporte y de los caudales asociados a las recurrencias deseadas, obtenidos para la estación Centenario, se obtienen los caudales para los tramos analizados.

El caudal para una recurrencia cualquiera se obtiene como el promedio de los caudales obtenidos con cada una de las características fisiográficas, tal como se presentó para el caso de los tramos del río Pasto aguas arriba de la estación Centenario (punto anterior).

En la Tabla 55 se presentan los caudales de diseño, obtenidos con la metodología presentada previamente, para los tramos del río Miraflores y para todas la recurrencias.

Tabla 55. Caudales de diseño [m³/s] para la definición de las rondas hídricas del tramo del río Miraflores entre las nacientes y la confluencia con el río Pasto

Recurrencia: T [Años]	Caudal de Diseño [m ³ /s]		
	Miraflores desde nacientes al 33 %	Miraflores desde el 33 al 66 %	Miraflores desde el 66 al 100 %
2	12,00	19,88	24,04
5	27,85	46,15	55,82
10	39,85	66,03	79,86
15	46,86	77,65	93,92
25	55,71	92,30	111,64
50	67,70	112,18	135,68
100	79,70	132,06	159,72

3.9 DELIMITACIÓN DE RONDAS HÍDRICAS CON CRITERIOS HIDROLÓGICOS

3.9.1 Criterios De Selección Del Software

Es claro que la selección del modelo es sólo un paso de todo el proceso de modelación hidráulica de las corrientes hídricas superficiales, dicho paso es extenso y complejo, pero en general lo que se busca es que el modelo escogido sea capaz de representar las condiciones reales referidas a las condiciones fisiográficas del cauce en estudio.

Para el desarrollo de este proyecto el modelo seleccionado fue “HEC-RAS” versión 4.1, desarrollado por El Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC siglas en inglés) del Cuerpo de Ingenieros del ejército de E.E.U.U., selección que fue realizada considerando aspectos como:

- Definición del Problema a Estudiar.
- Características Generales del modelo de simulación: tipos de procesos, tipos de métodos de solución, tipo de cuerpo de agua, dimensión, estado, y tipo de transporte, principalmente.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Capacidad Técnica y Económica del equipo desarrollador: Entrenamiento necesario, manuales de usuario disponibles, antecedentes de aplicación en regiones similares y costo, entre otros.

En definitiva el modelo debe estar en la capacidad de:

- Simular los parámetros fisiográficos del agua como dirección unidimensional del flujo permanente o flujo no permanente, niveles de agua alcanzados por la corriente, entre otros.
- Ser flexible, es decir, poder adaptarse a las condiciones de diferentes corrientes, puesto que sería algo no viable económico y técnicamente utilizar un modelo de simulación diferente para cada corriente.
- Tener antecedentes de aplicabilidad, o sea que haya sido implementado con éxito en otras regiones con características similares.
- Ser simple en su ejecución y preciso en sus resultados, un modelo con entrada de datos o procesos más complejos, necesariamente no es más preciso.
- Tener viabilidad económica. No se justifica hacer una gran inversión cuando los resultados finales no ofrecen una sustancial mejora en la precisión de los resultados.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Ser congruente con la información de entrada disponible y tener la capacidad de aprovechar la información actual e histórica de tipo climatológica, hidrológica y de calidad de aguas (Lozano , Zapata , & Peña, 2003).

3.9.2 Características Del Software Hec-Ras

HEC-RAS está diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales para una red completa de canales naturales y construidos. El programa se compone de los siguientes elementos:

- **Interfaz de usuario**

Interacción grafica entre el usuario y el programa (GUI), ver Figura 38. La interfaz proporciona para las siguientes funciones:

- a) Gestión de archivos
- b) Entrada y edición de datos
- c) Los análisis hidráulicos
- d) Tabulación y representaciones gráficas de entrada y salida de datos
- e) Informes Instalaciones
- f) Ayuda sensible al contexto

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Componentes hidráulicos Análisis:**

El modelo HEC-RAS 4.1 es un modelo hidráulico ampliamente utilizado en todo el mundo, entre sus componentes hidráulicos de análisis unidimensional para río se encuentran los siguientes:

- a) Perfil de la superficie del agua flujo constante.
- b) Simulación de flujo inestable.
- c) Cálculos de transporte de sedimentos en frontera móvil.
- d) Análisis de Calidad del agua.

Un elemento clave para el programa es que los componentes utilizan la misma representación geométrica además las rutinas de cálculos geométricos e hidráulicos son comunes.

Para el presente estudio se utilizaron los componentes mencionados anteriormente, con el fin de desarrollar un modelo hidráulico que determine las características físicas de las posibles crecidas del cauce en estudio. Lo anterior en cuanto a zonas afectadas a lo largo del trayecto del cauce, niveles alcanzados por el agua y distancia de la planicie de inundación.

– **Almacenamiento y Gestión de Datos**

El programa realiza un almacenamiento de datos mediante el uso de archivos "planos" (ASCII y binario), que son utilizado para reproducir la información y resultados del programa al usuario.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Gráficos e informes**

Salida de gráficos XY del esquema del sistema fluvial, secciones, perfiles, curvas de gasto, hidrogramas, y muchas otras variables hidráulicas. También se proporciona un gráfico tridimensional de múltiples secciones transversales.

3.9.3 Datos de entrada al modelo previos a la simulación.

Los datos de entrada al Software HEC-RAS 4.1 fueron introducidos en su interfaz de usuario teniendo en cuenta las características del proyecto en estudio “Nombre del Estudio” A continuación se describe paso a paso el método y los datos introducidos al modelo para la simulación de los escenarios de inundación de estos cauces.

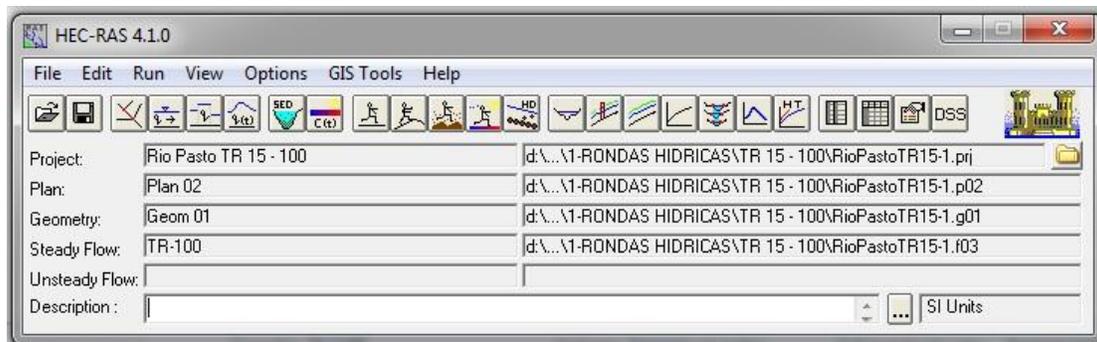
– **Creación de proyectos en la plataforma HEC-RAS.**

El estudio en general comprende la creación de proyectos separados pero con el mismo fin, esto se refiere a que los cauces principales (Rio Pasto y Quebrada Miraflores) se estudiaron por separado. Sin embargo están directamente relacionados al transferir los resultados entre ellos. Por lo tanto se construyeron cuatro proyectos que describieron los procesos hidráulicos de los cauces en eventos de caudales máximos y de caudales mínimos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- a) Rio Pasto-TR_2: Es el proyecto generado para la simulación del cauce del Rio Pasto con tiempo de retorno a 2 años.
- b) Rio Pasto-TR_15-100: Es el proyecto generado para la simulación del cauce del Rio Pasto con tiempo de retorno de 15 años para la zona rural y 100 años para la zona urbana.
- c) Quebrada Miraflores-TR_2: Es el proyecto generado para la simulación del cauce de la Quebrada Miraflores con tiempo de retorno a 2 años.
- d) Quebrada Miraflores-TR_15-100: Es el proyecto generado para la simulación del cauce de la Quebrada Miraflores con tiempo de retorno de 15 años para la zona rural y 100 años para la zona urbana.

Figura 38. Interfaz del software HEC RAS.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Introducción de datos geométricos al programa.**

El programa HEC-RAS requiere de datos Geométricos para crear en su plataforma un esquema del cauce en estudio.

Los datos geométricos fueron introducidos a través de la creación de perfiles transversales cada 50 metros a lo largo del cauce, con el uso de un levantamiento topográfico realizado previamente a esta etapa del proyecto. Después con ayuda de la herramienta “Cross Section Data” del programa HEC-RAS, se cargaron los puntos georreferenciados que conforman los perfiles mencionados anteriormente. Lo que significa que cada punto introducido está representado por una cota y una distancia conocida en el eje coordenado, permitiendo que el software calcule la pendiente del cauce, ver

Figura 39.

También se agregó los valores de Manning estimados en campo correspondiente a la planicie de inundación y al cauce principal del río, además valores de distancia en horizontal que son los puntos que acotan el canal principal.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Estos perfiles generan la malla geográfica del cauce, según la morfometría del mismo. En la Figura 40 se describe la representación gráfica del Rio Pasto dentro de la plataforma del programa HEC-RAS y en la

Figura 41 se representación gráfica de la Quebrada Miraflores.

Figura 39. Características Geométricas de cada perfil en el software HEC RAS.

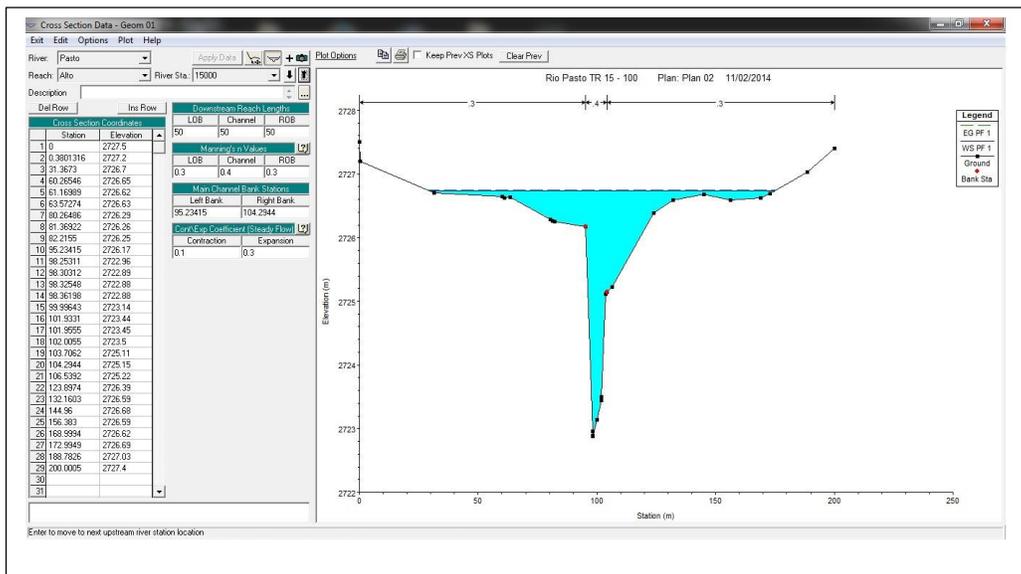
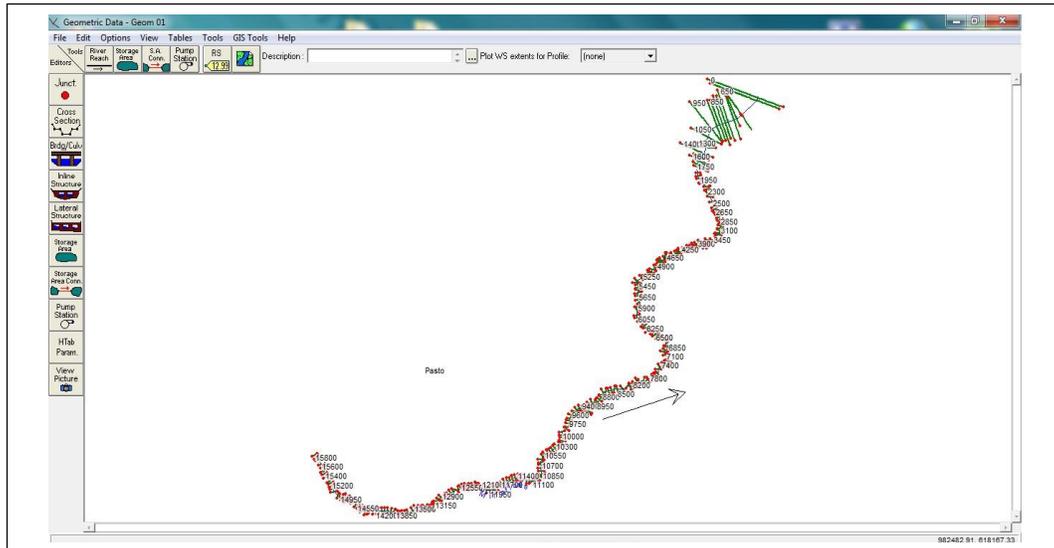


Figura 40. Morfometría del Rio Pasto, representada en la plataforma de HEC-RAS.



Figura 41. Morfometría río Miraflores, representada en la plataforma de HEC-RAS.



3.9.4 Introducción de datos hidráulicos al programa.

Los datos hidráulicos tuvieron un previo tratamiento ya que los cauces principales del presente estudio, contemplan la variación del caudal en el trayecto del cauce. Estos valores se determinaron con base en el estudio hidrológico presentados en ítems anteriores.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La modelación se realizó teniendo en cuenta las características físicas del cauce que no varían de acuerdo al tiempo, por lo tanto se determinó realizar las corridas con flujo en estado estacionario.

El programa permite cargar más de un caudal asignados a un perfil determinado, haciendo que los perfiles aguas abajo contemple la misma cantidad de agua. El estudio contempló la variación o el aumento de caudal dependiendo del tiempo de retorno asignado para cada cuerpo hídrico.

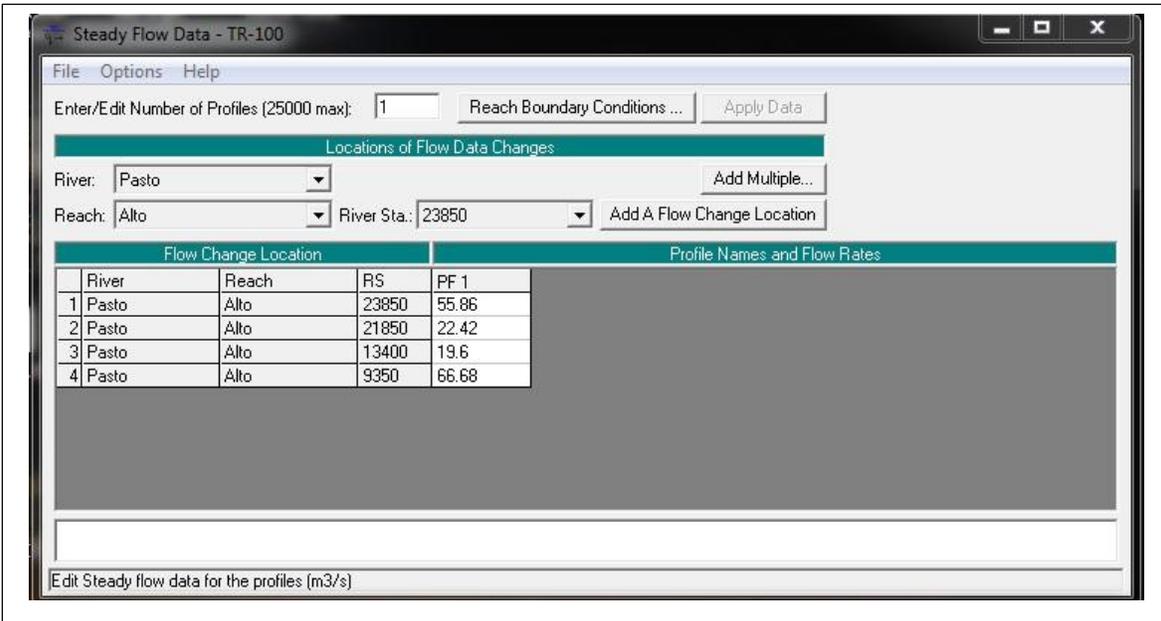
Teniendo en cuenta lo anterior para el Rio Pasto, se realizó dos corridas. La primera con un tiempo de retorno igual a 2 años con tres puntos de variación de caudal de acuerdo a los criterios hidrológicos mencionados anteriormente en el presente estudio. La segunda corrida con un caudal correspondiente a un tiempo de retorno de 15 y 100 años (dependiendo si el cauce se encuentra o no dentro del perímetro urbano) y con cuatro puntos de variación de caudal a lo largo del cauce. Para la Quebrada Miraflores, también se realizó dos corridas con los mismos tiempos de retorno respectivamente.

Los caudales mencionados se introdujeron a través de la herramienta “Steady Flow Data” del software HEC RAS. Además fue importante señalar dentro de esta ventana que las

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

condiciones de contorno fueron definidas mediante “Known W.S.” siendo la condición inicial asumida la correspondiente al nivel generado por un caudal medio en la corriente, ver Figura 42.

Figura 42. Datos hidráulicos del cauce con Tiempo de retorno de 15 y 100 años Río Pasto



Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	PF 1	
1	Pasto	Alto	23850	55.86
2	Pasto	Alto	21850	22.42
3	Pasto	Alto	13400	19.6
4	Pasto	Alto	9350	66.68

3.9.5 Simulación hidráulica de los cauces.

El software HEC RAS permite realizar una simulación en flujo permanente o no permanente. Para esto requiere de los ficheros geométricos e hidráulicos cargados al software



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

previamente a este paso. Además es necesario seleccionar el tipo de régimen del flujo que se espera encontrar, el cual puede ser Subcrítico, Supercrítico o mixto.

El tiempo de retorno de un cauce asociado a un evento es determinante para el estudio de las crecidas que puedan tener los cuerpos de agua. Por lo tanto en el presente estudio se formularon dos escenarios para cada cauce, el correspondiente a 2 años de tiempo de retronó y el de 15-100 años.

Es importante aclarar que el segundo escenario 15-100 años, se ejecutó de la siguiente manera: un tiempo de retorno igual a 15 años para la zona rural, ya que estas áreas no se ven afectadas drásticamente por infraestructuras y 100 años para la zona urbana ya que estas áreas se encuentran afectadas por infraestructuras muy cercanas al cauce.

Previo a la simulación se cargaron los datos hidráulicos del cauce, donde se construyeron 477 y 274 perfiles para el río Pasto y Miraflores respectivamente, estos distribuidos a lo largo del Río en segmentos de 50 m. Además se cargaron los datos hidrológicos para los tiempos de retorno, específicamente 2 y 15-100 años.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Para en análisis de la simulación hidráulica realizada por el modelo, se asumió Condiciones de Flujo Permanentes, es decir, que en la ecuación de la energía utilizada por el software, no serán incluidos términos que dependan del tiempo.

– **Escenario 1, con Tiempo de Retorno igual a 2 años.**

El tiempo de retorno igual a 2 años representa las características hidrológicas, hidráulicas y de tránsito en condiciones frecuentes de los ríos. Los resultados de la simulación del escenario, describen un desbordamiento del río Miraflores en la zona baja de la cuenca, ocasionando inundación en las zonas más proximas, específicamente en la zona cercana al Estadio Libertad. Como se observa en la Figura 43 y Figura 44, la inundación se debe a que el cuerpo de agua una vez desbordado, transita por el antiguo cauce antes de que sus aguas sean canalizadas.

– **Escenario 2, con Tiempo de Retorno 15 a 100 años.**

Este escenario es determinante en el presente estudio, ya que permite identificar la distancia mínima de protección para los cuerpos hídricos en estudio. Además será una herramienta para otorgar o negar el permiso de obras de construcción cercanas a estas áreas.

Por lo tanto fue necesario realizar una simulación con tiempos de retorno amplios, que representen las condiciones de caudales máximos en donde probablemente se presenten



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

eventos importantes en la zona de estudio. La representación de las características hidrológicas de los cauces, fue planteada mediante la división de estos en zona rural y zona urbana. La primera con un tiempo de retorno igual a 15 años localizada en la parte alta y media del cauce y la segunda con un tiempo de retorno igual a 100 años ubicada en la parte baja del mismo.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

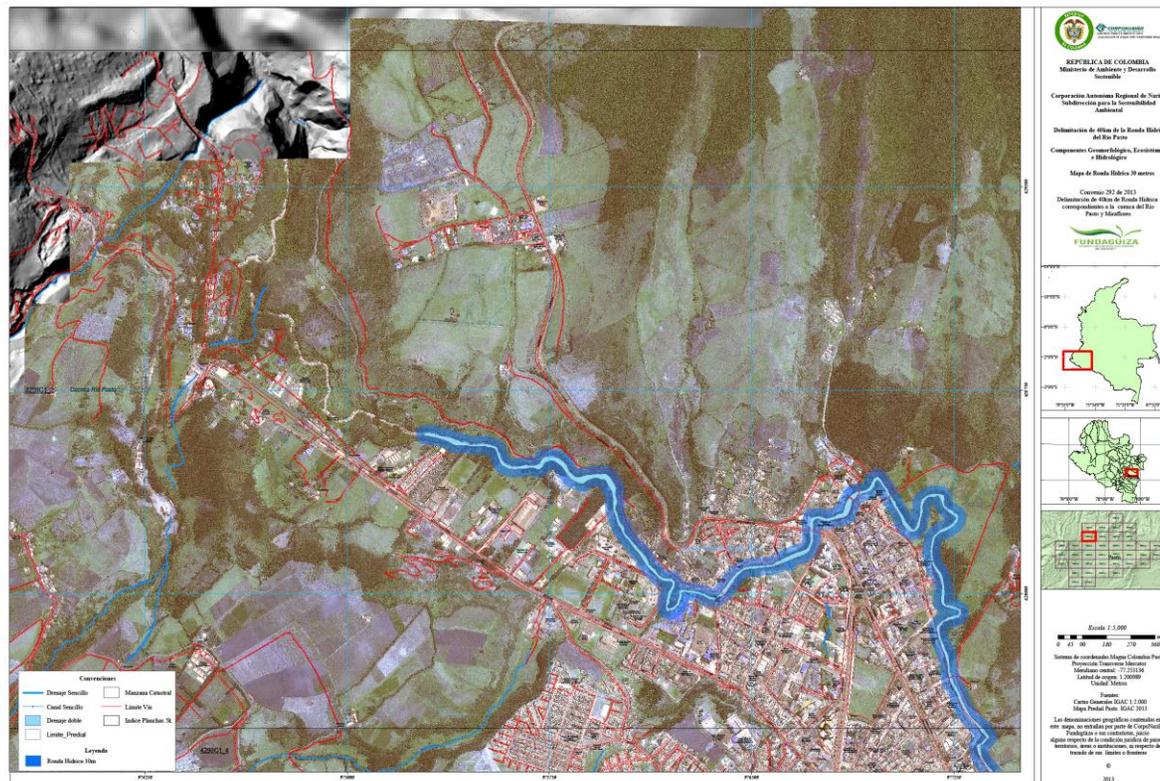
Figura 43. Ronda Hídrica río Miraflores, sector avenida Chile con tiempo de retorno a 2 años.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 44. Ronda Hídrica río Pasto, sector Morasurco con tiempo de retorno a 2 años.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La importancia de realizar la división en zona rural y zona urbana con sus respectivos tiempos de retorno, radica en que un periodo mayor específicamente a 100 años, se utiliza para proteger las riveras del cauce y contar con áreas de amortiguación. Esto difiere de los tiempos de retorno cortos ya que por lo general la población de la zona rural no invade las riveras de estos.

Una vez introducidos los datos hidráulicos e hidrológicos al software HEC RAS, se realizó la respectiva simulación de los cauces en estudio. Con los resultados dados por el Software se pudo determinar que existen áreas inundadas tanto en el río Miraflores en su parte baja como también en el Rio Pasto en tres zonas a lo largo de su trayecto, estos resultados se describen en la Figura 45, Figura 46 y Figura 47.

Estas zonas también han presentado eventos de inundación con afectación a la comunidad e infraestructura. Sin embargo es evidente que la población ha invadido la ronda hídrica del cauce sin haber proyectado las consecuencias de esta actividad.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 45. Ronda Hídrica río Miraflores, sector avenida Chile con tiempo de retorno a 15-100 años.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OUBRE DE 2013

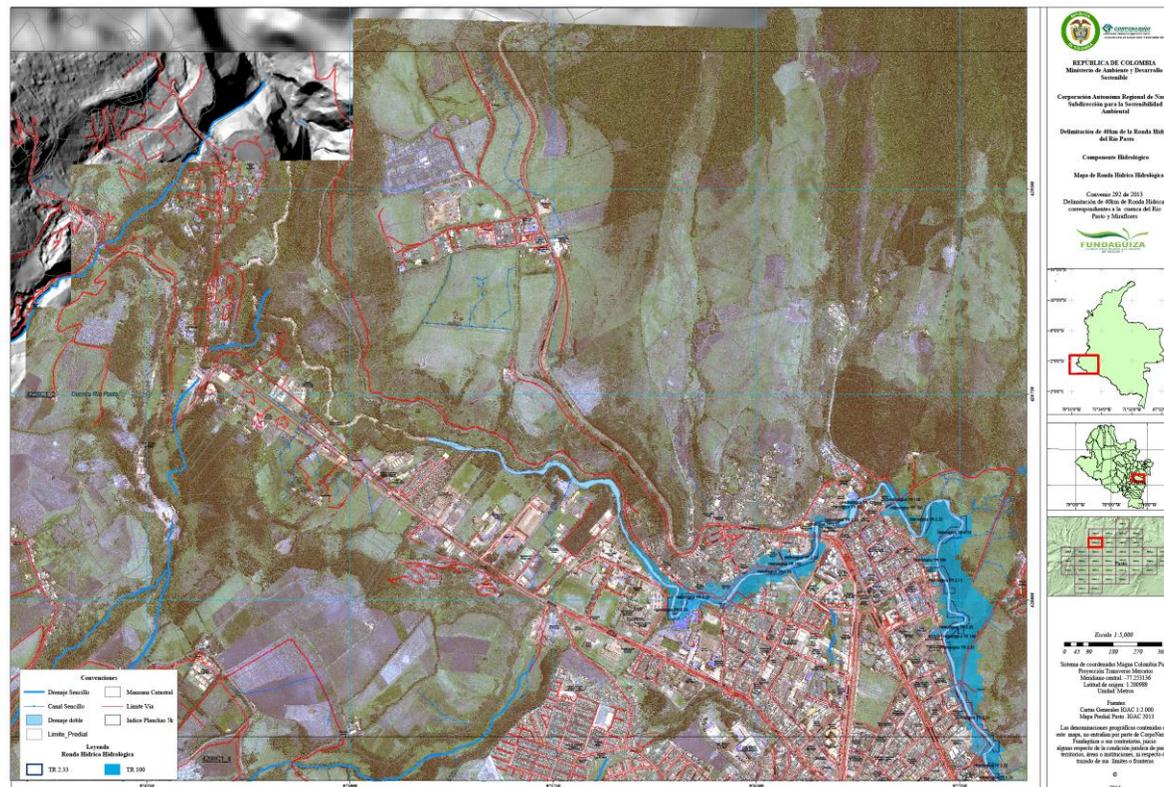
Figura 46. Ronda Hídrica río Pasto, sector Parque Bolivar con tiempo de retorno a 15-100 años.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OUBRE DE 2013

Figura 47. Ronda Hídrica río Pasto, sector Morasurco con tiempo de retorno a 15-100 años.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El escenario 2, simula las características de un evento de gran magnitud presentando afectaciones en cuanto a desbordamientos del río a lo largo de su trayecto, no obstante este fenómeno se ha venido presentando a través del tiempo.

Esto significa que los desbordamientos son eventos normales para los cuerpos de agua pero el problema radica en que no se respetó las riveras, lo que ha ocasionado afectaciones entre los elementos involucrados.

3.10 LECTURA PARTICIPATIVA Y DELIMITACIÓN TERRITORIAL.

La delimitación de las rondas hídricas es un proceso técnico que requiere de información, la cual no siempre está disponible o exige alta capacidad tecnológica para su procesamiento e interpretación. Es Por ello que se deben reconocer como una fuente de información el conocimiento local. Las comunidades tienen un conjunto de saberes, creencias y prácticas con relación al territorio que ellas mismas habitan, lo cual aporta elementos para la lectura del mismo que se necesita para el proceso de delimitación de las rondas hídricas.

Para ello utilizar metodologías participativas fue de suma importancia puesto que están orientadas a facilitar la elaboración de diagnósticos que sirvan como base para la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

zonificación de áreas para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Además, permitieron establecer mecanismos de socialización de conocimientos con las personas de las comunidades, adoptando un enfoque en pro de la gestión del territorio y el uso adecuado de los recursos naturales desde todos los ámbitos respetando el conocimiento local, territorial y ambiental de la población.

3.10.1 Río Pasto

Obedeciendo a la metodología descrita anteriormente el trabajo de campo consistió en determinar en primera instancia los lugares susceptibles de inundación con base en la determinación de niveles máximos y posteriormente con base en los talleres el relevamiento cronológico de los eventos que han tenido alguna significancia para las comunidades asentadas en las riberas de los ríos, siendo complementados con representaciones gráficas de los cambios que han afectado a la comunidad en los años recientes en diferentes aspectos de su vida. Finalmente se preparó una matriz encabezada por los elementos a evaluar, y con tantas columnas como el número de años involucrados. El trabajo en la matriz dió lugar a considerables discusiones, las cuales revelaron mucha información valiosa sobre las variaciones anuales y su percepción por los diferentes miembros de la comunidad.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Niveles máximos de inundación Rio Pasto.

Para la determinación de niveles máximos de inundación se realizaron visitas de campo en once (11) puntos estratégicos sobre el cauce principal del rio Pasto. Teniendo en cuenta los aportes de la comunidad se observaron los niveles máximos alcanzados por el rio Pasto en época de invierno a través del tiempo. Con ayuda de un nivel de precisión, una mira topográfica y teniendo como base una de las orillas del rio, se pudo determinar la altura máxima alcanzada por el mismo según la información suministrada por la comunidad. Los tramos priorizados para el levantamiento de niveles máximos aparecen en la Tabla 56.

Tabla 56. Tramos identificados para levantamiento de información en el rio Pasto.

TRAMO	COORDENADAS	ALTURA MAXIMA
Aguas arriba Corregimiento de La Laguna.	E 986679 N 624636	0.56 m
PTAR La Laguna	E 984771 N 625147	0.50 m
Puente El Recuerdo	E 982564 N 624422	2.30 m
Puente Buesaquillo	E 980928 N 625082	3.95 m
Pucalpa	E 980189 N 625228	3.49 m
Puente La Carolina	E 979460 N 625249	2.71 m
Taller mecánico La Corporación	E 978132 N 625865	3.59 m
Puente Viejo Parque Toledo	E 978049 N 626392	4.00 m
Aguas abajo Hospital Infantil	E 977462 N 627236	4.00 m
Morasurco	E 977205 N 628058	3.55 m
Estación IDEAM - Universidad	E 976035 N 628267	3.10 m

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Líneas de Tiempo y gráficos históricos**

La participación de la comunidad en la recolección de información fue muy importante teniendo en cuenta su amplia experiencia obtenidas a través del tiempo en sus lugares de residencias y en la convivencia con los recursos naturales específicamente con el componente hídrico.

Las técnicas participativas nombradas anteriormente fueron utilizadas con la comunidad mediante el uso de carteleras donde se plasmaron a través del tiempo los diferentes sucesos relacionados a la temática, con el fin de que las personas relataran los eventos ocurridos en diferentes fechas organizadas desde la más antigua a las más actuales, los comentarios relacionados a la magnitud y afectación a la comunidad y/o la infraestructura. Además los aspectos de recuperación, adecuación o corrección en los cauces de agua y alrededores como medidas de prevención para estos eventos naturales.

En cuanto a los Gráficos Históricos se desarrolló una matriz de tiempo vs eventos ocurridos los cuales se representaron mediante dibujos. Los eventos de la matriz están relacionados con los niveles que alcanzó el cauce mediante un rango de líneas que representaban la magnitud de la crecida, la infraestructura afectada y las medidas de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

corrección y prevención que se han empleado a través del tiempo y tienen incidencia en la actualidad.

Teniendo en cuenta los valiosos aportes de la comunidad y de acuerdo a la metodología empleada para realizar la lectura participativa y delimitación del territorio, se identificaron cuatro (4) puntos estratégicos para realizar los talleres de líneas de tiempo y gráficos históricos sobre el cauce principal del río Pasto, los tramos seleccionados se los determinó de acuerdo a la susceptibilidad que tienen por ser áreas afectadas por el desbordamiento del río Pasto, entre los que están: Corregimiento de La Laguna, Condominio Pinar del río, Condominio Pucalpa 3 y Barrió Morasurco. En la Tabla 57 se presenta los principales resultados obtenidos

Tabla 57. Eventos asociados a inundaciones, Río Pasto.

LUGAR	EVENTO	FECHA	INCIDENCIA.
Corregimiento de La Laguna.	Inundación	1973	Viviendas, Cultivos y personas.
	Inundación	2000	Viviendas, Cultivos.
	Inundación	2008	Viviendas, Cultivos y animales.
	Inundación	2010	Cultivos.
Condominio Pinar del río.	Niveles Altos	1999	Fallecimiento de una Persona
	Niveles Altos	2009	Fallecimiento de una Persona
Condominio Pucalpa 3.	Inundación con Niveles Altos	1990	Apartamentos, Vías, infraestructura, muebles, electrodomésticos.
	Inundación	1998	Viviendas, vías. Conjunto Pucalpa I
	Inundación		
Barrió Morasurco.	Niveles Altos	2010	
	Inundación	2010	Viviendas, vehículos, infraestructura, vías, animales, enseres domésticos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

a) Corregimiento de La Laguna.

Del taller realizado con la comunidad se puede extractar que en el año de 1973 ocurrió una desbordamiento del Rio ocasionando una gran inundación en el sector, acumulando escombros que llegaron de aguas arriba. Además es importante mencionar que en este evento el agua arrastro una persona a lo largo de varios metros. En el año 2000 el Rio Pasto que atraviesa el sector se desbordo ocasionando inundación de infraestructura y pérdida de cultivos localizados en alrededores de las viviendas. En el año 2008 ocurrió un evento similar al anterior con afectación de la infraestructura y arrastre de animales y cultivos además del desbordamiento del talud de un lado del Rio. Por último la comunidad informó que en el año 2010 el Rio se desbordo levemente durante un periodo corto de tiempo ocasionando la inundación de algunos cultivos, ver Figura 48.

b) Condominio Pinar del rio.

Del taller realizado con la comunidad se infiere que en el año de 1999 y en el año 2009 se presentan los niveles más altos del rio Pasto. Para la protección contra inundaciones en el año 2000 se construyó un muro de contención. En el año 2003 se realiza un dragado del lecho del rio con el fin de mejorar las condiciones hidráulicas, en el año 2009 por efectos del fuerte invierno colapso el muro central del acceso del condominio y uno de los muros que protege el condominio y en el año de 2012 se fortaleció el compromiso de los habitantes del sector e

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

inician la gestión de consecuciones de árboles para sembrar en la ribera del rio Pasto. En los años de 1999 y 2009 dos personas perdieron la vida en este rio por efectos del gran caudal que transportaba en época de invierno, ver Figura 49.

Figura 48. Registro fotográfico, taller en Corregimiento de La Laguna.



c) Condominio Pucalpa III.

Este condominio es colindante de un tramo del Rio Pasto, el cual limita en su parte posterior. Los habitantes de este sector relataron el evento de inundación más significativo de los talleres desarrollados. Este evento tuvo lugar en el año 1990 cuando se desbordo el Rio subiendo hasta un nivel de agua de aproximadamente cuatro metros, inundando los

Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

edificios existente en esa época hasta el segundo piso. Esto produjo la perdida de víveres, muebles y la afectación de la infraestructura de los edificios. Las medidas de corrección y prevención adoptadas fueron el dragado del rio en este tramo y la creación de taludes en los márgenes del mismo, ver Figura 50.

Figura 49. Registro fotográfico, taller en Condominio Pinar del rio.



En el año 1998 la comunidad informa que ocurrió un evento de inundación aguas abajo del sector en mención, específicamente en Pucalpa I inundando este conjunto y el sector del puente de la carolina. Además indican que en este periodo Corponariño adquirió los predios aledaños al conjunto, realizando una reforestación de la zona en el margen derecho

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

del Rio. De igual manera se ampliaron los predios del SENA quedando como límite del conjunto. Con la llegada del SENA se desarrollo una ampliación del cauce y la construcción de un muro en un margen del Rio.

En el año 2003 se realizaron dragados en el Rio como medida de prevención a inundaciones, ya que en este periodo se evidenciaron aumentos en los niveles de agua en el Rio. Por último en el 2010 se observaron niveles altos del Rio a punto del desbordamiento, esto asociado a la ola invernal que vivió el país.

Figura 50. Registro fotográfico, taller en Condominio Pucalpa III.

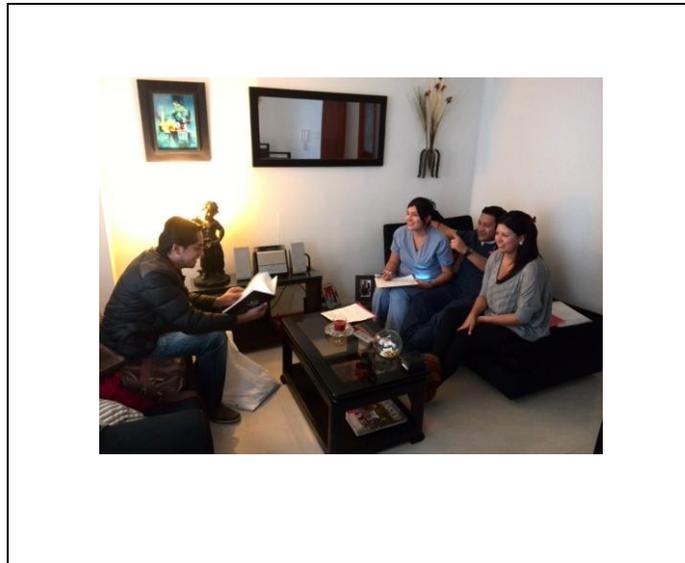


CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

d) Barrió Morasurco.

En este sector se presentó un evento de inundación por el desbordamiento del Río, que ocasionó grandes pérdidas para los habitantes de la zona. Este evento ocurrido en el año 2010 el río alcanzó niveles altos en las viviendas cercanas y con esto pérdida de muebles, electrodomésticos, vehículos entre otros, como también afectación en la infraestructura de las mismas. Debido a este evento se realizaron medidas de prevención construyendo gaviones en los márgenes del Río y dragados en el cauce del mismo, ver Figura 51.

Figura 51. Registro fotográfico, taller en Barrió Morasurco.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

3.10.2 Río Mirflores

– Niveles máximos de inundación río Miraflores.

Para la determinación de niveles máximos de inundación se realizaron visitas de campo en cinco (5) puntos estratégicos sobre el cauce principal del río Miraflores. Teniendo en cuenta los aportes de la comunidad se observaron los niveles máximos alcanzados por la Quebrada en época de invierno a través del tiempo. Con ayuda de un nivel de precisión, una mira topográfica y teniendo como base una de las orillas del río, se pudo determinar la altura máxima alcanzada por el mismo según la información suministrada por la comunidad. Los tramos priorizados para el levantamiento de niveles máximos aparecen en el Tabla 58.

Tabla 58. Tramos identificados para levantamiento de información en el río Miraflores.

TRAMO	COORDENADAS	ALTURA MAXIMA
Box Coulvert Panamericana	E 971555 N 618381	0.50 m
PTAP Las Piedras	E 975714 N 619706	0.70 m
Parque Chapalito	E 977885 N 623056	1.69 m
Barrio Las Lunas	E 977839 N 624228	3.00 m
Avenida Chile	E 978660 N 624915	3.00 m

– Líneas de Tiempo y gráficos históricos

Teniendo en cuenta los valiosos aportes de la comunidad y de acuerdo a la metodología empleada para realizar la lectura participativa y delimitación del territorio, se

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

identificaron dos (2) puntos estratégicos para realizar los talleres de líneas de tiempo y gráficos históricos sobre el cauce principal del río Miraflores, los tramos seleccionados se los determinó de acuerdo a la susceptibilidad que tienen por ser áreas afectadas por el desbordamiento del río, entre los que se encuentran: el corregimiento de Catambuco y el Barrió Las Lunas. En la Tabla 59 se presntan los principales resultados.

Tabla 59. Eventos asociados a inundaciones, Quebrada Miraflores.

LUGAR	EVENTO	FECHA	INCIDENCIA.
Vereda San José de Catambuco	Desbordamiento	1997	Puente vehicular de la zona.
	Desbordamiento	2003	Cultivos
	Desbordamiento	2010	
Barrió Las Lunas	Inundación	2000	Bodegas, mercancía, madera viviendas, infraestructura, enceres domésticos.
	Desbordamiento	2003	
	Desbordamiento	2010	Vías, bodegas.

a) Corregimiento de Catambuco, Vereda San José de Catambuco.

Según los aportes de la comunidad en el año 1997 ocurrió un evento de desbordamiento del río Miraflores la cual sobrepaso los niveles el puente ubicado en la zona.

En el año 2003 se presentó una inundación de la quebrada ocasionando el arrastre de cultivos aledaños las riveras de la misma.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En el año 1999 se presentó un deslizamiento de tierra por efecto del invierno provocando el agrietamiento en la infraestructura de la iglesia y la escuela del sector.

Por último se presentó un desbordamiento de la Quebrada en el año 2010, época invernal transcurrida en el País, ver Figura 52.

Figura 52. Registro fotográfico, taller en Vereda San José de Catambuco.



b) Barrió Las Lunas.

Las personas habitantes del sector describieron un evento de gran magnitud ocurrido en el año 2000 aproximadamente cuando el río Miraflores se desbordo desde el puente del rio en el sector del Estadio Libertad, hasta inmediaciones del hospital departamental, esta

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

inundación produjo grandes pérdidas en cuanto de víveres, granos, madera, mercancía, entre otros y afectaciones a las viviendas de la zona, alcanzando niveles altos en las edificaciones.

En el año 2003 se evidenciaron niveles altos en el cauce de la Quebrada. Por último en el año 2010 se presentó un desbordamiento de la Quebrada afectando las vías y provocando la inundación de algunas bodegas cercanas al cauce, ver Figura 53.

Figura 53. Registro fotográfico, taller en el Barrio Las Lunas.



La participación de la comunidad fue de vital importancia para el desarrollo del presente proyecto puesto que permitió establecer:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Que con una recurrencia relativamente alta tanto en el río Pasto como en el Miraflores ocurren crecidas que provocan afectación principalmente de tipo material.
- Que con frecuencias más bajas los ríos han presentado crecidas que han causado pérdidas de vidas humanas.
- Que los cauces de los ríos han sido ampliamente intervenidos con obras tales como: dragado, construcción de gaviones, ampliación de cauces, entre otros, los cuales tuvieron el propósito de mejorar su capacidad hidráulica, pero sin considerar efectos aguas abajo.
- Que se han presentado, en conjunto con las crecidas, deslizamientos imprevistos en zonas aledañas, provocando deterioro de la infraestructura aledaña a los cauces y un peligro no contemplado por el fenómeno.

4. DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA DE LOS RÍOS PASTO Y MIRAFLORES.

4.1 ASPECTOS GENERALES

Hace algunos años, los bosques andinos y montanos neotropicales tuvieron una menor importancia que los bosques tropicales de baja altitud; aun así, se han hecho esfuerzos en torno al conocimiento de estos ecosistemas (Velásquez, 1997). Este tipo de bosques se encuentran entre los menos conocidos y más amenazados de todas las formaciones vegetales tropicales; en Colombia, por ejemplo, algunas estimaciones sugieren que queda intacto menos del 10% (Rangel & Velásquez, 1998).

Particularmente, la región Andina ha sido el foco de concentración de la población, según el (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2010), el 41% de la población se encuentra asentada en esta región, que representa el 27% de la extensión territorial del país. Por lo anterior, el bosque andino ha sido alterado, existiendo actualmente pocos remanentes conservados, un ejemplo de esto son los Ríos Pasto y Miraflores, en donde la vegetación de ribera es probablemente la más intensamente transformada por la actividad humana y la menos conocida, en muchas zonas los bosques ripários han sido eliminados,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

fragmentados o profundamente modificados y reducidos una estrecha franja junto al cauce. Entre las principales amenazas para la conservación de estos bosques, se encuentran su sustitución por cultivos agrícolas y forestales, el encauzamiento de los tramos sobre los que se asientan, la construcción de infraestructuras hidráulicas y la contaminación por especies invasoras (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX., 2013).

Por otro lado, la adecuada comprensión de las formaciones vegetales de ribera requiere el empleo de un criterio unificado que permita caracterizar con homogeneidad las diferentes comunidades ripariás, de forma que se permita la identificación de tramos de ríos con elevado valor ecológico, y que posibilite la selección adecuada de especies vegetales para la recuperación de ríos y riberas degradadas.

Las propiedades más significativas que convierten a los bosques de ribera en formaciones bien diferenciadas y de gran valor son su alta diversidad biológica, su alta productividad y el elevado dinamismo de los hábitats que acogen. Todo ello como consecuencia de sus particulares condiciones hídricas, que favorecen el refugio de especies propias de zonas climáticas frescas y húmedas en áreas más cálidas y secas. Entre las funciones que cumple la vegetación asociada a los ríos están la regulación de microclima, asegurar la estabilidad de las orillas, regular el crecimiento de macrofitas, se convierte en un hábitat ideal para una

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

gran diversidad de especies animales y vegetales, suponen una fuente de alimento para las especies que albergan, actúan como filtro frente a la entrada de sedimentos y sustancias químicas en el cauce, cumplen un papel de acumuladores de agua y sedimentos, funcionan como zonas de recarga de aguas subterráneas y representan un gran valor paisajístico, recreativo y cultural (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX., 2013).

Dada su importancia ecológica, y las ventajas prácticas, asociadas a una buena conservación de los bosques aluviales, parece necesaria y urgente la adopción de medidas encaminadas a la protección y regeneración de estos medios. Para ello, es imprescindible contar con un conocimiento real, del estado de la vegetación.

Particularmente, la diversidad geográfica, climática y de sustratos de las zonas de estudio abordadas, es la causante de su elevada riqueza en comunidades vegetales climatófilas, lo que es igualmente aplicable a la vegetación edafohigrófila. Además, múltiples factores ambientales pueden estar afectando tanto a la variedad de tipos de vegetación que se puede instalar en un área, como a la estructura de cada formación, o a su composición florística. Entre los condicionantes más importantes de estos cambios se encuentran el régimen de caudales, el patrón termométrico del área, la topografía del terreno, las dimensiones del

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

cauce, la naturaleza física del sustrato, la trófia o riqueza en sales del suelo y el agua y el estado de conservación.

El presente estudio, caracteriza el componente boscoso de las diferentes zonas de vida identificadas en el río Pasto y Miraflores a partir de un análisis florístico y fisionómico de la vegetación ribereña o cercana; para luego relacionarlo con algunas variables dasométricas, contribuyendo así al conocimiento de los bosques montanos tropicales y sub andinos, puesto que los estudios de la vegetación son uno de los principales soportes para la planificación, manejo y conservación de los ecosistemas tropicales. En este sentido, la información proveniente de este estudio, aborda tres componentes importantes: 1) riqueza específica; 2) recambio de especies, 3) datos de la estructura que permitan determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas. Esta información fue la base para la determinación del valor de H que permitió establecer la ronda hídrica para el componente ecosistémico.

A continuación se presenta algunas de las características generales de las zonas de vida presentes en el río Pasto y Miraflores en donde se desarrolló una comparación de dichas zonas con otras áreas del país.

4.1.1 Río Pasto

4.1.1.1 Zona de vida. Páramo Sub Andino. (P-SbA).

La región andina en Colombia ha sido el soporte del desarrollo económico y cultural del país, lo que ha generado en ella un gran incremento demográfico, acompañado de una evidente falta de planificación y destrucción de sus ecosistemas naturales. Se aprecia una acelerada expansión de la frontera agrícola y ganadera con los consecuentes procesos de agotamiento del recurso hídrico, empobrecimiento de los suelos, aumento de la erosión y desaparición de muchos elementos de la biota, (Cavalier & Santos , 1999). Se estima que en Colombia perduran menos del 10% de los bosques andinos originales y menos del 5% de los bosques de páramo subandino, encontrándose principalmente restringidos a fragmentos de diferentes tamaños y grados de aislamiento (Henderson , Churchill, & Luteyn , 1991), (Cavalier & Santos , 1999). Se debe resaltar que según (Gentry A. , 1988), aunque mucho menos diversos, los bosques montanos altos de entre 2500 y 3200m no son muy diferentes en composición florística de los bosques de elevación media como los Páramos Sub andinos (Gentry A. , 2001).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La Zona de vida de Páramo Subandino (p-SA), o páramo propiamente dicho, tiene precipitaciones entre 500 y 1.000 mm promedio multianual y representa el 0,007 % del territorio nacional (Holdridge , 1996.) Se denomina Páramo sub andino (dentro del piso andino superior) a la faja altitudinal entre 3200 y 3500 m. (Villareal H. , y otros, 2006). Para (Velásquez, 1997), dentro de los páramos se encuentran diferentes comunidades que van desde transiciones (bosque andino páramo) hasta climácicas (frailejonal y bosques). Consideran además que son comunidades alteradas de origen antropogénico. Por otro lado, Cuatrecasas 1958 Considera al piso páramo desde los 3200 a 4700, subdividiéndolo en subpáramo, páramo propiamente dicho y superpáramo.

En el páramo colombiano, la mayor expresión de biodiversidad y de especies con área de distribución restringida se presenta en la franja de ecotonía alto andino-subpáramo; la franja con menor expresión de biodiversidad y riqueza es el superpáramo. Las franjas inferiores del páramo colombiano son más húmedas que las superiores. En alto andino-subpáramo y en el superpáramo los regímenes de distribución de las lluvias son bimodales-tetraestacionales, mientras que en las franjas medias o interiores son unimodales-biestacionales (Rangel A. , 2005).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Según (Rangel A. , 2005) la riqueza de la flora tiende a incrementarse con el aumento de la precipitación, resalta a Chingaza y Chisacá, las cuales presentan resultados florísticos muy parecidos, aunque en Chisacá las exploraciones han sido más detalladas. En Vetas - Berlín y en los páramos de Nariño, definitivamente la riqueza florística es más baja, lo cual se asocia directamente con los valores bajos de precipitación.

En la región paramuna de Colombia, la franja con mayor expresión de la riqueza es la transición altoandino-subpáramo con 2385 especies de 487 géneros y 115 familias. En general, hay una disminución en la riqueza en diversidad en la medida en que se progresa en altitud. Los datos del 2001 indican que en la región paramuna y en la franja alto andina de Colombia están presentes 118 familias, 566 géneros y 3179 especies de espermatófitos. Las familias más ricas en géneros y especies son: Asteraceae (100/711), Orchidaceae (57/ 580), Poaceae (40/148), Melastomataceae (12/112), Bromeliaceae (7/98) y Ericaceae (18/ 88). Los géneros con mayor número de especies son: Epidendrum (103), Espeletia (82), Pleurothallis (79), Diplostephium (74), Miconia (67), Hypericum (55), Monticalia y Baccharis (54), (Velásquez, 1997).

La distribución de la riqueza en las familias más diversificadas, permite rescatar particularidades como: Asteraceae es la familia con mayor número de especies desde el

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

altoandino hasta el superpáramo e igualmente su número de especies restringidas en cada franja es mayor, a excepción del altoandino donde el número de especies restringidas de Orchidaceae es mayor. En Bromeliaceae y en Melastomataceae no se registraron especies en el superpáramo. Familias cuya expresión de riqueza es mayor en las franjas bajas del páramo son Ericaceae y Scrophulariaceae (Rangel A. , 2005).

En estos términos, el rango altitudinal máximo para el área de estudio es 3429 m.s.n.m, altura que está en el límite inferior, presentado por (Cuatrecasas, 1958) pero a la vez, los géneros que cita como característicos de dicha zona, (subpáramo) se hallan también en algunos de los registros obtenidos para este estudio, y para el territorio de Samacá en la Reserva Forestal Paz del Río en Gachaneca, los cuales son: Chite *Hypericum sp*, Chilca, casique *Baccharis sp.* , Romero *Diplostephium sp*, *Ilex sp.* , Tuno *Myconia sp*, Angelito *Monochaetum sp*, Uva camarona *Macleania sp.* , *Cavendishia sp*, *Vaccinium sp*, Pegamoscos *Bejaria sp.* , *Gaultheria*, Guaquito *Monnina sp*. Cucharero *Myrsine sp.* , Encenillo *Weinmannia sp*, Mortiño *Hesperomeles sp* y granizo *Hedyosmun sp* (Alcaldía de Samacá, 1999).

No obstante, junto con los géneros anteriormente citados, *Espeletia sp.* es el que determina el piso de páramo (Cuatrecasas, 1958), y su presencia en una comunidad, (llámese

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

subpáramo, páramo, páramo andino) es indicativa regular de condiciones ambientales circunscritas al término páramo.

Para la cuenca alta del Río Pasto, se destacan en importancia especies como *Hedyosmun translucidum*, *Palicourea amethystina*, *Schefflera marginata*, *Miconia orcheotoma* y *Clusia multiflora*, y se resalta también el género *Weinmannia*, el cual está representado por tres especies. Así mismo, para el municipio de Samacá en la parte anterior a la zona de páramo propiamente dicha y según variaciones locales, existen relictos de páramo sub andinos; para Samacá esta principalmente representado por especies de Encenillo *Weinmannia tomentosa*, Raque *Vallea stipularis*, Gaque *Clusia grandiflora*, Tunos *Miconias spp*, el cual es heterogéneo sustentando una gran diversidad biológica especialmente de epifitismo y helechos, las bajas temperaturas, el relieve y sus formas, pendientes, longitud, exposición, vientos, crea condiciones de microclima especiales que demuestran tendencias a la homogeneidad de especies, manifiestas con los asociados de otras especies con Encenillo *Weinmannia sp.* Cedrillo *Brunellia sp.*, sietecueros *Tibouchina sp*, arrayán *Myrsianthes sp*, gaques *Clusia sp.* , y helechos *Polypodium sp.* *Asplenium sp.* (Para este estudio se destacan helechos arborescentes como *Blechnum sp* y *Dicksonia seloviana*). Lo anterior, muestra una

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

gran compatibilidad y correspondencia entre géneros presentes en esta zona de vida para los dos municipios.

Así mismo, se debe resaltar que según (Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, 1999), la vegetación arbórea de la Cuenca alta del Río Pasto se caracteriza por el siguientes tipos de bosques: Bosque natural primario sin intervenir: comunidades muy desarrolladas con árboles de diámetro considerablemente grueso, la tasa de crecimiento es casi cero; la diversidad florística de la vegetación epifítica es muy alta. Dominan especies como *Clusia multiflora*, *Oreopanax discolor* y *Weinmannia pubescens*; datos que son reafirmados para las dos primeras especies con la elaboración de este estudio.

Bosque primario intervenido: tipo de bosque al cual se le han extraído las especies más valiosas comercialmente como el mate *Clusia multiflora*, dominan especies como encino *Weinmannia pubescens*, cucharo *Geisanthus andinus*, *Hedyosmun goudoutianum*, *Oreopanax discolor*, *Miconia sp* y *Myrcia sp*.

Según (Cuatrecasas, 1958), los bosques de páramo sub andinos, son pluriestratificados y diversos, con un estrato superior máximo de 8 -10 metros, compuesto por géneros como: *Weinmannia sp*, *Clusia sp*, *Oreopanax sp*, *Hesperomeles sp*, *Miconias sp*.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

; un segundo estrato por arbustos e hierbas altas; un tercer estrato incluye hierbas bajas y por último estrato rastrero de musgos, hongos y líquenes, proliferan las epífitas tanto en diversidad como en abundancia, otras plantas pequeñas como los musgos, forman colchones biológicos constituyendo reservas hídricas. De igual manera, en esta zona de vida para el presente estudio, predominan alturas de hasta 3 a 10, y se encontraron individuos que llegan hasta los 40 m, lo que indica estados sucesionales avanzados y que infieren un alto grado de conservación.

Así mismo, este estudio es concordante con los resultados obtenidos para el estudio de realizado en la Reserva Forestal de Cárpatos en Guasca Cundinamarca, los cuales confirman con lo citado por (Gentry A. , 2001), (Velásquez, 1997), al establecer que es la familia de plantas leñosas más ricas en especies en casi todos los bosques de Páramo sub andinos en su orden son: Melastomataceae y en menor representación Lauraceae, Myrsinaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Clusiaceae, Cunoniaceae entre otras.

Teniendo en cuenta lo analizado anteriormente y determinando que esta zona de vida muestra especies de gran valor e importancia ecológica por ser un bosque primario intervenido (Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, 1999), es

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OUBRE DE 2013

necesario conocer algunas de las causas de deterioro de la zona de vida de Páramo Sub andino, para poder plantear estrategias a futuro que permitan la conservación de los bosques inmersos en esta zona.

Según (Rangel A. , 2005), El uso antrópico del páramo ha llegado a límites alarmantes, entre las principales actividades que se derivan de sus recursos bióticos y físicos figuran: leña como combustible y como cercas vivas, utilización de los pastos en techos de casas de campo, utilización de plantas nativas y forrajeras en la ganadería, desecación de turberas para extender la agricultura. Se acelera entre el proceso de colmatación por drenajes artificiales y el paisaje se transforma profundamente como se observa en el páramo de Cruz Verde, en el valle del Paletará y en los pantanos del páramo de Guatavita, explotación comercial de turbas, utilización de los depósitos lacustres, lagos lagunas en programas de generación eléctrica, la explotación en exceso del recurso hídrico para consumo humano que puede Desbalancear el equilibrio al interior de la cuenca y en las localidades que más tarde utilizan los afluentes (Río Guatiquía y otros de la cuenca del Río Orinoco), implementación de programas de reforestación inapropiados, turismo mal dirigido, explotación del hielo (Nevado del Cumbal) y urbanización acelerada de los cerros y apertura de carreteras entre otros.

4.1.1.2. Zona de vida. Bosque Húmedo Montano (Bh-M).

La Zona de vida de Bosque Húmedo Montano (bh-M) o Subpáramo Húmedo, ocupa el 0,37% del territorio nacional. Esta Zona de vida del Piso Montano según la Clasificación de Holdridge, está ubicada entre los 2.800 y 3.200 msnm, con variaciones de acuerdo a las condiciones topográficas locales, y se caracteriza por tener precipitaciones entre 500 y 1.000 mm (Holdridge , 1996.)

La situación geográfica del municipio de Pasto, hace que la topografía del Bh- M sea variable y con paisajes de valles pequeños, suaves ondulados y ásperas vertientes del flanco cordillerano al río Pasto, aparece por donde descienden pequeñas quebradas y donde hoy se explota con agricultura de papa, diferentes hortalizas y ganadería.

El municipio de Pasto puede compararse, con el municipio de Samacá, el cual posee en uno de sus sectores el mismo régimen climático del (bh-M), donde no es grande la cantidad de agua sobrante que pasa a infiltración y al escurrimiento, y de este modo la fertilidad de los suelos se ha logrado mantener por años a pesar del intenso cultivo de papa, maíz, trigo, habas, y escasas hortalizas. En los últimos 30 años se ha implementado el sistema de ganadería y con pastos como: kikuyo, raigras, oloroso y pasto azul. La actividad agrícola



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

se realiza con éxito. Pero la irrigación artificial puede necesitar un período de verano, para agricultura y servicios agropecuarios si no se cuidan los nacederos y márgenes de quebradas y humedales de la zona. Posee áreas con bosques esporádicos de eucalipto y bosques nativos heterogéneos andinos bien conservados, esta zona es útil para los bosques nativos y montanos secundarios, para adelantar prácticas de restauración y rehabilitación para áreas de ganadería y sistemas pecuarios (Alcaldía de Samacá, 1999).

Según el Plan de manejo de Cuencas realizado en Samacá (Alcaldía de Samacá, 1999), en esta zona de vida, fisionómicamente predominan los estratos, arbóreos y arbustivo, el epifitismo es una condición media presente (musgos, quichés, líquenes, orquídeas, lianas y bejucos), al igual que en la Cuenca media del Río Pasto. Se registran especies arbóreas de los siguientes géneros como: *Oreopanax spp.*, *Escallonia spp.*, *Nectandra sp.*, *Ocotea sp.*, *Cedrela sp.*, *Inga sp.*, *Hedyosmum sp.*, *Myrsianthes spp.*, *Drymis sp.*, *Viburnum sp.* y *Weinmannia tomentosa*, *Croton sp.* El bosque nativo hoy en su mayoría esta transformado y predominan los pastos y pequeños rastrojos como matorrales dispersos entre los pastizales. Para el municipio de Samacá, especialmente vereda Chorrera, el abejón y Gacal parte media y cuenca de quebradas donde se encuentra una gran diversidad de especies de árboles indicadores del bosque original como: *Miconia salicifolia*, encenillos *Weinmannia*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

tomentosa, raques *Vallea stipularis*, espino tabe *Xilosma spiculiferum*, salvio *Salvia sp.* Romero *Baccharis sp.* , juco *Viburnum triphyllum*, Arrayán *Myrsianthes spp* mortiño *Hesperomeles heterophylla pegamosco* *Bejaria sp.* . *Lycopodium sp.*. Helechos *Polypodium sp.* Orquídeas *Epidendrum sp.* *Elleanthus sp.* *Stelis sp.* y quichés *Tillandsia spp.* Así mismo se determinó que especies arbóreas del género *Weinmannia sp.* son de escasa frecuencia para las regiones muestreadas y nula para la mayoría del territorio lo que se registra en el estudio realizado en recorridos veredales para el plan de ordenamiento de Samacá en 1999. (Alcaldía de Samacá, 1999).

Confrontando la información obtenida en el estudio de Samacá, con la obtenida en el presente estudio, se puede observar que hay similitud con varios géneros y/o especies que se hallaron en los diferentes transectos, y algunas de ellas se consideran indicadoras del bosque original, como el caso de *Miconia theazans*, *Hedyosmun transludidum*, *Viburnum triphyllum* y *Weinmannia rolottii*; esta última de gran importancia, ya que para la región de Samacá mostró una baja frecuencia y que para esta zona de vida fue una de las especies más frecuentes, abundantes y está dentro de la rangos más altos en el índice de valor de importancia, con lo que se puede concluir que esta zona exhibe una buena conservación, y alta representatividad de especies nativas, en comparación al municipio de Samacá.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Se debe resaltar que el presente estudio concuerda con (Cuatrecasas, 1958), (Cleff, Rangel , Van der Hammen, & Jaramillo , 1984), (Cortés, 2003.) donde fitosociológicamente esta zona de vida está representada por el complejo Weinmannietum, (syntaxón) entre los 2750 y 3150 m, que correspondería a la vegetación original climática más frecuente en los declives de las montañas del borde oriental de la Sabana de Bogotá.

De igual manera, de acuerdo a (Cuatrecasas, 1958), (Cleff, Rangel , Van der Hammen, & Jaramillo , 1984), (Cortés, 2003.) este tipo de fisionomía vegetal es el más común de las montañas de la sabana de Bogotá, dada la alta intervención humana sobre el bosque nativo original, a pesar de ello por lo general no son mencionados o estudiados a fondo en su estructura, tal vez por su complejidad estructural que en algunos casos los hace impenetrables y por ello son tomados casi despectivamente como rastrojos. No obstante, este tipo de cobertura vegetal es un valioso elemento para la restauración ecológica, los resultados de su análisis estructural y florístico permiten resaltar su importancia en estos ámbitos dada su alta riqueza florística (que para esta zona de vida es de 54 especies) que proporciona una oferta continua de propágulos vegetales de todos los estratos, en muchos casos dispersados por aves y otros grupos faunísticos que allí encuentran una buena oferta de recursos alimenticios y refugio.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Por tanto, los bosques encontrados en esta zona de vida también sirven de conexión entre los parches de bosque de Páramo Sub andino y la zona de Bosque seco montano bajo presentes en la Cuenca de Río Pasto. En las zonas más altas (3200 m), se presentan diferentes grados y tiempo de recuperación que dependen de la prevalencia de entresaca de madera, el pisoteo por presencia de ganado, incendios y derrumbes, junto con la influencia de factores como el clima, la calidad de los suelos y la topografía.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, puede categorizarse a esta zona de vida como Bosque secundario, con fragmentos de rastrojo; de acuerdo a (Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, 1999), el cual afirma que está constituido por árboles pequeños de maderas suaves y blandas, existe abundancia de bejucos leñosos y epífitas. Las especies más representativas son amarillo *Miconia sp*, *Hedyosmun goudoutianum*, *Oreopanax discolor*, *Weinmannia pubescens*, *Brunellia tomentosa* y *Bacharis floribunda*; y rastrojo, donde las especies representativas del poseen un alto grado de tolerancia al ambiente y a las características ecológicas, muy distintas a las observadas en especies de bosques maduros, tal es el caso de especies como chilca *Bacharis floribunda*, pucasacho *Tibouchina mollis*, charmolan *Palicourea angustifolia*, chaquilulo *Cavendishia bracteata*, carrizo *Chusquea sp.*; especies que también se reportaron en este estudio.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

De igual forma, se deduce que esta zona de vida, se encuentra en etapas de recuperación intermedia del bosque montano secundario, en ellos la presencia de elementos emergentes (> 7 m) puede indicar un proceso avanzado de la sucesión hacia fisionomías de bosque con mejoramiento de las condiciones del suelo, o árboles remanentes que persistieron después de un disturbio (fuego, tala, derrumbe) y que gracias a sus estrategias de hábito de crecimiento (entre ellas la presencia de múltiples troncos como el caso de *Viburnum triphyllum*, persistieron y continúan en pie. Si estos parches de matorral alto no son afectados por disturbios naturales, y hay un activo proceso de formación de suelo, se esperaría que cada vez más especies arbóreas típicas logran mayor vigor en sus parámetros estructurales y se presentaran como emergentes, con tendencia al cierre del dosel y por tanto disminución de los estratos rasante y herbáceo.

Finalmente de acuerdo al estudio realizado en la Granja Botana por (Argotty & Collazos, 2001) se proponen 10 especies forestales nativas multipropósito de acuerdo a sus altos valores de importancia, por ser especies en peligro a desaparecer de la zona por la fuerte presión antrópica, preferencia y usos de la comunidad. Se debe resaltar, que estas mismas, también se encontraron en la unidad muestral analizada, las cuales son: *Weinmannia multijuga* Killip & Smith. (Encino), *Schefflera marginata* Cuatr. (Pumamaque), *Miconia* cf. *orcheotoma*. (Amarillo), *Myrica pubescens* Willd. (laurel de cera), *Myrica pubescens* Willd.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

(laurel de cera), *Ilex uniflora* Benth. (Tinto), *Myrsine coriacea* (Sw) Roem & Schult. (Capulicillo), *Gaiadendron punctatum* (R & P)G. Don. (Rosa, *Freziera canescens* H.B.K. (Motilón silvestre), *Hedyosmun translucidum*. Todas las anteriores, pueden tenerse en cuenta, en futuros planes de restauración para la zona de vida por tener patrones y rangos altitudinales similares.

4.1.1.3. Zona de vida. Bosque seco montano bajo (Bs-MB).

Los bosques montanos tropicales en la zona andina han sufrido una presión de deforestación mayor que los bosques húmedos de tierras bajas a causa de los patrones de colonización. En Colombia, el proceso de deforestación ha reducido las áreas de bosque montano entre un 73 % y un 90 % (Henderson , Churchill, & Luteyn , 1991). Como parte de este proceso, la mayoría de los bosques maduros montanos en Colombia, en particular los bosques alto andinos (ca. 2500- ca. 3200 m.s.n.m), fueron utilizados a partir de la década de los años 50 para la producción de carbón vegetal y posteriormente para la adecuación de pastizales para la ganadería de altura (Zarco Espinosa, 2010).

Este proceso ocurrió en forma paralela en los bosques del piedemonte andino (300- 800 m.s.n.m) y en los bosques montanos bajos (ca. 1200- ca. 2500 m.s.n.m) donde el principal uso de la tierra después de la deforestación fue agrícola (v.g. café) y no ganadero.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En algunas áreas de pastizales, a finales de la década de los años 60, fueron establecidas plantaciones de especies exóticas (*Pinus radiata*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus*) y nativas (*Alnus acuminata*, *Acacia* sp.), que tenían como fin la protección de las fuentes de agua. En otras áreas estos pastizales simplemente fueron abandonados, y en ellos se desarrolló un bosque secundario gracias a la lluvia de semillas desde los fragmentos de bosques que quedaron a lo largo de quebradas y en lugares de difícil acceso.

Estos bosques secundarios, a pesar de tener un número menor de especies que los bosques maduros, obtienen altos valores de biomasa y producción de hojarasca en poco tiempo proporcionando variedad de servicios ambientales.

El reemplazo de bosques nativos por plantaciones, bien sean de carácter productivo o con fines de conservación-protección, ha generado tres principales debates: el efecto sobre la biodiversidad, los suelos y los recursos hídricos. El efecto sobre la riqueza y diversidad de especies, así como sobre los suelos, es generalmente negativo (Alvear, Betancur, & Franco-Roselle, 2010). Sin embargo, estas plantaciones pueden tener efectos neutros (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX., 2013) o positivos en el suelo, cuando se usan en programas de rehabilitación de áreas severamente degradadas (Cleff, Rangel, Van der Hammen, & Jaramillo, 1984) Cuando se comparan plantaciones y

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

pastizales con relación al rendimiento hídrico de las cuencas, el efecto puede ser positivo, negativo o neutro dependiendo de las condiciones ambientales locales (Cavalier & Santos , 1999).

En la parte baja del Río Pasto, la intervención humana es evidente, esto debido a procesos de urbanización, tala y ganadería principalmente. En esta zona, predominan especies introducidas, utilizadas en el desarrollo de planes de reforestación, como es el caso de eucaliptos, acacias y pinos. Así mismo, se hallan las especies invasoras, oportunistas, y arvenses que se han adaptado a esta zona aceptablemente, lo que las torna con el tiempo en condición de nativas.

Según estudios realizados para la elaboración del EOT de Samacá en 1999, las zonas del bs-MB están ocupadas en su mayor parte por concentración urbana y rural, el equilibrio entre evapotranspiración y el agua de lluvia favorece la conservación de la fertilidad de los terrenos al no permitir el fuerte lavado de ellos. El clima es suave y agradable, donde aún se mantiene suelo y agua se puede desarrollar agricultura intensiva en zonas planas, onduladas y la ganadería con potreros de pasto kikuyo y raigras donde las condiciones de riego o disponibilidad del agua lo permiten. La erosión se pone de manifiesto en muchos sitios, en esta zona se encuentran numerosas cárcavas y la pérdida laminar de suelos es frecuente, a

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

causa de múltiples factores, pérdida de cobertura vegetal, vientos, manejo de aguas superficiales, manejo inadecuado de la agricultura, entre otros.

Los resultados obtenidos para esta zona, los cuales principalmente radican en que el valor de importancia lo obtienen especies de índole exótico o introducido, como el caso de *Eucaliptus globulus*, *Alnus acuminata* y la presencia de especies invasoras o heliófitas, son contratantes con el estudio realizado para la región de Samacá en 1999, la cual presenta una carta ecológica similar dentro del sistema de clasificación basado en zonas de vida propuesta por Holdrige (1996), donde se encuentran tres (3) zonas de vida, correspondientes a: Clima frío (2000-3000) Bosque seco Montano bajo (bs-MB), Bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque húmedo montano (bh-M), páramo andino (pp- A).

Para la zona Bs-MB del municipio de Samacá, se reportan especies similares a las de la cuenca baja del Río Pasto, como se relacionan a continuación: *Agave americana*. *Fourcurea sp* *Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus*, *Cordia sp.* *Opuntia sp.* *Polymia pyramidalis* *Baccharis macranta* *Baccharis latifolia* *Cyperus sp.* *Croton sp* *Juncus bogotensis* *Miconia sp.* *Myrsine guianensis* *Ficus soatensis*. *Rumex conglomeratus* *Hesperomeles sp.* *Rubus sp.* *Prunus serotina* *Dodonea viscosa* *Solanum lycioides* *Solanum marginatum* *Datura sp* *Duranta mutisii*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En esta esta región, al igual que en la del presente estudio es frecuente el uso de árboles para la reforestación en los eriales, bordes de quebradas, ríos y colinas árboles que se utilizan para cercas y maderas como el caso de: sauce llorón *Salix humboldtii*, ciprés *Cupressus sp.* Pino *Pinus sp.* Eucalipto *Eucaliptus glóbulus*, urapanes, Tecoma *sp.* Acacias, *Acacia melanoxylon* y *Acacia decurrens*. Según la (Alcaldía de Samacá, 1999) la intervención humana ha modificado profundamente los bosques nativos de esta zona la vegetación original, y posiblemente muchas especies nativas ya desaparecieron.

Teniendo en cuenta los estudios citados anteriormente, y debido a la fisionomía compartida con el presente, se puede determinar que esta zona de vida tiene un alto grado de intervención, lo que indica que muchas especies, sobretodo del estrato arbóreo han desaparecido gradualmente, como el caso de *Prunus serotina (capulí)*, *Hesperomeles glabrata (cerote)*; reportadas en bajas cantidades para este zona; y *Quercus Humboldtii* (roble) (no encontrada en el área de muestreo) y que están reportadas en el estudio de (Cavalier & Santos , 1999) realizado en la misma zona de vida; este suceso ha dado cabida para la proliferación de especies del estrato arbustivo típicas y que han sufrido procesos de adaptación, siendo foráneas, para luego convertirse en nativas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En el mismo orden de ideas, según (Cavalier & Santos , 1999), en parcelas de 0.1 ha. (igual que este estudio) el bosque con mayor número de especies leñosas de más de 2.5 cm d.a.p. fue el bosque de regeneración natural (33 especies) seguido de las plantaciones de *E. globulus* (26) y *A. acuminata* (16). Las plantaciones de *P. radiata* y *C. lusitanica* sólo tuvieron 3 especies incluida la especie plantada. La regeneración de la vegetación nativa que crece a la sombra de las plantaciones abandonadas de alisos y eucaliptos, contiene un número menor de especies que el bosque de regeneración natural y pocas especies en común con este. Así, las plantaciones de eucalipto, aliso y el bosque de regeneración natural sólo tienen cuatro especies en común (*Leandra melanodesma* y *Solanum* aff. *scorpioideum* dispersadas por aves, *Lippia hirsuta* y *Verbesina nudipes*, dispersadas por viento). Además de estas cuatro especies, el bosque de regeneración natural, comparte otras siete especies con las plantaciones de eucalipto (*Baccharis latifolia*, *Cordia cylindrostachya*, *Dunalia solanacea*, *Monnina angustata*, *Solanum aphydendron*, *Sphaeropteris quindiuensis*, *Tibouchina mollis*), y tres con las plantaciones de aliso (*Abatia parviflora*, *Asploddianthus pseudostuebelli* y *Bocconia frutescens*). Con la posible excepción de *Cordia cylindrostachya*, *Bocconia frutescens* y *Tibouchina mollis*, las cuales son árboles pequeños, todas las demás tienen hábitos arbustivos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Toda esta información, concuerda con las especies nativas encontradas en la cuenca baja del río Pasto, que en su mayoría son de porte arbustivo, lo que refiere que la presencia de bosques introducidos de valor forestal, con plantaciones exóticas de aliso, eucalipto, ciprés, pueden estar incidiendo en la proliferación de especies arbustivas y foráneas debido a la amplitud en claros y distancia de individuos plantados; la problemática frente a este tipo de bosques radica en que por lo general, se localizan en áreas planas y de laderas constituyendo un ejemplo de producción de maderas pero a costa de detener la complejidad y pérdida de la diversidad de especies andinas, igualmente en estos sectores avanza la erosión y la mayoría de árboles de ciertos sectores como los de la cascada en laderas tienen muerte descendente, así mismo su presencia infiere degradación natural como antrópica y un avanzado proceso de pérdida del bosque, erosión y pérdida de productividad agrícola.

4.1.2 Río Miraflores

4.1.2.1 Bosque Muy Húmedo Montano (Bmh-M).

En Colombia, varias zonas del país se incluyen en esta zona de vida, entre ellas las que se encuentran más arriba de Silvia y Totoró (Dpto. del Cauca), Chisacá (Dpto. de Cundinamarca), La Rusia (Dpto. de Santander). Los límites climáticos generales son una temperatura media entre 6-12°C y un promedio anual de Lluvias entre 1.000-2.000 mm. La

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

evapotranspiración potencial puede estimarse, en promedio, en 60% menor que la precipitación media anual. Los terrenos, en su mayor parte, tienen una topografía accidentada. Los terrenos que presentan mucha pendiente deben mantenerse con su vegetación natural para proteger las cuencas de captación (UEL - DAMA, 2003).

Numerosos bosques y matorrales propios de esta zona han sido arruinados para establecer potreros o cultivos de papa, terminando de esta manera con unas joyas biológicas muy escasas en el mundo. La flora es rica en especies de plantas con flores de intensos colores, rojos, amarillos, azules, violetas, que hacen de estas montañas fascinantes jardines, con planicies surcadas por corrientes de agua. Las plantas de esta región tienen una característica especial, teniendo como lecho un prado de gramíneas con asociaciones de arbustos de hojas coriáceas y enanas (UEL - DAMA, 2003)

En estos términos, el rango altitudinal máximo para el área de estudio fue de 3.373 m.s.n.m, puesto que más arriba de este rango se encuentra el P.N.N Galeras, al cual no se puede acceder por su finalidad de conservación. Para la zona alta del Río Miraflores, se destacan en importancia especies como *Verbesina arborea*, *Tibouchina mollis*, *Schefflera marginata* y *Saurauia pruinosa*, se resalta el género *Miconia* el cual está representado por

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

tres especies. Estos mismos géneros se encuentran reportados en la Flora de los bosques montanos de Medellín, específicamente en el territorio de Arví (Alzate, 2013).

Teniendo en cuenta la fisionomía de las comunidades encontradas, se puede considerar a esta zona de vida, como Bosque secundario o intervenido, con algunos remanentes de bosque primario, ya que presenta un grado de conservación rescatable, considerando la presencia de especies propias de bosque primario, como el caso de *Saurauia pruinosa*, *Schefflera marginata* y *Oreopanax nigrum*.

Por lo anterior, no se considera como bosque primario propiamente dicho, puesto que se le han extraído en gran mayoría las especies más valiosas comercialmente, como los encinos *Weinmannia pubescens*, *cucharo Geisanthus andinus*, *Hedyosmun goudoutianum*, *Oreopanax discolor* y *Myrcia sp.* Especies que no se encontraron en esta área de estudio.

Según la clasificación de zonas de vida de (Holdridge , 1996.), la zona de vida de Bmh-M, entra en el ecosistema de paramo propiamente dicho, por lo cual la vegetación encontrada en este estudio, es muy pobre en cuanto a su riqueza de especies, cabe señalar que estos resultados se limitan a formaciones de vegetación de tipo arbóreo y arbustivo con

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

algunas características que dejan por fuera a especies importantes, que por estar en un grado de sucesión bajo, no entran en este estudio, y que servirían para dar una idea global del estado de la vegetación de la zona, es decir poder estimar el grado de recuperación y resiliencia de las especies que en este caso en particular, han disminuido sus poblaciones por causa factores de presión como la agricultura, la ganadería y la tala de madera para uso como combustible.

En este orden de ideas, en otros estudios como el realizado por el (UEL - DAMA, 2003), en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, reportan un total de 18 especies entre plantas vasculares y no vasculares, donde se observa por la presencia de determinadas especies, que esta zona de vida en este estudio, se encuentra en un grado de conservación mejor, ya que cuenta con especies típicas de paramo como el frailejón y la puya.

Para poder comparar el estado de esta zona de vida, se cita también el estudio realizado por (Galindo , 2003), en la Cordillera oriental de Colombia, el cual muestra que la riqueza para esta zona de vida es mucho mayor, llegando a presentar hasta 40 familias y 66 géneros, con árboles que alcanzan alturas superiores a los 25 m., de la misma manera, se debe tener en cuenta que en este estudio se incluyen características para la toma de datos que les permite abarcar más individuos, como por ejemplo incluir plantas con un CAP mayor a 1cm. por tal razón, la riqueza de especies en este lugar es elevada.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Finalmente, varios estimativos sugieren que en Colombia, queda menos del 10% de los bosques andinos originales (Henderson , Churchill, & Luteyn , 1991) y, probablemente, menos del 5% de los bosques altoandinos. Debido a las diferentes actividades antrópicas que se realizan en esta zona muchas de las especies típicas de este ecosistema tienden a perderse. Es por eso, que teniendo en cuenta lo analizado anteriormente, y determinando que esta zona de vida muestra especies de gran valor e importancia ecológica, es necesario conocer algunas de las causas de su deterioro para poder plantear estrategias que a futuro permitan la conservación de las especies vegetales presentes en los bosques de esta zona.

4.1.2.2 Zona de vida. Bosque Húmedo Montano (Bh-M).

Esta zona de vida se encuentra limitando en su nivel inferior, con las tierras frías secas, por ejemplo algunos páramos que rodean la Sabana de Bogotá, en Guantiva (Dpto. de Boyacá), Meseta de Túquerres (Dpto. de Nariño), contornos de la laguna de Tota (Dpto. de Boyacá), Berlín (Dpto. de N. de Santander).

Los límites climáticos generales son una temperatura media entre 6-12°C y un promedio anual de lluvias entre 500 - 1.000 mm. La vegetación nativa ha sido muy destruida



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

por el hombre que ha cultivado parte de estas tierras por centenares de años, desde antes de la llegada de los españoles. (UEL - DAMA, 2003).

En los terrenos planos y ondulados siembran trigo, cebada, papa, maíz, hortalizas y en las praderas de gramíneas nativas pastorean ovejas y ganado vacuno. Siendo de gran importancia desarrollar reforestaciones que contribuyan a la protección de dichas áreas (UEL - DAMA, 2003).

La Zona de vida de Bosque Húmedo Montano (bh-M) o Subpáramo Húmedo, ocupa el 0,37% del territorio nacional. Esta Zona de vida del Piso Montano según la Clasificación de (Holdridge , 1996.), está ubicada entre los 2.800 y 3.200 msnm, con variaciones de acuerdo a las condiciones topográficas locales, y se caracteriza por tener precipitaciones entre 500 y 1.000 mm (Holdridge , 1996.)

Según el (Alcaldía de Samacá , 1999), en esta zona de vida, fisionómicamente predominan los estratos, arbóreos y arbustivo, el epifitismo es una condición media presente (musgos, quichés, líquenes, orquídeas, lianas y bejucos), al igual que en la Cuenca media del Río Pasto. Se registran especies arbóreas de los siguientes géneros como: *Oreopanax spp.* ,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Escallonia spp. , *Nectandra sp.* , *Ocotea sp.* , *Cedrela sp.* , *Inga sp.* , *Hedyosmum sp.* , *Myrsianthes spp.* , *Drymis sp.* , *Viburnum sp.* y *Weinmannia tomentosa*, *Croton sp.* El bosque nativo hoy en su mayoría esta transformado y predominan los pastos y pequeños rastrojos como matorrales dispersos entre los pastizales. Para el municipio de Samacá, especialmente vereda Chorrera, el abejón y Gacal parte media y cuenca de quebradas donde se encuentra una gran diversidad de especies de árboles indicadores del bosque original como: *Miconia salicifolia*, encenillos *Weinmannia tomentosa*, raques *Vallea stipularis*, espino tabe *Xilosma spiculiferum*, salvio *Salvia sp.* Romero *Baccharis sp.*, juco *Viburnum triphyllum*, Arrayán *Myrsianthes spp* mortiño *Hesperomeles heterophylla* pegamosco *Bejaria sp.* . *Lycopodium sp.*. Helechos *Polypodium sp.* Orquídeas *Epidendrum sp.* *Elleanthus sp.* *Stelis sp.* y quichés *Tillandsia spp.* Así mismo se determinó que especies arbóreas del género *Weinmannia sp.* son de escasa frecuencia para las regiones muestreadas y nula para la mayoría del territorio lo que se registra en el estudio realizado en recorridos veredales para el plan de ordenamiento de Samacá en 1999.

Así mismo de acuerdo al estudio realizado en la Granja Botana por Argoty y Collazos en 2001, se encontraron como especies con altos índices de valor de importancia a: *Weinmannia multijuga* Killip & Smith. (Encino), *Schefflera marginata* Cuatr. (Pumamaque), *Miconia cf. orcheotoma*. (Amarillo), *Myrica pubescens* Willd. (laurel de cera), *Ilex uniflora Benth.*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

(Tinto), *Myrsine coriacea* (Sw) Roem & Schult. (Capulicillo), *Gaiadendron punctatum* (R & P) G. Don. (Palo rosa), *Freziera canescens* H.B.K. (Motilón silvestre) y *Hedyosmun translucidum*. Todas las anteriores, encontradas también en la zona media de la cuenca del Río Pasto, pero que difieren de este estudio, ya que de estas, solo *Schefflera marginata*, *Miconia orcheotoma* y *Gaiadendron punctatum* se reportaron para este estudio, las demás no se evidenciaron y se asocian a una baja riqueza, por la alta intervención en el bosque. Estas especies pueden tenerse en cuenta, en futuros planes de restauración para la zona de vida por tener patrones y rangos altitudinales similares.

Confrontando la información reportada en el estudio de Samacá y en la Cuenca media del Río Pasto, con la obtenida en la zona media del Río Miraflores, se puede observar que hay un gran contraste, puesto que la riqueza que estas zonas exhiben es alta; adicionalmente, no se hallaron especies que se consideran indicadoras del bosque original, como el caso de *Hedyosmun translucidum*, y en muy bajas cantidades se hallaron especies como *Viburnum triphyllum* y *Weinmannia sp*; esta última, de gran importancia, ya que para la región de Samacá al igual que en este estudio mostró una baja frecuencia y que para la cuenca media del Río Pasto fue una de las especies más frecuentes, abundantes y está dentro de los rangos más altos en el índice de valor de importancia; con lo que se puede concluir que esta zona exhibe una baja conservación, en comparación a los dos estudios citados anteriormente.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Se debe resaltar que el presente estudio difiere con lo expuesto a (Cuatrecasas, 1958), (Cortés, 2003.), (Cleff, Rangel , Van der Hammen, & Jaramillo , 1984), donde fitosociológicamente esta zona de vida está representada por el complejo Weinmannietum, (sintaxón) entre los 2750 y 3150 m, que correspondería a la vegetación original climática más frecuente en los declives de las montañas del borde oriental de la Sabana de Bogotá.

La principal causa de esta diferencia se basa en la alta actividad antrópica que existe en la zona, y que han modificado el ecosistema, reduciendo un gran número de individuos, principalmente a las especies del género Weinmannia, que como es manifestado por la comunidad de la zona y en el estudio de (Quiroz & Pérez, 2004), se usan frecuentemente para la extracción de madera, ebanistería, leña entre otros.

Los bosques encontrados en esta zona de vida, son conexión entre los parches de la zona de vida de Bosque muy húmedo montano, la cual está bordeando el Parque Nacional Natural Galeras (prioritario en conservación) y la zona de Bosque seco montano bajo, presentes en la Cuenca de Río Miraflores. En las zonas más altas (3200 m), se presentan diferentes grados y tiempo de recuperación que dependen de la prevalencia de entresaca de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

madera, el pisoteo por presencia de ganado, incendios y derrumbes, junto con la influencia de factores como el clima, la calidad de los suelos y la topografía.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, puede categorizarse a esta zona de vida, como Bosque secundario – muy intervenido, con fragmentos de matorrales; puesto que no exhibe vegetación de bosque maduro, y posee diferencias significativas en comparación a otras zonas de estudio similares, principalmente a la zona media del Río Pasto. La vegetación que predomina, es típica de bordes, linderos y seriales, porque en muchos de los puntos muestréales la cuenca actúa como lindero, así mismo se reportaron especies introducidas, que actúan como cercas vivas y diversos sistemas agro-silvopastoriles derivados de la influencia de actividades agropecuarias.

De igual forma, se deduce que esta zona de vida, se encuentra en etapas de sucesión incipiente, no se evidencia recuperación intermedia, ya que la altura promedio de la vegetación es muy baja (5.2 m), predominando las especies de porte arbustivo o achaparrado, subyugando a las especies arbóreas nativas.

4.1.2.3 Zona de vida. Bosque seco montano bajo (Bs-MB).

Se encuentra localizada entre 2.000 y 3.000 m, con variaciones micro-climáticas de acuerdo a los pisos altitudinales de las cordilleras. La vegetación primaria de esta formación ha sido alterada completamente. En la actualidad se observan muy pocas asociaciones de árboles y muchas áreas de cultivos de subsistencia. En algunas zonas se localizan formaciones de eucaliptos, ciprés y pinos.

Esta zona de vida aparece, en la Sabana de Bogotá, área de Tunja, Villa de Leiva, Duitama y Sogamoso (Dpto. de Boyacá), laderas del río Chicamocha y en Pasto e Ipiales (Dpto, de Nariño). Los límites climáticos generales son: una temperatura media entre 12 - 18°C y un promedio anual de lluvias entre 500 - 1.000 mm. La continua intervención humana por centenares de años ha modificado profundamente la vegetación nativa y muy pocos árboles lograron sobrevivir. Desde antes de la venida de los españoles estas áreas han sostenido grandes concentraciones humanas, y fueron el centro económico y social de los Chibchas. Esto es explicable, ya que el clima es seco y los suelos, al no sufrir lavado excesivo, conservan su fertilidad por largo tiempo. Muchos de estos terrenos son de los más productivos del país, lo cual permite una agricultura intensiva con trigo,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

cebada, maíz, papa, hortalizas, flores, frutas (manzano, ciruela, pera, duraznos, fresas, curuba), potreros y reforestación. En épocas de verano llegan las heladas que ocasionan daños severos en los cultivos y en algunas ciudades el agua para consumo humano y agrícola se hace insuficiente (UEL - DAMA, 2003).

Se debe resaltar que en algunas áreas de pastizales, a finales de la década de los años 60, fueron establecidas plantaciones de especies exóticas (*Pinus radiata*, *Cupressus lusitanica*, *Eucalyptus globulus*) y nativas (*Alnus acuminata*, *Acacia* sp.), que tenían como fin la protección de las fuentes de agua. En otras áreas estos pastizales simplemente fueron abandonados, y en ellos se desarrolló un bosque secundario gracias a la lluvia de semillas desde los fragmentos de bosques que quedaron a lo largo de quebradas y en lugares de difícil acceso. Estos bosques secundarios, a pesar de tener un número menor de especies que los bosques maduros, obtienen altos valores de biomasa y producción de hojarasca en poco tiempo (Galindo , 2003) proporcionando variedad de servicios ambientales (UEL - DAMA, 2003).

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, los resultados para esta zona concuerdan, puesto que los puntos muestrales establecidos exhiben una vegetación que ha sido alterada

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

en altos niveles, es muy frecuente encontrar desde el punto uno al dos, intervención antrópica que radica en las labores de agricultura, sobrepastoreo intensivo y ganadería multipropósito; desde el punto tres hasta el cuatro, se visualiza una intervención adicional a la anterior, que corresponde a la afluencia aledaña al Río de carreteras, establecimientos comerciales, e industriales, como el caso de la existencia de una planta de beneficio avícola, que han trastocado no solo al río sino también a la vegetación riparia. Para el último punto, y en adelante, se observa que la vegetación exhibe una baja riqueza de especies, principalmente por procesos de urbanización y canalización del río, dentro de la ciudad. Debido a esto, los resultados son producto de estas intervenciones, ya que las especies más frecuentes, abundantes, dominantes y con mayor peso ecológico, son especies introducidas como el caso de *Eucaliptus globulus*, *Tecoma stans*, *Acacia melanoxylon*, por tanto hay una gran contradicción, la cual radica en que estas especies aunque tengan la mayor representatividad, no están permitiendo identificar con certeza la especies nativas con mayor peso ecológico, puesto que muchas de ellas son invasoras, y otras ya han desaparecido o están en niveles muy bajos.

Los resultados obtenidos para esta zona, los cuales principalmente radican en que el valor de importancia lo obtienen especies de índole exótico o introducido, como el caso de *Eucaliptus globulus*, *Alnus acuminata* y *Tecoma stans*; y la presencia de especies invasoras

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

o heliófitas, son similares al estudio realizado para la Cuenca del Río Pasto y el municipio de Samacá, donde se reportan especies como: *Alnus acuminata*, *Eucalyptus globulus*, *Baccharis latifolia*, *Rubus sp* y *Prunus serotina*. Sin embargo, se reportan otras especies de índole nativo, las cuales divergen con los datos que arrojó este estudio, ya que se encontraron especies como: *Agave americana*, *Fourcurea sp*, *Cordia sp*, *Opuntia sp*, *Polymia pyramidalis*, *Baccharis macranta*, *Cyperus sp*, *Croton sp*, *Juncus bogotensis*, *Miconia sp*, *Myrsine guianensis*, *Ficus soatensis*, *Rumex conglomeratus*, *Hesperomeles sp*, *Dodonea viscosa*, *Solanum lycioides*, *Solanum marginatum*, *Datura sp*, *Duranta mutisii*. Lo anterior indica que en la zona de Samacá hay más riqueza de especies en comparación a Miraflores, lo que puede significar que la primera zona posee un grado más alto de conservación y en Miraflores hay un remplazo de especies nativas por especies oportunistas o invasoras.

Finalmente, se debe resaltar que en Samacá y en la Cuenca baja del Río Pasto, al igual que en la del presente estudio, es frecuente el uso de árboles para la reforestación en los bordes de quebradas, ríos y colinas, árboles que se utilizan para cercas y maderas como el caso de: sauce llorón *Salix humboldtii*, ciprés *Cupressus sp*, Pino *Pinus sp*, Eucalipto *Eucalyptus glóbulus*, urapanes, *Tecoma sp*, Acacias, *Acacia melanoxylon* y *Acacia decurrens*. Así mismo, según el EOT de Samacá (Alcaldía de Samacá, 1999), la intervención

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

humana ha modificado profundamente los bosques nativos de esta zona con su vegetación original, y posiblemente muchas especies nativas ya desaparecieron.

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 Área de Estudio.

A continuación se presenta las características generales de las zonas de estudio contempladas río Pasto y río Miraflores, en donde los dos hacen parte de la cuenca del río Pasto uno de los principales afluentes del Río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del Río Patía, que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes, en el departamento de Nariño, al sur occidente de Colombia. La cuenca del Río Pasto tiene una extensión de 45.000 hectáreas (450 Km²) incluye áreas de los municipios de Pasto, Chachagui, El Tambo y la Florida, con relación a la superficie de Nariño 33.268 Km², representa el 0.7%, posee dentro de la jurisdicción del municipio de Pasto una superficie de 31.287 hectáreas, que representa el 51% del área total de la cuenca, en ella se encuentran los corregimientos de La Laguna, Mocondino, Buesaquillo, Morasurco, Mapachico, Obonúco, La Caldera y parte de Catambuco.

4.2.1.1 Río Pasto.

El Río Pasto tiene una longitud de 62 Km, de los cuales 25.2 Km (40.6%) corresponden a la cuenca alta, aguas abajo del páramo del Bordoncillo, dicho río toma el nombre de quebrada Las Tiendas, posteriormente al cruzar por el corregimiento de la Laguna toma el nombre de Río Pasto hasta su desembocadura en el Río Juanambú (Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, 1999). En lo que respecta al río Pasto se consideró las tres zonas de vida existentes para esta área, las cuales son:

- **Páramo Sub Andino.**

Posee un área de 2043,31 Ha (entre los 3400 y 3600 m.s.n.m) donde se incluyen Las Tiendas y la parte alta del Retiro Figura 54 y Figura 55.

- **Bosque Húmedo Montano.**

Posee un área de 11018,90 Ha (entre los 3300 y los 3000 m.s.n.m), la cual inicia desde Loma Redonda, y finaliza en el corregimiento de la Laguna, Figura 56 y Figura 57.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 54. Zona de vida Páramo Sub – Andino, Río Pasto



Figura 55. Zona de Vida Paramo Sub – Andino, Río Pasto.



Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 56. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano, Río Pasto.



Figura 57. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano, Río Pasto.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Bosque Seco Montano Bajo.**

Posee un área de 13178,80 Ha (entre los 2900 y 2450 m.s.n.m), la que inicia en el corregimiento de San Fernando y finaliza en la Universidad de Nariño Figura 58 y Figura 59.

Figura 58. Zona de Vida Bosque Seco Montano Bajo, Río Pasto.



– **Características ambientales.**

El relieve es muy variado; se presenta una zona de escarpes, una zona montañosa, un área de piedemonte y en la parte central se encuentra la zona del valle, que va de plana a suavemente ondulada. A los 2.500 msnm en los alrededores de la ciudad de Pasto la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

temperatura media es de 13.6°C, mientras que a los 3.500 msnm como en la cuchilla del Tábano la temperatura desciende hasta los 9.1 °C. La temperatura varía a razón de 5 °C por cada 100 m y el clima es predominantemente frío la mayor parte del año. (Quiroz & Pérez, 2004).

Figura 59. Zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Pasto.



– **Características ambientales.**

El relieve es muy variado; se presenta una zona de escarpes, una zona montañosa, un área de piedemonte y en la parte central se encuentra la zona del valle, que va de plana a suavemente ondulada. A los 2.500 msnm en los alrededores de la ciudad de Pasto la temperatura media es de 13.6°C, mientras que a los 3.500 msnm como en la cuchilla del

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Támano la temperatura desciende hasta los 9.1 °C. La temperatura varía a razón de 5 °C por cada 100 m y el clima es predominantemente frío la mayor parte del año. (Quiroz & Pérez, 2004).

4.2.1.2 Río Miraflores.

Con lo que respecta al río Miraflores según (Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, 1999) posee un área de 5.627 Ha. (sin incluir el área protegida), es uno de los principales afluentes de la Cuenca del Río Pasto. Nace en el Sistema Volcánico Galeras, y atraviesa la ciudad de San Juan de Pasto, de sur a oriente, hasta desembocar sus aguas en el Río Pasto, en el sector del Hospital departamental; por su ubicación y riqueza natural, es captado para uso y consumo humano de un sector urbano del municipio de Pasto y también ha permitido el desarrollo de importantes sectores productivos de la ciudad, como lo son entre otros la ganadería, agroindustria, minería y servicios, circunstancias que también, han inducido al deterioro del río y sus alrededores.

Para el presente estudio se tuvieron en cuenta las tres zonas de vida existentes para el río Miraflores, las cuales son:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

– **Bosque muy húmedo montano.**

Posee un área 856 Ha (entre los 3300 y 3200 m.s.n.m) donde se incluye las veredas de La Cocha Negra y La Marquesa, ver Figura 60.

Figura 60. Zona de vida Bosque muy húmedo montano (Bmh-M)



– **Bosque Húmedo Montano:**

Poseen un área de 2,782 Ha (entre los 3200 y los 2950 m.s.n.m), la cual inicia desde La Quebrada Piquisiqui y finaliza en el Km 12, ver Figura 61.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 61. Zona de Vida Bosque Húmedo Montano (Bh-M).



– **Zona de Bosque Seco Montano Bajo:**

Posee un área de 1,982 Ha (entre los 2950 y 2550 m.s.n.m), la que inicia en el Km 13 vía sur, y finaliza en Chapalito para efectos de este estudio, considerando que es hasta esta zona donde se encontró vegetación Figura 62.

Figura 62. Zona de vida Bosque seco Montano Bajo (Bsm-B).



4.2.2 Levantamiento de inventario florístico.

Se utilizó cartografía base, con mapas a escala 1:25000 y 1: 10000, se ubicó el área de estudio teniendo en cuenta mapas de cobertura vegetal y zonas de vida, para identificar parches densos de vegetación, situados a la rivera de la cuenca o lugares cercanos.

4.2.2.1 Unidades de muestreo.

Las unidades de muestreo fueron distribuidas al azar sobre un sistema de coordenadas, teniendo en cuenta las condiciones geográficas del terreno, para este proceso se realizó la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

ubicación georeferenciada, mediante recorridos, con ayuda de vaqueanos de la zona y un GPS. Esta información se confrontó, con la recopilación de información secundaria, estudios ecológicos de vegetación, cartografía básica y temática de los ríos, para finalmente establecer aleatoriamente los sitios a estudiar, para el río Pasto se identificó los puntos que se presentan en la Tabla 60. Y para el río Miraflores los que se presentan en la Tabla 61.

4.2.2.2 Inventario.

Los inventarios de plantas por medio de parcelas o transectos estandarizados permiten obtener información sobre las características cualitativas y cuantitativas de la vegetación de un área determinada, sin necesidad de estudiarla o recorrerla en su totalidad (Villareal H. , y otros, 2006). El presente inventario y evaluación de la diversidad florística, se realizó a través del muestreo en campo, específico para plantas leñosas, el cual constituye una técnica que permite estimar el valor de los parámetros de cada unidad básica de análisis o tipo de vegetación (Argotty & Collazos, 2001), cuya denominación está en función a la formación vegetal dominante, que en este caso son árboles o arbustos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 60. Puntos de muestreo río Pasto.

Trasectos	Coordenadas N	Coordenadas W	Altura	Lugar
Punto 1	1°12'12.5"	77°09'35,4"	3429	Las Tiendas
Punto 2	1°12'16.4"	77°09'41.7"	3329	Las Tiendas
Punto 3	1°12'16.2"	77°10'06.3"	3186	Loma Redonda
Punto 4	1°12'16.9"	77°10'22,5"	3159	El Garrapatero
Punto 5	1°12'16.2"	77°10'22,3"	3157	El Retiro- alto
Punto 6	1°12'16.4"	77°10'30.0"	3117	El Retiro – alto
Punto 7	1°12'14.6"	77°10'31.4"	3089	El Retiro
Punto 8	1°12'17.5"	77°10'26.8"	3133	Campo alegre
Punto 9	1°12'15.9"	77°10'27.9"	3140	Campo alegre
Punto 10	1°12'09.7"	77°11'03.3"	2970	La laguna



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Punto 11	1°12'05.4"	77°11'06.4"	2917	La Laguna
Punto 12	1°12'03.2"	77°11'42.01"	2869	La Laguna
Punto 13	1°12'14.3"	77°13'37.8"	2731	Alto San Fernando
Punto 14	1°12'14.3"	77°13'37.8"	2731	Alto San Fernando
Punto 15	1°12'11.0"	77°13'39.2"	2731	San Fernando
Punto 16	1°12'23.4"	77°15'13.3"	2607	San Fernando
Punto 17	1°12'27.2"	77°16'03.2"	2577	Sena – Centro Lope
Punto 18	1°12'28.2"	77°16'07.3"	2605	Respaldo Alkosto
Punto 19	1°12'27.5"	77°16'09.5"	2597	Respaldo Salud Coop
Punto 20	1°13'53.3"	77°16'56.1"	2500	Respaldo Morasurco
Punto 21	1°14'11.6"	77°17'06.9"	2511	Morasurco
Punto 22	N1°13'53.2''	W 77° 17' 31''	2486	U. Nariño

Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 61. Puntos de muestreo Río Miraflores.

Trasectos	Coordenadas		Altura	Lugar
	N	Coordenadas W		
Punto 1	1° 10' 23.2"	77° 20' 24.2"	3373	La Cocha Negra – Entrada P.N.N La Laguna Negra.
Punto 2	1° 10' 18.4"	77° 20' 22"	3356	La Cocha Negra (parte media)
Punto 3	1° 10' 16.1"	77° 20' 22.9"	3326	La Cocha Negra (parte baja)
Punto 4	1° 10' 14.7"	77° 20' 23.6"	3312	La Marquesa (parte alta)
Punto 5	1° 10' 03.9"	77° 20' 26.1"	3266	La Marquesa (parte baja)
Punto 6	1° 0.9' 34.6"	77° 20' 28.9"	3196	Quebrada Piquisiqui (parte alta)
Punto 7	1° 0.9' 31.9"	77° 20' 23.2"	3184	Quebrada Piquisiqui (parte media)



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Punto 8	1° 0.9' 27.1"	77° 20' 21.4"	3173	Camino al Km 12
Punto 9	1° 0.9' 12.1"	77° 20' 13.4"	3156	Camino al Km 12
Punto 10	1° 0.8' 50.7"	77° 20' 02.3"	3124	Km 12.
Punto 11	1° 09' 48.5"	77° 17' 03.8"	2770	Puente Guadalupe - Variante (Vía Panamericana)
Punto 12	1° 10' 27.3"	77° 17' 15.0"	2677	Chávez
Punto 13	1° 10' 44.0"	77° 17' 01.9"	2619	Planta de Beneficio Pollo al día.
Punto 14	1° 10' 45.7"	77° 16' 59.2"	2626	Planta de beneficio. Pollo al día.
Punto 15	1° 11' 14.4"	77° 16' 35.6"	2579	Chapalito

4.2.2.3 Muestreo.

Teniendo en cuenta los datos de levantamiento, georreferenciación y accesibilidad al terreno, el tipo de muestreo elegido para el presente estudio, es el aleatorio dirigido, propuesto por (Matteucci & Colma, 1982), este tipo de muestreo se realiza en áreas cuyas características del medio físico y del medio biológico, son relativamente homogéneas, por lo que no es conveniente estratificar o clasificar el área; así mismo, cuando las condiciones de accesibilidad a través de la cubierta vegetal lo permiten (Bolfor, Mostacedo, Bonifacio, Fredericksen, & Tood, 2000). Aquí, la selección de las muestras es completamente aleatoria o al azar, es decir, cada punto de la población tiene igual probabilidad de formar parte de la muestra, la que resulta óptimamente representativa. Se debe resaltar, que en cada unidad de muestreo, únicamente se inventarió la vegetación arbórea, o de mayor grado sucesional.

4.2.2.4 Diseño de muestreo.

La determinación del tamaño de la unidad de muestreo para realizar los inventarios florísticos, se basa en el criterio del “área mínima de la comunidad”, (Ramirez, 1995) el cual se refiere que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal. Por lo tanto, para obtener una unidad muestral representativa de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

una comunidad, es necesario conocer el área mínima, aunque esta no tiene significación en la caracterización de una comunidad, (Moreno, 2001.) solo tiene utilidad desde el punto de vista operacional, la decisión final del área mínima depende del juicio subjetivo de investigador (Matteucci & Colma, 1982).

Los inventarios florísticos en general, deben proceder a realizar la estimación previa del área mínima de muestreo, tal como se ha descrito anteriormente; caso contrario pueden utilizar los valores de tamaños mínimos de unidad muestral basados en muestreos de diferentes ecosistemas del país, para cada tipo de formación vegetal propuestos por (Gentry A. , 1988), como se pueden observar en la Tabla 62.

Tomando como base la anterior información, se definió como 0.1 Ha el área mínima para el presente inventario, para cada zona de vida.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 62. Tamaño mínimo de la unidad muestral por tipo de bosque.

Tipos de bosque	Composición Florística	Tamaño mínimo de la unidad muestral (ha).
Bosque Subhúmedo, Bosque Húmedo		
Bosque Muy Húmedo	Heterogénea	1.00 – 0.8
(Selva Baja: < 600 m.s.n.m.)	Homogénea	0.10
Bosque Subhúmedo, Bosque Húmedo y		
Bosque Muy Húmedo.	Heterogénea	0.80 – 0.50
(Selva Alta: 600 – 3900 m.s.n.m.)	Homogénea	0.10
Bosque Semiárido y Bosque Subhúmedo	Heterogénea	0.50
(Valle Interandino: 500 - 2500 m.s.n.m.)	Homogénea	0.10



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Bosque Semiárido y Bosque Subhúmedo.	Heterogénea y	
	Homogénea	0.10
Bosque Árido (Desierto del Pacífico: < 500 m.s.n.m.)	Heterogénea	0.50
Bosque Húmedo y Bosque Subhúmedo (Relicto Mesoandino: < 4000 m.s.n.m.)	Heterogénea	0.50
Bosque Húmedo y Bosque Subhúmedo	Homogénea	0.05

Fuente: (Gentry A. , 1988).

4.2.2.5 Estimación del tamaño mínimo y número de Unidades Muestrales (UM).

La flora del estrato superior del bosque se refiere a los elementos de mayores dimensiones del bosque, tanto en altura, área basal y cobertura; se ubican en los niveles superior y medio del perfil vertical del bosque, tales como: árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes. Para realizar el inventario de la diversidad de plantas, se requiere hacer la práctica del análisis de la curva especie-área durante el inventario, caso contrario se puede utilizar los valores propuestos por (Gentry A. , 1988), los cuales se han basado en el análisis de los muestreos realizados en algunos ecosistemas del país, así como, de los inventarios pilotos realizados para este fin, en los ecosistemas forestales ubicados en la Selva Alta, en los bosques secos del noroeste y en los bosques andinos. (Cortés, 2003.)

El número de unidades muestrales (UM) y los transectos en cada una de ellas (N), se refiere a una porción de la población que se toma para estimar los parámetros de la población total (Cuayal & Ramírez , 1993) Tabla 63.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 63. Constante de muestras por número de Hectáreas.

Cálculo del número de muestras basado en la superficie para el nivel de reconocimiento a 1 (constante de muestras por número de hectáreas)	Constante	S (ha)	N
-10	0.0001	- 10000	1 – 10
10	0.0001	10000	11
10	0.0001	20000	12
10	0.0001	30000	13
10	0.0001	40000	14
10	0.0001	50000	15
10	0.0001	60000	16
10	0.0001	70000	17
10	0.0001	80000	18



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

10	0.0001	90000	19
10	0.0001	100000	20
10	0.0001	200000	30
10	0.0001	≥300000	40

Fuente: (Gentry A. , 1988).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Teniendo en cuenta la constante de muestras por número de hectáreas, planteada por (Gentry A. , 1982.), las unidades de muestreo tanto para el río Pasto y Miraflores son las 3 zonas de vida existentes (UM = 3), respectivamente y tomando como referente el número de hectáreas para cada una de ellas, se define la intensidad de muestreo, mediante parcelas o transectos establecidos, las cuales fueron: para río Pasto 2 para la zona alta con 2043,31 Ha, 10 para la zona media con 11018,90 Ha, y 10 para la zona de 13178,80 Ha. Y para el río Miraflores 5 para la zona alta con 856 Ha, 5 para la zona media con 2,782 Ha, y 5 para la zona baja de 1,982 Ha.

4.2.2.6 Forma de la Unidad Muestral

– **Parcela de área fija.**

El uso de parcelas de área fija es la forma más utilizada en los inventarios de la flora silvestre, pudiendo estar representadas por figuras geométricas distintas, tales como, círculos, cuadrados o rectángulos. Específicamente, se usaron las parcelas rectangulares o los denominados (Gentry A. , 1982.), las cuales son muy usadas para inventariar a la flora mayor de los bosques densos debido a ciertas ventajas sobre los otros tipos de parcelas: es fácil de medir y controlar el registro de información, tanto en bosques densos como abiertos, permite evaluar las variables caminando en línea recta sin necesidad de desplazarse mucho hacia los

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

lados, e incluso es posible tomar las medidas desde afuera de la unidad, lo cual es importante cuando hay que mantener las condiciones intactas dentro de la unidad para efectuar mediciones posteriores. Al permitir un mayor desplazamiento sobre el terreno existe la probabilidad de interceptar mayor la dispersión de las especies.

– **Muestreo de plantas leñosas.**

La metodología utilizada en el presente estudio, fue propuesta por A. (Gentry A. , 1982.), y ha sido ampliamente utilizada en el Neotrópico, lo que permite realizar buenas comparaciones. Esta metodología se utiliza para determinar la riqueza de especies de plantas leñosas y suministra información de la estructura de la vegetación (Zarco Espinosa, 2010), por tanto requiere de la colección e identificación de muchas especies (Villareal H. , y otros, 2006).

Este método consistió en censar, en un área de 0.1 ha, todos los individuos cuyo tallo tenía un diámetro a la altura del pecho (DAP medido a 1.3 m desde la superficie del suelo) mayor o igual a 2.5 cm. En la presente propuesta se censaron individuos con DAP mayor o igual a 2,5 cm, ya que no se tuvieron en cuenta individuos menores a este DAP, que hacen parte del sotobosque, ver Figura 63. Para esto se realizaron transectos de 50 x 2 m los cuales

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

se distribuyeron al azar, distanciados uno del otro mínimo por 20 m, los cuales no se interceptaron y se concentraron en un solo tipo de zona de vida.

Cada transecto de 50 x 2 m se trazó con una cinta métrica, pita plástica de color, y con una vara de 1 m se estableció la distancia a cada lado de la cuerda, donde se demarcó el centro del eje a lo largo de cada línea; los individuos censados fueron aquellos que se situaron dentro de la distancia de 1 m a cualquier lado de la cinta métrica, ver Figura 64 y Figura 65.

Figura 63. Medición de diámetro a nivel del pecho, DAP.

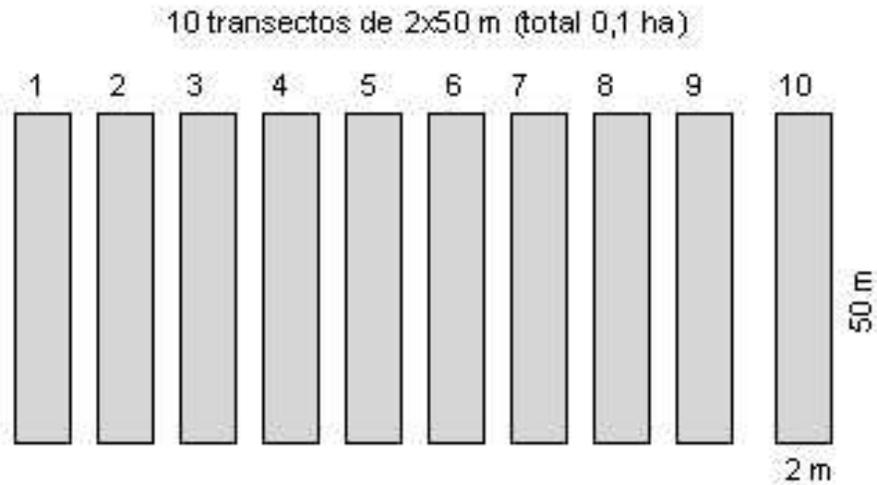


CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 64. Trazado de la parcela en la zona de estudio.



Figura 65. Medida transecto Gentry.



Fuente: (Villareal H. , y otros, 2006).

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Cabe resaltar que la utilización de éste método cuantitativo frente a los inventarios con valores cualitativos del método fitosociológico, permite realizar un análisis cuantitativo y el cálculo de diversos índices de biodiversidad, que el método fitosociológico no permite. Su aplicación en el dominio tropical puede seguirse con detalle en la base de datos del Missouri Botanical Garden (Gentry A. , 1988).

En conclusión, para el río Pasto se establecieron 3 unidades de muestreo (UM), con 22 parcelas o transectos tipo Gentry de 50 x 2 m (0.1 ha) (2 para la zona de vida 1, 10 para la 2 y 10 para la 3), y para el río Miraflores se establecieron 3 unidades de muestreo (UM), con 15 parcelas o transectos tipo Gentry de 50 x 2 m (0.1 ha) (2 para la zona de vida 1, 10 para la 2 y 10 para la 3), cada parcela se marcó con cinta de color. Las parcelas de cada UM se localizaron mediante coordenadas, se censaron todos los individuos con DAP mayor o igual a 2,5 de acuerdo con lo sugerido por (Gentry A. , 1982.) para bosques tropicales, que se encontraron dentro del área de muestreo, se colectaron, se midió su DAP, se estimó su altura, se registró su hábito de crecimiento y todas las características que permitieron reconocerlos posteriormente (cuando fue posible se identificaron en campo). Se censaron todos los árboles o arbustos, enraizados dentro de las parcelas y que presentaron un tronco definido. Para el registro de la información en el campo se utilizaron bitácoras, donde a medida que se registraron los individuos en un transecto, se enumeraron consecutivamente.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Luego de coleccionar un individuo dentro de un transecto, se guardó en una bolsa separada y marcada con cinta de enmascarar y el número de secuencia de registro dentro del transecto. Posteriormente a esta muestra se le asignó un número de colección, se prensó y se procesó hasta constituir un ejemplar de herbario (con 2 duplicados). Una vez finalizada la fase de campo, se realizó una lista de las especies o morfo especies registradas en los muestreos con base en las colecciones realizadas.

4.2.3 Sistematización procesamiento de la información.

La información de campo se recolectó en planillas diseñadas para la toma de datos elementales mencionados anteriormente, los cálculos se realizaron en el programa Excel. Todas las especies se registraron bajo su nombre común, o identidad taxonómica (en los casos que fue posible), diámetro a la altura del pecho con cinta diamétrica, la altura total. En forma simultánea al inventario, se realizó la colecta por duplicado de ejemplares botánicos, los cuales fueron procesados y herborizados. La identificación del material vegetal se realizó por comparación con las bases de datos de los Herbarios: Nacional Colombiano (Col), MOBOT, revisión por especialistas de la Universidad del Cauca (CAUP), Nariño (PSO).

4.2.4 Cálculo de atributos dasométricos e índices estructurales.

Las variables del bosque se refieren a las características o expresiones fenotípicas que presentan sus elementos y que son medibles, tales como, árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes. Estas variables son medidas a todos los individuos que caen dentro de la muestra. Las variables que se registraron y midieron en cada unidad muestral son las siguientes:

- **Especies:** se registró toda la población de la flora del estrato superior del bosque existente en cada muestra y teniendo en cuenta las dimensiones mínimas establecidas.
- **Altura:** la altura es una de las principales variables que se miden en una planta y dependiendo de los objetivos específicos del inventario es:
- **Altura total:** es la medida de la planta desde el suelo hasta la cima de su copa o corona. Se utiliza para estimar la altura máxima del bosque. También para levantar la arquitectura del bosque. Es aplicable para árboles, palmeras arborescentes y helechos arborescentes.
- **Diámetro.** El diámetro del tronco de un árbol, es una de las variables más importantes en los inventarios de la flora mayor del bosque. Medir el diámetro es determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

toca toda la circunferencia. Esta medida sirve para calcular el área basal y, el volumen maderable del tronco y por ende la biomasa y carbono de los árboles.

4.2.5 Estimación de los parámetros.

Los datos registrados en las unidades de muestreo se procesaron para obtener los valores de los parámetros que caracterizarán al bosque evaluado; éstos se describen a continuación:

4.2.5.1 Abundancia Relativa (AR_i)

Abundancia es el número de individuos de cada especie existente en un determinado estrato o tipo de vegetación o unidad del mapa.

$$A_i = \left(\frac{n_i}{N} \right) \times 100$$

$$A_{Ri} = \left(\frac{A_i}{\sum_{i=1..n} A_i} \right) \times 100$$

Donde:

AI = Abundancia absoluta de la especie i.

ni = Número de individuos de la especie i

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

N = Número total de individuos

ΣA_i = Sumatoria del número de individuos totales de la muestra.

4.2.5.2 Dominancia Relativa (DRi)

$$D_i = \left(\frac{S_i}{S} \right) \times 100$$

$$D_{Ri} = \left(\frac{D_i}{\sum_{i=1...n} D_i} \right) \times 100$$

Donde:

D_i = Dominancia absoluta de la especie *i*.

s= Área basal en m² de la especie *i* (m²)

S = Área basal de todas las especies (m²)

4.2.5.3 Frecuencia Relativa (FRi)

La frecuencia *F* de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral.

$$F_i = \left(\frac{f_i}{F_t} \right) \times 100$$

$$F_{Ri} = \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1..n} F_i} \right) \times 100$$

Donde:

Fi = Frecuencia absoluta de la especie i.

fi = Número de parcelas en las que aparece la especie i.

Ft = Número total de parcelas

4.2.5.4 Índice de Valor de Importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI) es un parámetro que mide el valor ecológico de cada especie en una comunidad vegetal. Se obtiene mediante la suma de tres parámetros principales como son: dominancia (cobertura o área basal), abundancia y frecuencia. Es necesario transformar los datos de estos parámetros en valores relativos. La suma total de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 1 y la suma total de los valores del IVI debe ser igual a 3. Mediante el cálculo del IVI se puede identificar tipos de asociaciones vegetales en áreas con alta diversidad florística, las cuales pueden ser denominadas por 2 o tres especies que tienen los mayores valores de IVI (Matteucci & Colma, 1982).

4.3 DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA RÍO PASTO.

Pasto-Nariño-Colombia

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El presente estudio permitió obtener información relacionada con características fitosociológicas de las tres zonas de vida: Páramo Sub Andino, Bosque Húmedo Montano y Bosque Seco Montano Bajo; localizadas en la Cuenca del Rio Pasto. Brinda información, acerca de la riqueza y abundancia de las especies de vegetación arbórea y arbustiva que componen la comunidad de vegetación de las diferentes zonas de estudio aquí planteadas, de igual forma permite conocer la importancia ecológica de cada una de estas especies, todo esto como dato esencial para tomar decisiones en cuanto a las medidas y estrategias de conservación a futuro. A continuación se presentan los resultados del IVI y las alturas por cada zona de vida:

4.3.1 Paramó Sub – Andino.

4.3.1.1 Fisonomía.

Teniendo en cuenta el inventario realizado, las comunidades presentes en la Zona de vida Páramo Sub Andino se caracterizan por arboles de gran porte, que pueden alcanzar hasta los 40 metros de altura, entre los que se destacan: *Clusia multiflora* Kunth, *Myrcianthes rhopaloides* (Kunth) McVaugh, *Schefflera marginata* Cuatr, *Weinmannia engleriana* Hieron y *Brunellia bullata* Cuatrec.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Lo anterior indica una baja intervención antrópica y un buen estado de conservación, lo que ha permitido el crecimiento de diferentes especies pertenecientes a este estrato, al igual que el estrato arbustivo, como el caso de la especie *Hypericum laricifolium* Juss, que ha alcanzado alturas de hasta 10 m, lo cual es poco frecuente. El epifitismo es muy alto, la hojarasca es abundante y torna el suelo en algunos sectores inestable, el sotobosque en algunos lugares no permite el paso, debido a la gran diversidad de musgos, licopodios, hepáticas, orquídeas y helechos.

4.3.1.2 Composición Florística.

Se identificó un total de 13 familias, distribuidas en 14 géneros y 18 especies, como se observa en la Tabla 64.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 64. Composición Florística para la zona de vida 1 – Páramo Sub Andino.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Araliaceae	<i>Oreopanax discolor (Kunth) Decne. & Planch.</i>	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Schefflera marginata Cuatrec</i>	Pumaqueque	A	N
Blechnaceae	<i>Blechnum sp.</i>	Helecho macho	Ar	N
Brunelliaceae	<i>Brunellia bullata Cuatrec</i>	Cancho	A	N
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum translucidum Cuatrec.</i>	Salado	A	N
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	Mate	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia engleriana Hieron.</i>	Encino	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia mariquitae Szyszyl.</i>	Encino	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii Killip</i>	Encino	A	N
Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium Juss.</i>	Romerillo	A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

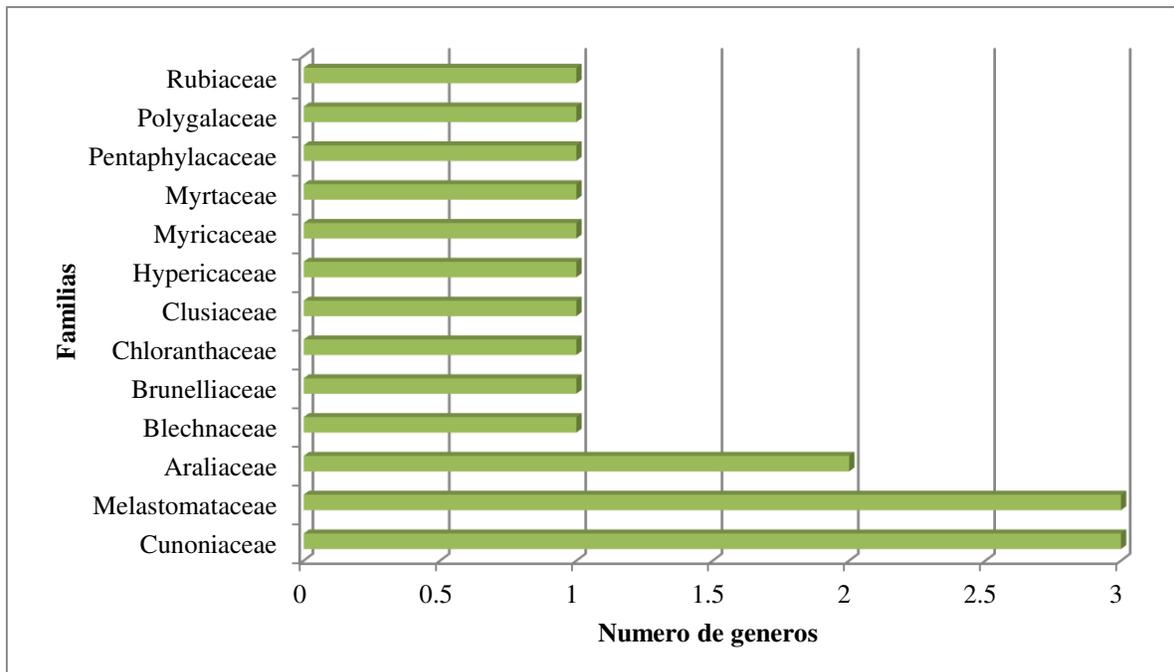
Melastomataceae	<i>Miconia chlorocarpa Cogn.</i>	Amarillo	A	N
Melastomataceae	<i>Miconia orcheotoma Naudin</i>	Amarillo	A	N
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	Amarillo	A	N
Myricaceae	<i>Myrica parvifolia Benth</i>	Laurel	A	N
Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides (Kunth) McVaugh</i>	Arrayansiyo	A	N
Pentaphylacaceae	<i>Freziera canescens Bonpl.</i>	Motilón silvestre	A	N
Polygalaceae	<i>Monnina arborescens Ferreyra</i>	Ivilán	Ar	N
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina (Ruiz & Pav.) DC.</i>	Majua	A	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

De las 13 familias botánicas identificadas para esta zona, las familias representadas con el mayor número de géneros son Cunoniaceae y Melastomataceae, cada una con 3 géneros, destacando a Miconia y Weinmania respectivamente; seguido de la familia Araliaceae con 2 géneros, y el resto de familias que solo tienen un género, lo que permite destacarlas como parte esencial en la estructura del bosque Figura 66.

Figura 66. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Páramo Sub Andino. Rio Pasto.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La familia Cunoniaceae está representada por 3 especies dentro de las cuales están *Weinmannia engleriana*, *Weinmannia mariquitae* y *Weinmannia rollottii*, estas son comunes en bosques de tipo primario, así como también se las puede encontrar en bosques secundarios intervenidos en diferentes estados de sucesión, la frecuencia de estas especies dentro de este tipo de zona de vida fue la más baja, ver Figura 67. Esto requiere prestar una atención rápida para plantear estrategias de conservación de estas especies, ya que pueden estar siendo sobre explotadas para actividades como la ebanistería y la construcción.

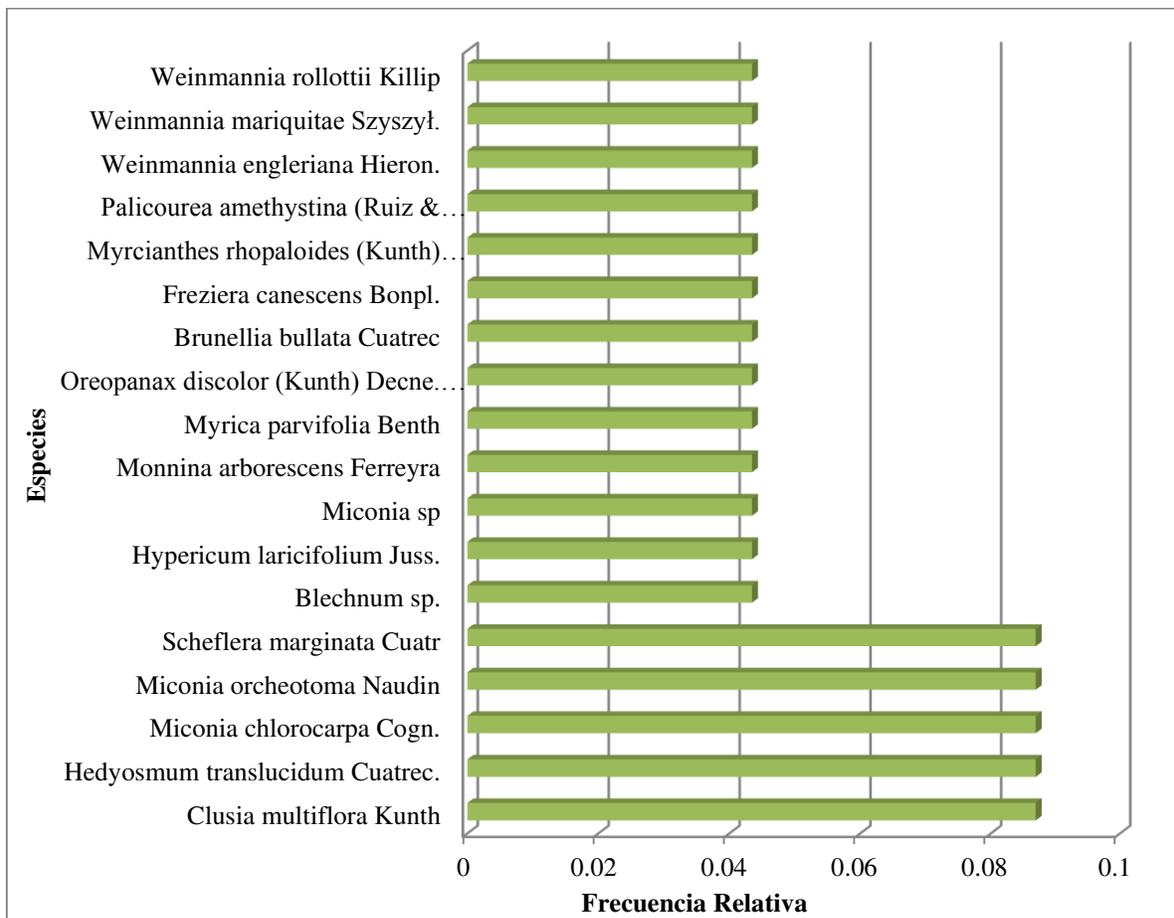
Las especies de *Clusia multiflora*, *Hedyosmum translucidum*, *Miconia chlorocarpa*, *Miconia orcheotoma* y *Schefflera marginata*, presentan una frecuencia relativa de 0,0869 la más alta dentro de esta zona de vida, siendo también típicas de este tipo de bosque y encontrándose en diferentes grados de sucesión. Aunque las familias a las que pertenecen estas especies, se encuentren representadas por menos de dos géneros dentro de este tipo de zona de vida.

Las especies que presentaron mayor cobertura, ver Figura 68, fueron *Palicourea amethystina* con un porcentaje de 0,28 y *Hedyosmum translucidum* con 0,22, esto debido a que estas especies tenían una mayor ramificación con respecto a las demás y en el caso de la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

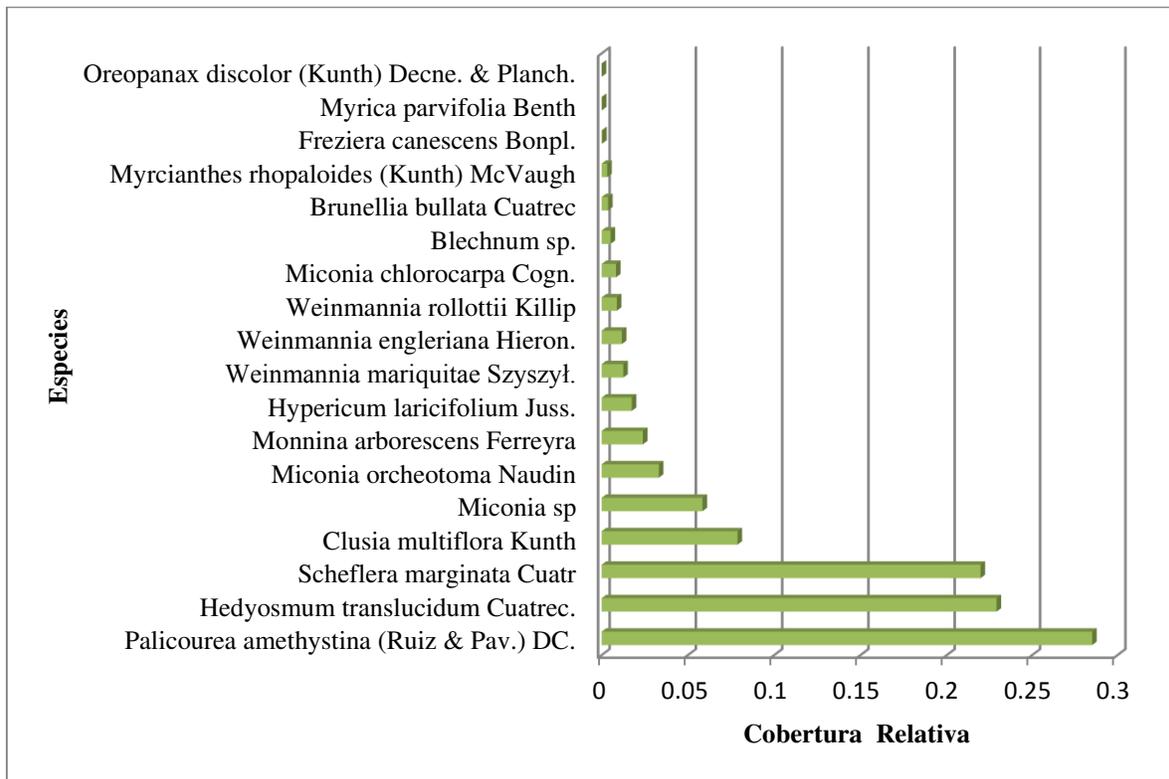
especie *Hedyosmum translucidum*, esta es la especie que presenta la mayor abundancia relativa 0.15, para esta zona de vida.

Figura 67. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Páramo Sub Andino. Rio Pasto.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 68. Cobertura relativa de las especies encontradas en la zona de vida de Páramo Sub Andino. Rio Pasto.

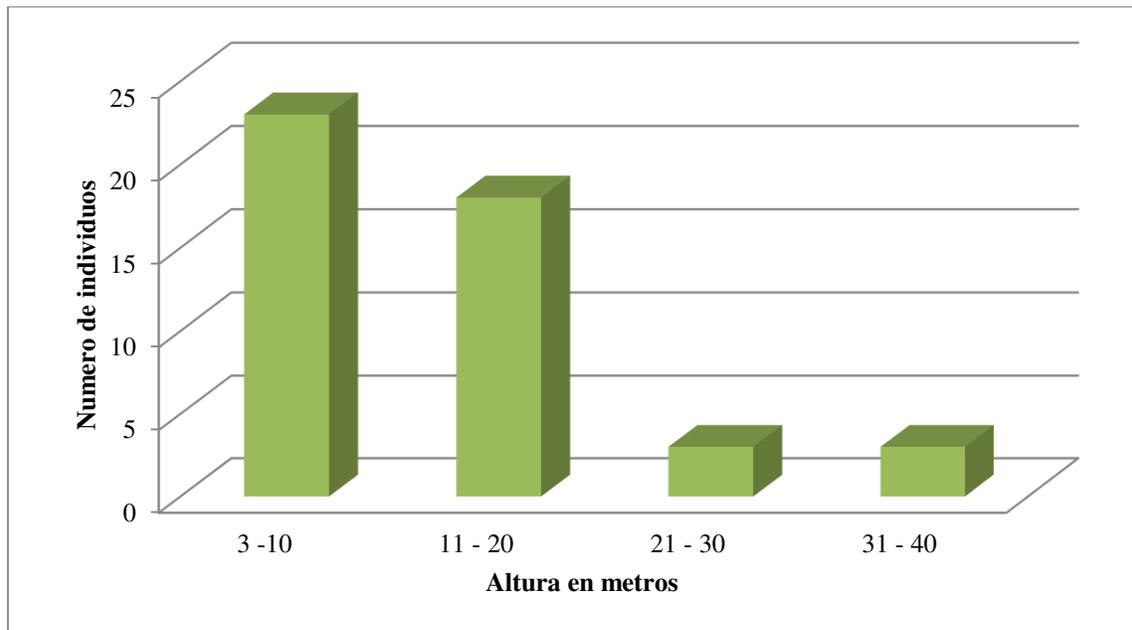


La altura promedio de la vegetación arbórea encontrada en la zona de vida Páramo Sub Andino fue de 12.87 metros. Siendo las especies *Myrcianthes rhopaloides* y *Schefflera marginata*, las dos con 40 metros, siendo las especies que presentaron la mayor altura; y la especie *Miconia chlorocarpa* con 3 metros. La especie que presentó la menor altura dentro de este tipo de zona de vida. La altura de las especies restantes se pueden observar en la

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

gráfica de rango de alturas Figura 69. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Páramo Sub Andino. Rio Pasto.

Figura 69. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Páramo Sub Andino. Rio Pasto.



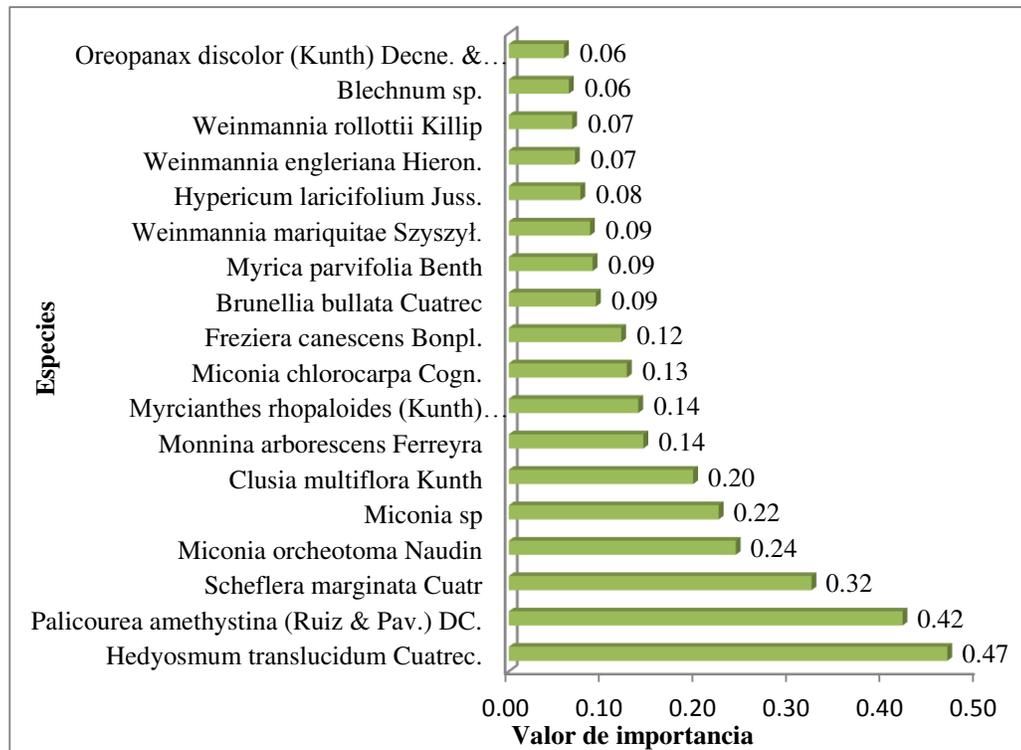
4.3.1.3 Índice de Valor de Importancia.

En la Figura 70 se observa los porcentajes del IVI, alcanzado por las especies dentro de la zona de vida de Paramo sub-andino, para este caso la especie *Hedyosmun translucidum* es la especie mas importante ecologicamente, cuyo IVI alcanzó un valor de 0.47, le siguen

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

en orden de importancia *Palicourea amethystina* con un IVI de 0.42, *Schefflera marginata* con 0.32, *Miconia orchotoma* 0.24, y *Miconia sp.* y *Clusia Multiflora* con 0.22 y 0.20 respectivamente. Estas son las especies que ocupan mas del 50% de importancia ecológica dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de vegetacion dentro del bosque.

Figura 70. Valor de importancia de las especies encontradas en la zona de vida Paramo sub-andino. Rio Pasto



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las 12 especies restantes encontradas en la zona, presentan un IVI inferior a 0.14, las cuales requieren mas estudios en cuanto al porque de su baja abundancia, frecuencia y dominancia ya que dentro de esta lista se encuentran especies que en otros lugares sus poblaciones se encuentran en mejor estado de conservacion.

4.3.2 Bosque Húmedo Montano.

4.3.2.1 Fisonomía.

Para esta zona, es notoria la presencia de claros, debido a la caída de árboles, la intervención antrópica (como la tala, para extracción de carbón, leña y cultivos principalmente de papa), el relieve y otras causas naturales; sin embargo desde la parcela tres hasta la ocho, no se encontró especies introducidas o usadas para la reforestación, caso contrario sucedió desde la parcela nueve a la doce donde es frecuente encontrar especies como *Tibouchina mollis* (Bonpl.) Cogn, *Chusquea sp* y *Alnus acuminata Kunth*. El epifitismo en esta zona es medio, pero es frecuente encontrar, líquenes, musgos y helechos arborescentes

4.3.2.2 Composición Florística.

Se identificó un total de 54 especies, contenidas en 40 géneros y 31 familias como se observa en la Tabla 65.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 65. Composición Florística Zona 2 - Bosque Húmedo Montano.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Actinidiaceae	<i>Saurauia pruinosa R.E. Schultes</i>	Moquillo	A	N
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum Benth</i>	Pelotillo	A	N
Aquifoliaceae	<i>Ilex sp.</i>	Albarracín	A	N
Aquifoliaceae	<i>Ilex cf. bullata Cuatrec.</i>	Rayo	H	N
Araceae	<i>Anthurium cf. bogotense Schott</i>	Anturio	A	N
Araliaceae	<i>Oreopanax discolor (Kunth) Decne. & Planch.</i>	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Schefflera marginata Cuatr</i>	Pumamaque	A	N
Araliaceae	<i>Oreopanax incisus (Willd. ex Schult.) Decne. & Planch.</i>	Pumamaque	A	N
Asteraceae	<i>Verbesina arborea Kunth</i>	Velo	Ar	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Asteraceae	<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i>	Chilca	Ar	N
Betulaceae	<i>Alnus acuminata Kunth</i>	Aliso	A	N
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans Griseb.</i>	Quillotocto	A	N
Blechnaceae	<i>Alnus acuminata Kunth</i>	Aliso	Ar	I
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans Griseb.</i>	Quillotocto	Ar	N
Blechnaceae	<i>Blechnum sp.</i>	Helecho macho	A	N
Boraginaceae	<i>Boraginaceae indet</i>		A	N
Brunelliaceae	<i>Brunellia bulata Cuatrec.</i>	Cancho	A	N
Brunelliaceae	<i>Brunellia aff. tomentosa Bonpl.</i>	Cancho	A	N
Brunelliaceae	<i>Brunellia goudotii Tul</i>	Cancho	A	N
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum translucidum Cuatrec.</i>	Salado	A	N
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum cumbalense H. Karst</i>	Salado	A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Cunoniaceae	<i>Weinmannia engleriana Hieron.</i>	Encino	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii Killip</i>	Encino rojo	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa L. f.</i>	Encino	A	N
Cyatheaceae	<i>Cyathea sp.</i>	Helecho macho	Ar	N
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana Hook</i>		Ar	N
Ericaceae	<i>Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.</i>	Mortiño	Ar	N
Ericaceae	<i>Gaultheria cordifolia Kunth</i>	Pata de gallina	Ar	N
Ericaceae	<i>Macleania rupestris (Kunth) A.C. Sm.</i>	Chaquilulo	Ar	N
Ericaceae	<i>Gaultheria insipida Benth.</i>		Ar	N
Elaeocarpaceae	<i>Valea stipularis</i>	Zarcillejo	Ar	N
Ericaceae	<i>Gaultheria sp.</i>		Ar	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Ericaceae	<i>Bejaria glauca Bonpl</i>	Fragua	Ar	N
	<i>Cavendishia bracteata (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.)</i>	Arnalulo	Ar	N
Ericaceae	<i>Hoerold</i>		A	N
Lauraceae	<i>Nectandra sp</i>	Uraco	Ar	N
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G. Don</i>	Palo rosa	Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia chlorocarpa Cogn.</i>	Amarillo	Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia orcheotoma Naudin</i>	Amarillo	Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia theaezans (Bonpl.) Cogn.</i>	Amarillo	Ar	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina grossa (L. f.) Cogn.</i>	Amarillo	Ar	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina mollis (Bonpl.) Cogn</i>	Pucasacha – Siete cueros	Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia sp</i>	Amarillo	Ar	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Myricaceae	<i>Myrica pubescens</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		Ar	N
Myrsinaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze		Ar	N
Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> (Kunth) McVaugh	Arrayansiyo	Ar	I
Pentaphylacaceae	<i>Freziera canescens</i> Bonpl.	Motilón silvestre	Ar	N
Poaceae	<i>Chusquea</i> sp	Carrizo	A	I
Polygalaceae	<i>Monnina aestuans</i> (L. f.) DC.	Ivilán	Ar	N
Polygalaceae	<i>Monnina arborescens</i> Ferreyra	Ivilán	Ar	N
Primulaceae	<i>Geissanthus serrulatus</i> Mez	Charmolán	A	N
Rosaceae	<i>Hesperomeles glabrata</i> Kunth	Cerote	A	N
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Majua	A	N



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia Kunth</i>	Cafecillo	A	N
Rubiaceae	<i>Palicourea flavescens Kunth</i>		A	N
Solanaceae	<i>Solanum sp</i>		Ar	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En esta zona de vida la riqueza de la vegetación fue mayor, se encontraron un total de 31 familias, 40 géneros y 54 especies; las familias más representativas para esta zona son Ericaceae y Asteraceae con cinco y tres géneros respectivamente. Las especies de las familias Ericaceae como *Disterigma acuminatum*, *Macleania rupestris* y *Gaultheria cordifolia* son especies nativas de este tipo de bosque, de la misma forma como las especies del genero *Weinmannia* de la familia Cunoniaceae cuyas poblaciones se han visto disminuidas por la tala del bosque ya que su madera es muy aprovechada como combustible natural, en la elaboración de productos y la construcción. Las familias, Araliaceae y Melastomataceae, están representadas con dos géneros y las restantes poseen un género cada una, ver Figura 71. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.

Las especies más comunes Figura 72. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Rio Pasto. dentro de cada unidad de muestreo son *Weinmannia rollottii*, con una frecuencia relativa de 0.061 y *Miconia theaezans* y *Hedyosmun translucidum* con 0.053 y 0.046 respectivamente, los valores de frecuencia relativa de estas tres primeras especies son los más altos, reflejando el dominio de estas. Con respecto a los demás valores en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 54, se muestran en la figura de frecuencias relativas relacionada más adelante. Aquí se debe tener en cuenta



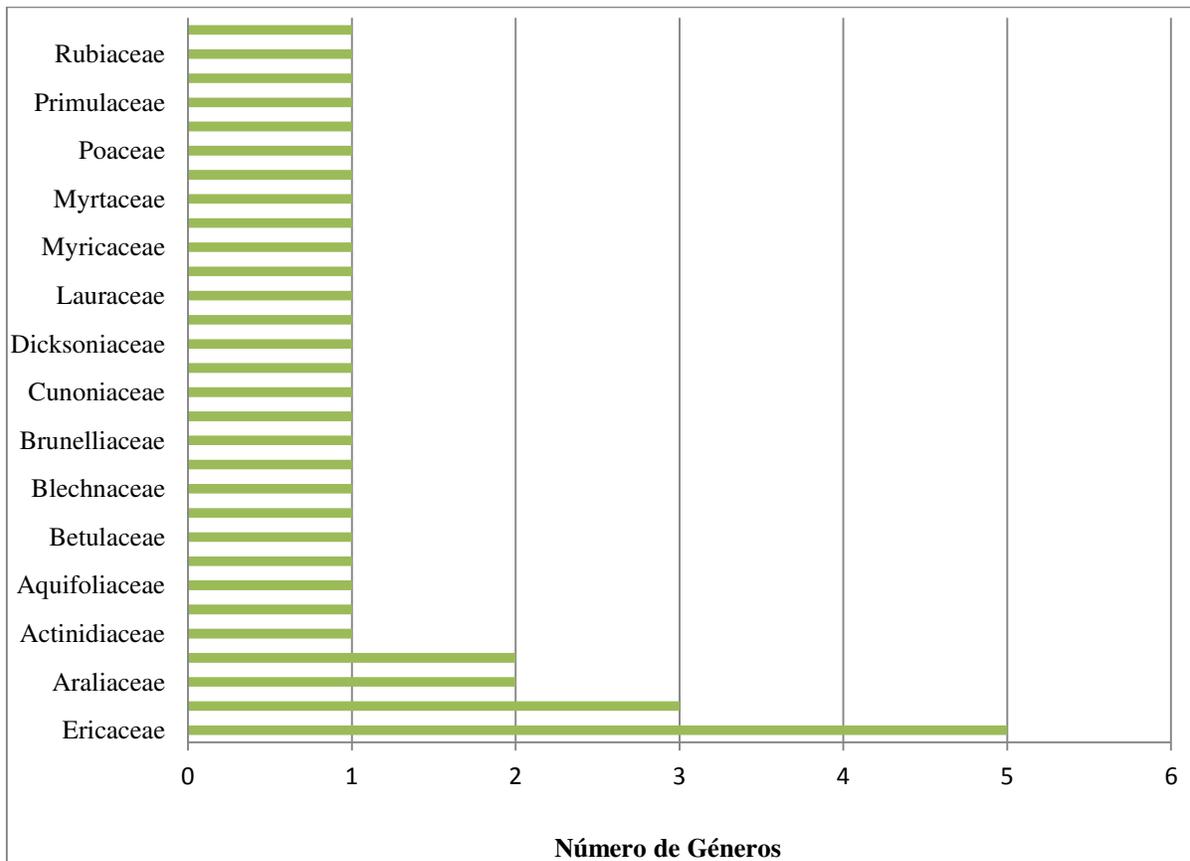
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

que los valores de las frecuencias dependen mucho del tamaño de la parcela ya que las parcelas más grandes permiten una mejor diferenciación de la frecuencia de las especies menos abundantes.

Aquí se puede observar que la mayoría de especies tienen una distribución regular, ya que en la mayoría de las unidades de muestreo se encuentran individuos de las especies aquí mencionadas.

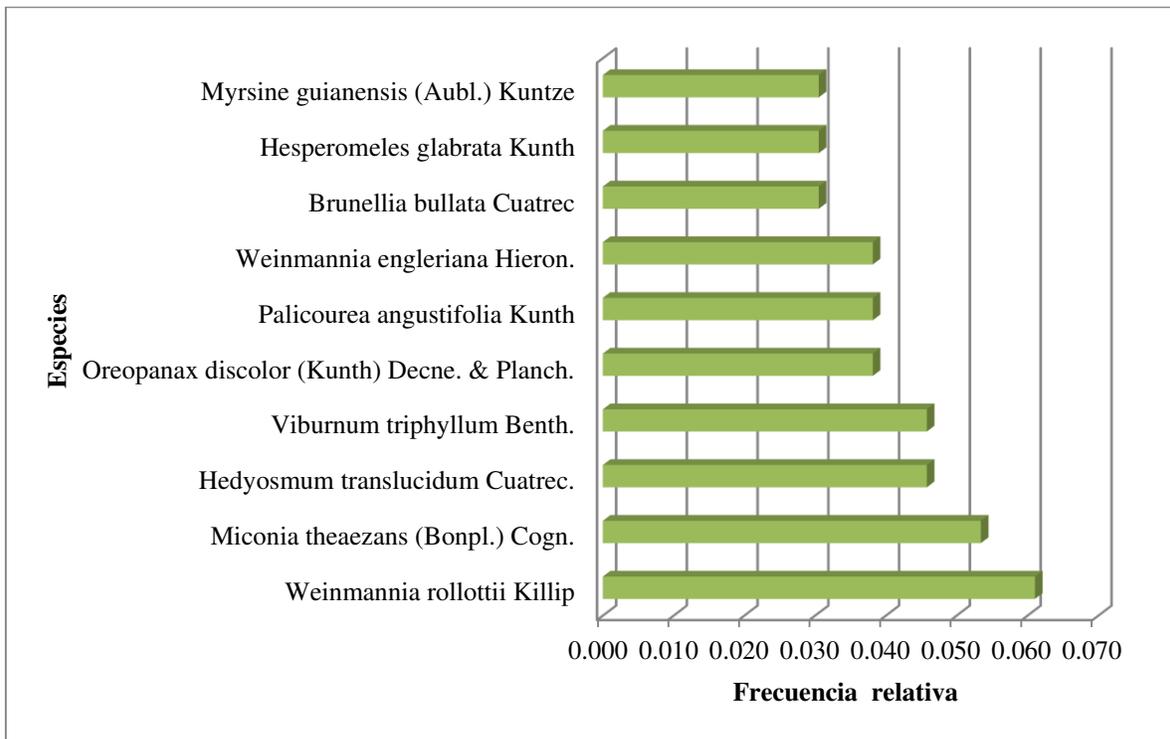
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 71. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 72. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Rio Pasto.



De igual forma las especies de tipo arbóreas que presentaron mayor abundancia en esta zona de vida fueron: *Weinmannia rollottii*, con una densidad relativa de 0.11, *Hedyosmum translucidum* y *Viburnum triphyllum* con 0,07 y 0,06 respectivamente; las cuales representan el 35 % de importancia dentro de esta variable. Los demás valores en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 54, se muestran en la figura de

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

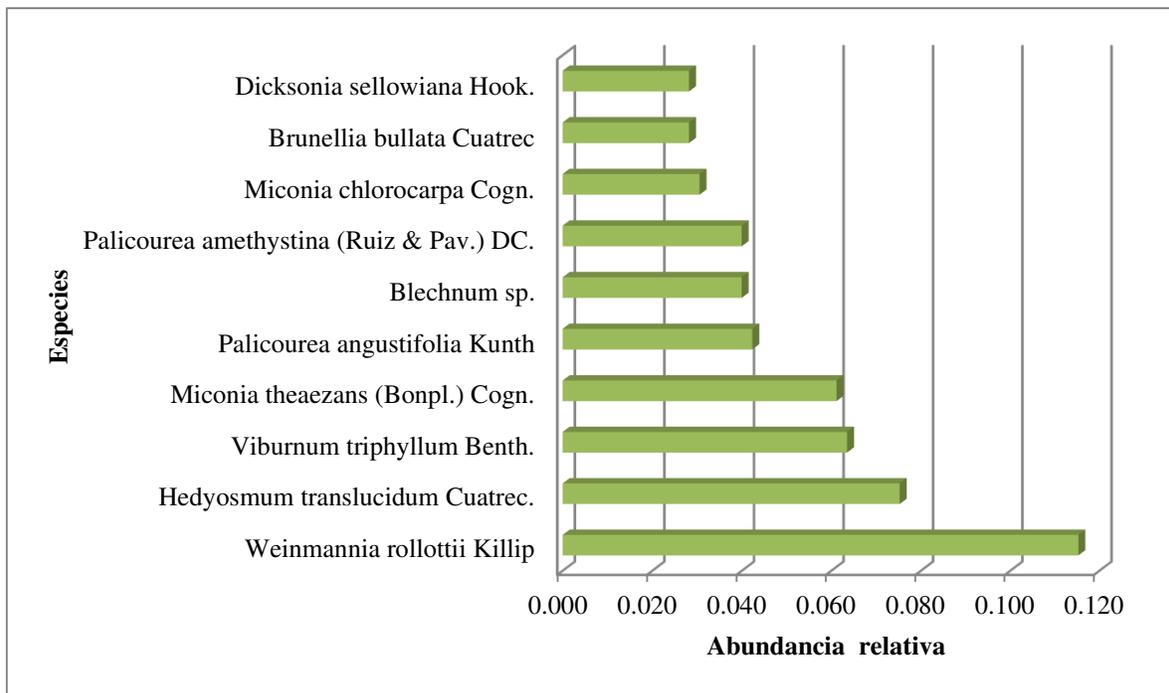
abundancias relativas, ver Figura 73. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto. Las demás especies fuera de las 10 nombradas en la figura de abundancias relativas, tienen un número relativamente bajo de individuos en la zona de vida estudiada.

Entre las especies que presentaron menor número de individuos están *Cyathea sp*, *Disterigma acuminatum*, *Gaultheria cordifolia* y *Diplostephium tabanense* las cuatro con una abundancia relativa de 0.0024.

Las 10 primeras especies, ver Figura 74, dominantes en la zona de vida de Bosque Húmedo Montano coinciden con los resultados de frecuencia y abundancia donde, *Miconia theaezans* y *Hedyosmum translucidum* presentaron el valor más alto con 0.129 de dominancia, seguidos de *Brunellia bullata* y *Weinmannia rollottii* con 0.127 y 0.081 respectivamente, en este sentido estas especies están ejerciendo un mayor control en la comunidad influenciando en la ausencia, presencia y éxito de otras especies a través de las relaciones directas o indirectas en la formación de microhabitats. Estas especies dominantes se hallan en el estrato superior de la fitocenosis y tienen la habilidad de competir exitosamente en todos los estratos de sucesión mientras la vegetación permanezca estable.

Figura 73. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano.

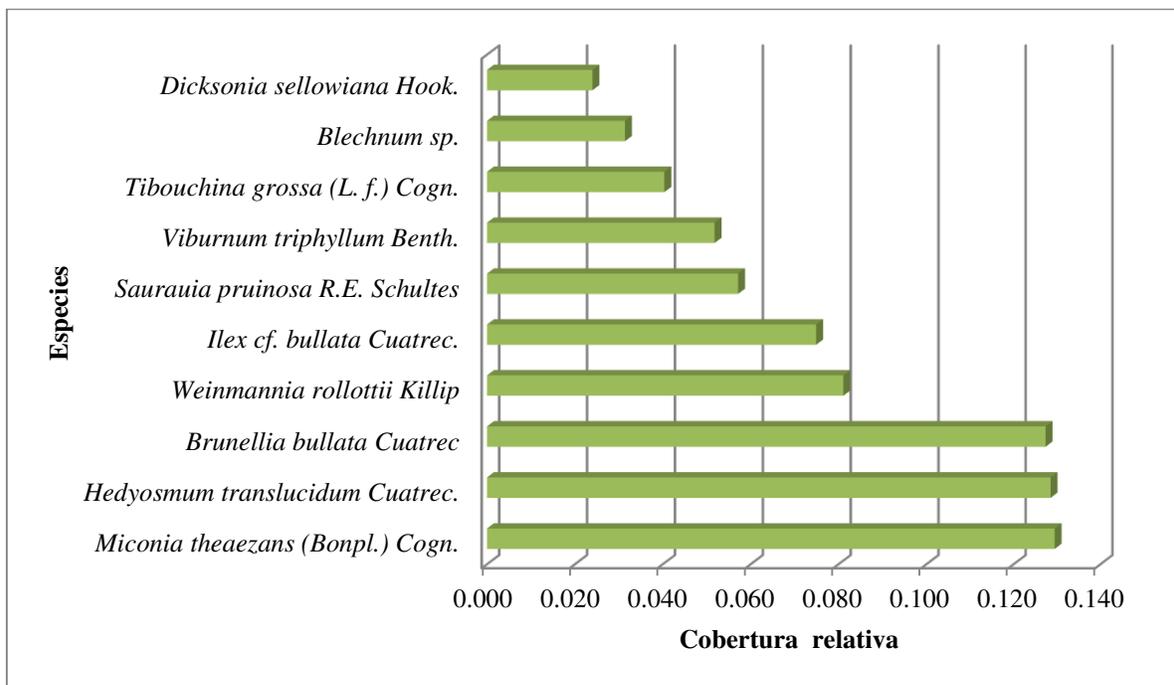
Rio Pasto.



La altura promedio de la vegetación arbórea encontrada en la zona de vida Bosque húmedo-montano fue de 6.17, para en rango de altura de 3-10 metros, las especies de las familias Melastomataceae, Cunoniaceae y Chlorantaceae presentaron la mayor altura alcanzando los 10 metros, ver Figura 75.

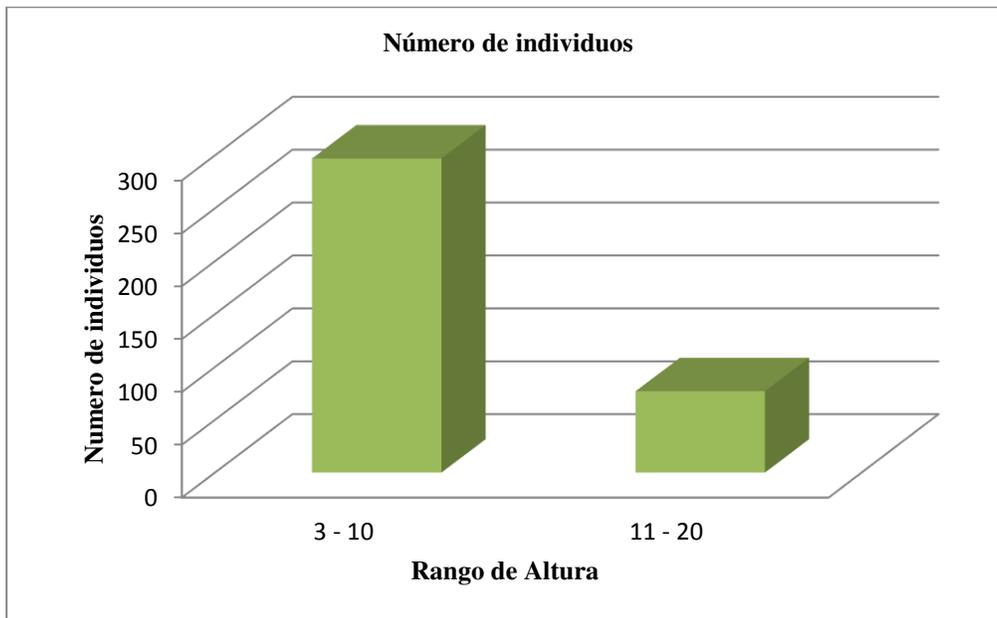
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 74. Cobertura relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Pasto.



Para el rango de altura de 11-20 metros el promedio de altura fue de 13.87 metros, en este rango la especie *Brunellia bullata* fue la que presento la mayor altura en este caso 20 metros, en este rango podemos destacar las alturas de las especies de las familias Cunoniaceae, Chlorantaceae y Araliaceae las cuales alcanzan alturas de entre los 16 y 18 metros.

Figura 75. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Bosque Húmedo montano. Rio Pasto.



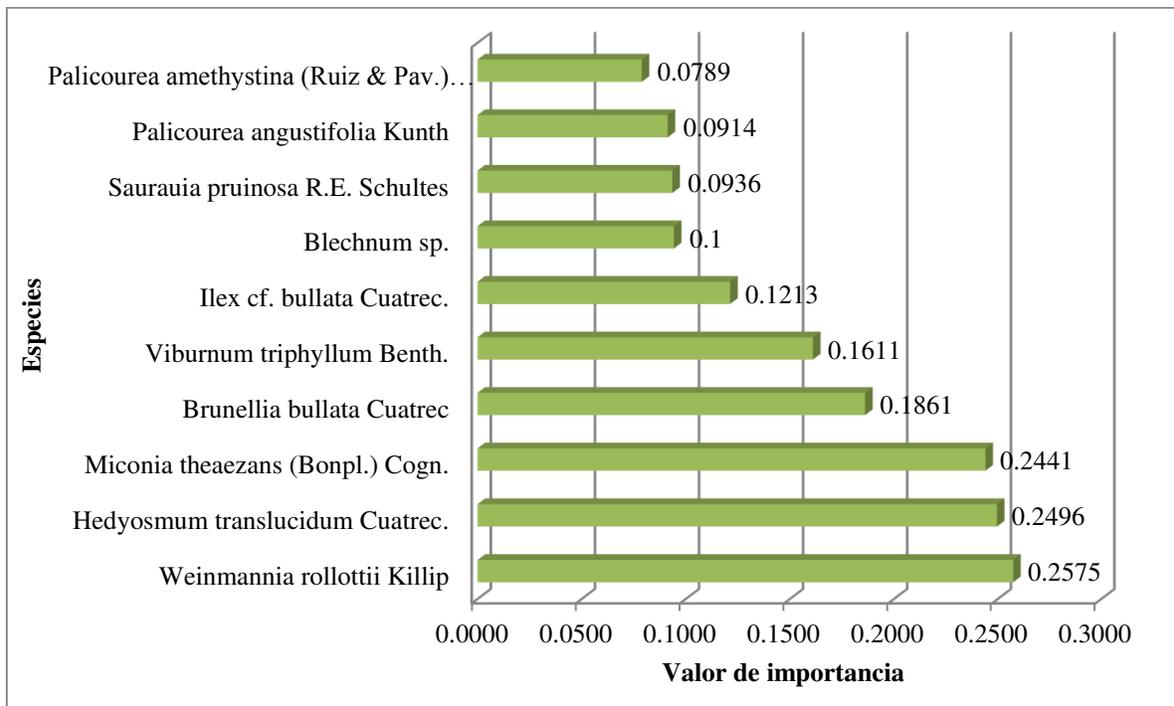
4.3.2.3 Índice de valor de importancia.

En la Figura 76, se observa los porcentajes del IVI, alcanzado por las 10 primeras especies dentro de la zona de vida de Bosque humedo-montano, para este caso la especie *Weinmannia rollottii* es la especie mas importante ecologicamente, cuyo IVI alcanzo un valor de 0.25. le siguen en orden de importancia *Hedyosmum translucidum* y *Miconia theaezans* con un IVI de 0.24, *Brunellia bullata* con 0.32, *Viburnum triphyllum* con 0.16, *Ilex cf.*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Bullata 012 y *Blechnum* sp. Con un IVI de 0.1 Estas 10 especies ocupan el 50% de importancia ecologica dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de vegetacion dentro del bosque.

Figura 76. Valor de importancia de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano, Rio Pasto.



4.3.3 Bosque seco montano bajo.

4.3.3.1 Fisionomía.

En esta zona se resalta la presencia de árboles de gran porte, principalmente especies usadas para reforestación o protección riberena como *Alnus acuminata* Kunth, *Eucalyptus globulus* Labill; y especies invasoras o arvenses pertenecientes a la familia Fabaceae principalmente, las cuales son típicas de esta zona de vida, ya que por su condición de oportunismo aprovechan los claros para colonizar.

4.3.3.2 Composición florística.

Para la zona de vida 3, se identificó un total 18 especies contenidas en 32 géneros y 13 familias como se observa en la Tabla 66 y Figura 77.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 66. Composición florística Zona de vida 3 – Bosque Seco Montano Bajo.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra L.</i>	Sauco	A	N
Asteraceae	<i>Verbesina arborea Kunth</i>	Velo	Ar	N
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i>	Chilca	Ar	N
Asteraceae	<i>Asteraceae</i>		Ar	N
Asteraceae	<i>Ambrosia arborescens Mill</i>		Ar	N
Betulaceae	<i>Alnus acuminata Kunth</i>	Aliso	A	I
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans Griseb.</i>	Quillotocto	A	N
Caricaceae	<i>Vasconcellea cundinamarcensis</i> <i>V.M. Badillo</i>	Chilacuán	Ar	N
Cupressaceae	<i>Cupressus sp.</i>	Ciprés	A	I

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Euphorbiaceae	<i>Euphorbia laurifolia</i> Juss. ex Lam.	Piyo	Ar	N
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L	Higuerilla	Ar	N
Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Acacia	A	I
Fabaceae	<i>Mimosa quitensis</i> Benth.		Ar	N
Fabaceae	<i>Dalea coerulea</i> (L. f.) Schinz & Thell.		Ar	N
Fabaceae	<i>Mimosa</i> sp.		Ar	N
Fabaceae	<i>Senna pistaciifolia</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby	Pichuelo	Ar	N
Lamiaceae	<i>Lepechinia vulcanicola</i> J.R.I. Wood		A	N
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp.		A	N
Lamiaceae	<i>Salvia</i> sp. 2		Ar	N
Lauraceae	<i>Lauraceae</i> indet.		A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

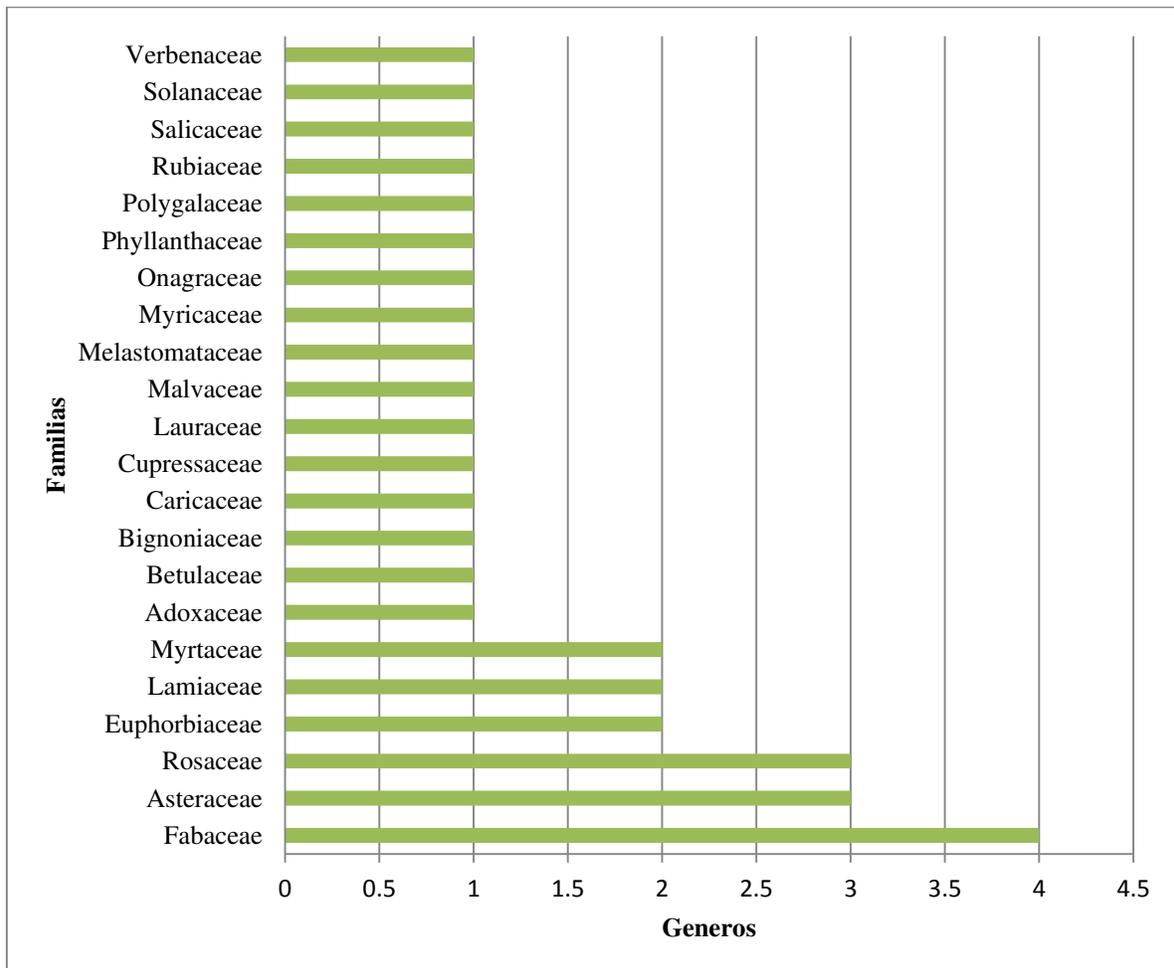
Malvaceae	<i>Hibiscus sp</i>		Ar	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina mollis (Bonpl.) Cogn.</i>	Pucasacha – Siete Cueros	Ar	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina sp.</i>		A	N
Melastomataceae	<i>Melastomataceae</i>		Ar	N
Myricaceae	<i>Morella pubescens (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur</i>	Laurel de Cera	Ar	N
Myrtaceae	<i>Myrcianthes rhopaloides (Kunth) McVaugh</i>	Arrayansiyo	Ar	N
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus Labill.</i>	Eucalipto	A	I
Onagraceae	<i>Fuchsia dependens Hook.</i>	Zarcillejo	Ar	N
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus salviifolius Kunth</i>		Ar	I
Polygalaceae	<i>Monnina aestuans (L. f.) DC.</i>	Ivilán	Ar	N
Rosaceae	<i>Prunus serotina Ehrh.</i>	Capulí	Ar	N
Rosaceae	<i>Hesperomeles glabrata Kunth</i>	Cerote	Ar	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Rosaceae	<i>Rubus sp.</i>		Ar	N
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia Kunth</i>	Cafecillo	A	N
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana Willd.</i>	Sauce llorón	A	I
Solanaceae	<i>Solanum sp.</i>		Ar	N
Solanaceae	<i>Solanaceae indet. 2</i>		Ar	N
Solanaceae	<i>Solanaceae indet. 1</i>		Ar	N
Verbenaceae	<i>Lantana sp</i>		Ar	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

Figura 77. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.

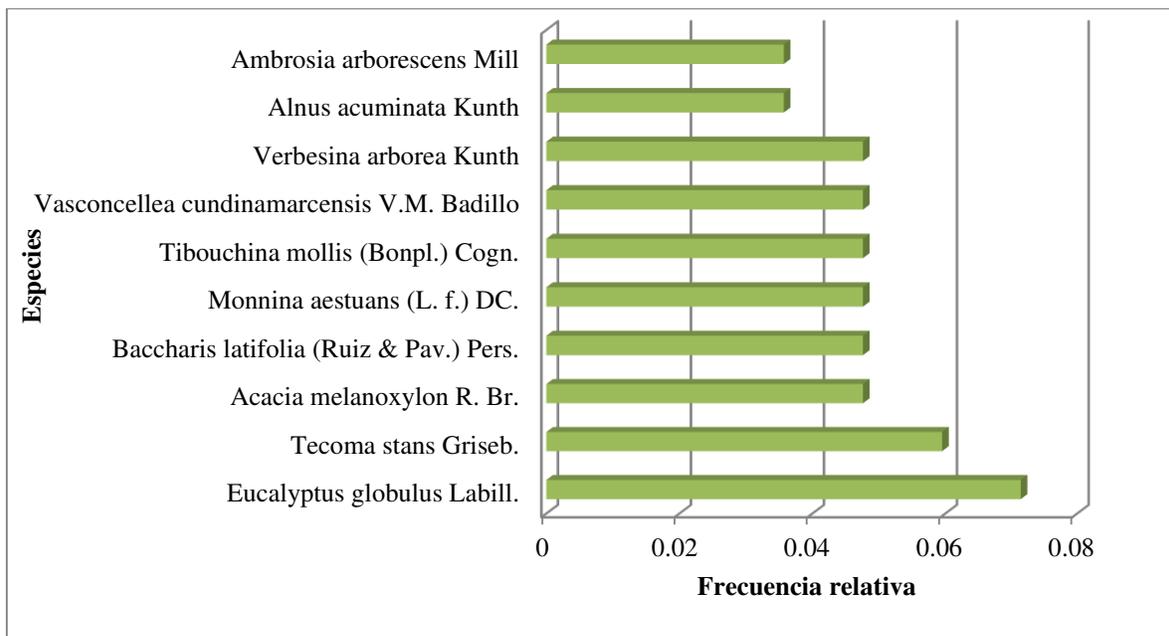


Las especies más comunes dentro de cada unidad de muestreo son *Eucalyptus globulus* con una frecuencia relativa de 0.071, *Tecoma stans* con 0.059 y *Acacia melanoxylon*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

y *Baccharis latifolia* con una frecuencia de 0.047, los valores de frecuencia relativa de estas cuatro primeras especies son los más altos, reflejando el dominio de estas con respecto a los demás valores en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 38, se muestran en la Figura 78, de frecuencias relativas relacionada más adelante. Aquí se debe tener en cuenta que los valores de las frecuencias dependen mucho del tamaño de la parcela ya que las parcelas más grandes permiten una mejor diferenciación de la frecuencia de las especies menos abundantes.

Figura 78. Frecuencia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Aquí se puede observar que la mayoría de especies tienen una distribución regular y agregada, ya que en la mayoría de las unidades de muestreo se encuentran individuos de las especies nombradas pero se encuentran de forma agregada ya que estas 4 especies han sido utilizadas para la reforestación en las riveras del río, lugares donde se realizó el muestreo de la vegetación.

De igual forma las especies de tipo arbóreas que presentaron mayor abundancia en esta zona de vida fueron: *Alnus acuminata* con una abundancia relativa de 0.32, *Eucalyptus globulus* con 0.15 y *Acacia melanoxylon* con 0.092 y *Baccharis latifolia* con una abundancia relativa de 0.049 las cuales representan el 60 % de importancia dentro de esta variable. Los demás valores en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 38, se muestran en la Figura 79. Abundancia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Río Pasto.

Las demás especies fuera de las 10 nombradas, tienen un número relativamente bajo de individuos en la zona de vida estudiada. Entre las especies que presentaron menor número de individuos están *Senna pistaciifolia*, *Sambucus nigra*, y *Prunus serotina* con una abundancia relativa de 0.002. Las 10 primeras especies, ver Figura 80, dominantes en la zona de vida de Bosque Seco Montano Bajo, coinciden con los resultados de frecuencia y

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

abundancia donde, *Eucalyptus globulus*, presento una cobertura relativa de 0.45, *Alnus acuminata*, 0.21 y *Acacia melanoxylon* con una cobertura de 0.15, en este sentido estas especies están ejerciendo un mayor control en la comunidad influenciando en la ausencia, en este caso de muchas especies nativas que pudieran estar colonizando estas zonas, para el caso de la especie *Eucalyptus globulus*, esta es una especie muy agresiva con el medio donde se está desarrollando, tiende a desecar el suelo y acidificarlo impidiendo que otras especies se desarrollen en su medio. Muchas de estas características hacen que estas especies puedan competir exitosamente en todos los estratos de sucesión.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 79. Abundancia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano
Bajo. Rio Pasto.

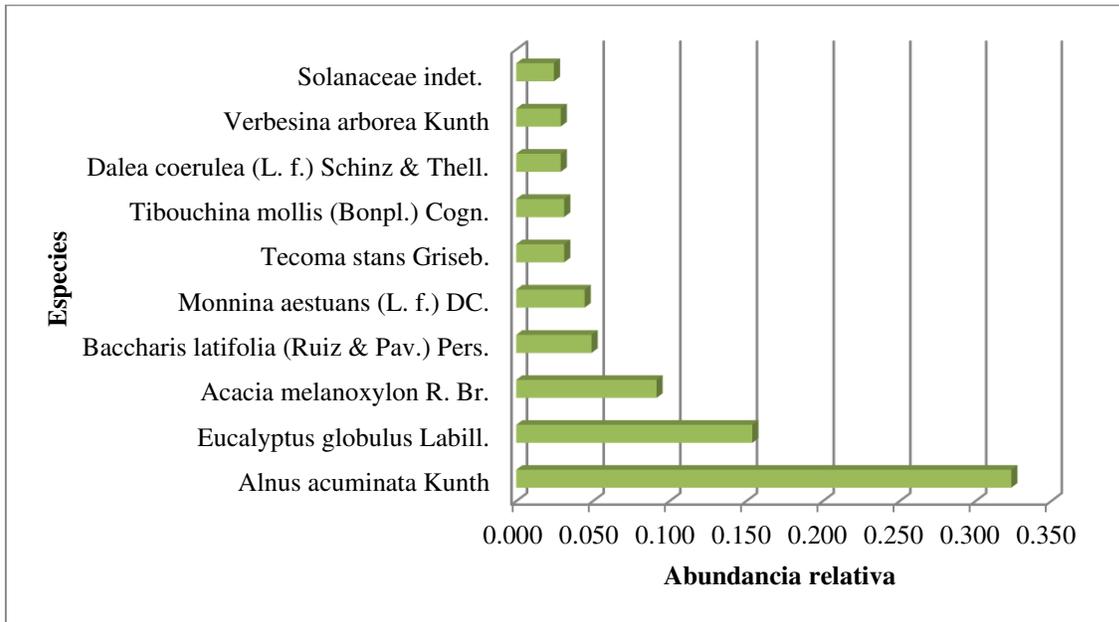
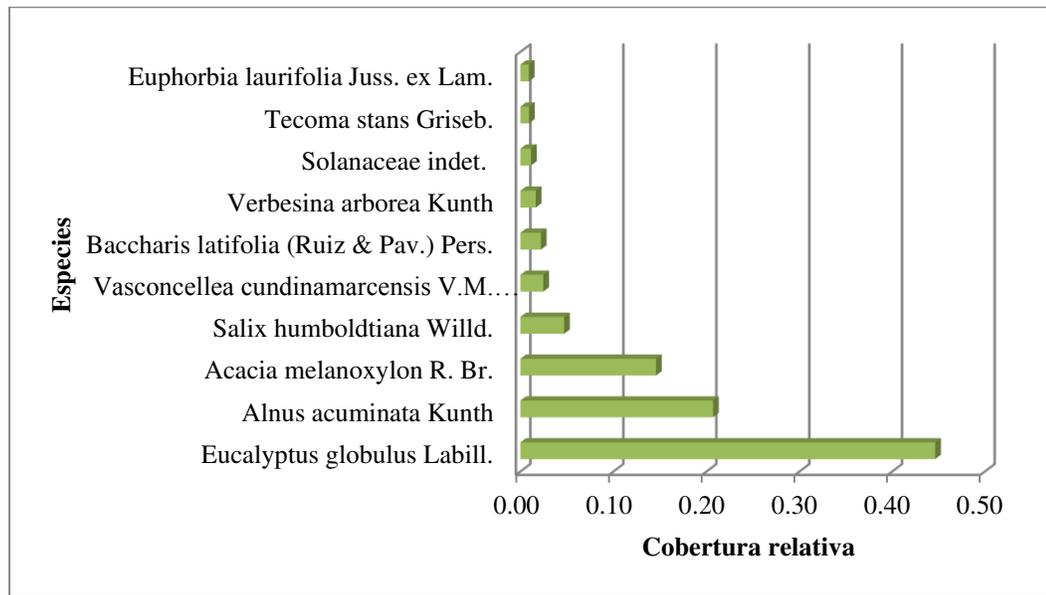


Figura 80. Cobertura relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano
Bajo. Rio Pasto.

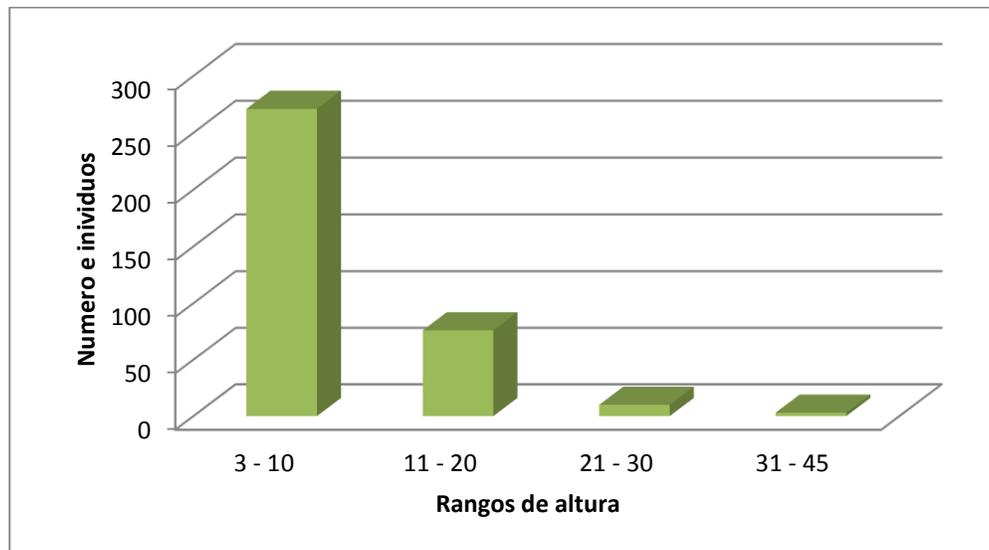


La altura promedio de la vegetación nativa encontrada en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo es de 3.77, para un rango de altura de 3-10 metros. Las especies de las familias Solanaceae y Asteraceae presentaron la mayor altura alcanzando los 8 y 10 metros respectivamente. Para el rango de altura de 11-15 solo se encontró un individuo de la familia Euphorbiaceae cuya altura fue de 14 metros, en el rango de altura de 16-20 se presentaron dos únicas especies que pertenecen a las familias Asteraceae y Caricaceae cada una con 20 metros

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

de altura en la Figura 81. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Bosque Seco montano Bajo. Rio Pasto.

Figura 81. Rango de alturas promedio de los individuos encontrados en la zona de vida de Bosque Seco montano Bajo. Rio Pasto.



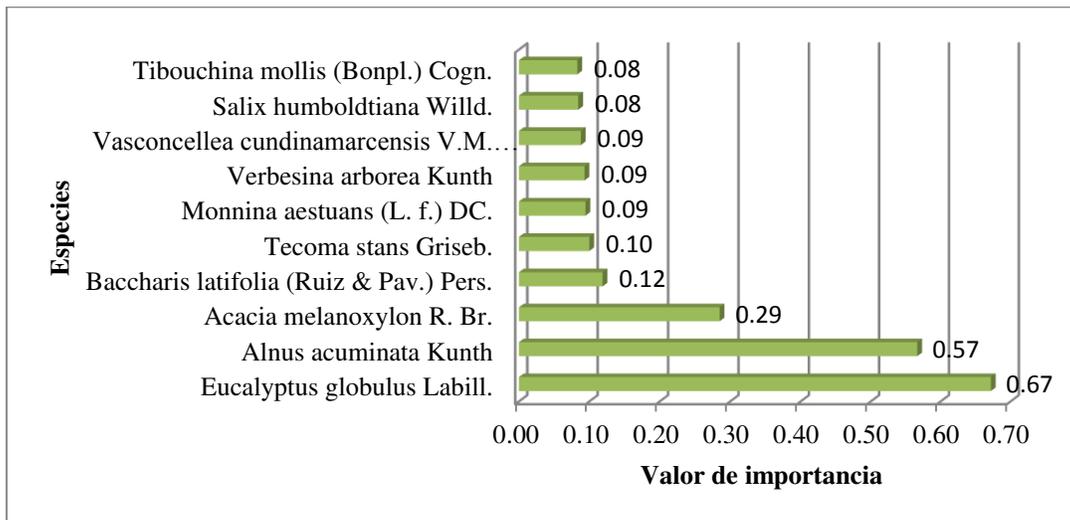
4.3.3.3 Índice de valor de Importancia

En la Figura 82. Valor de importancia de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto. se observa los porcentajes del IVI, alcanzado por las 10 primeras especies dentro de la zona de vida de Bosque Seco Montano Bajo, para este caso la especie *Eucalyptus globulus* es la especie mas importante ecologicamente, cuyo IVI alcanzo un valor de 0.67. le

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

siguen en orden de importancia *Alnus acuminata* con un IVI de 057 y *acacia melanoxylon* con un IVI de 0.29. Estas 10 especies ocupan el 89% de importancia ecologica dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de vegetacion dentro del area de muestreo.

Figura 82. Valor de importancia de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Pasto.



4.4 DELIMITACIÓN ECOSISTEMICA DE LA RONDA HÍDRICA RÍO MIRAFLORES.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

El presente estudio permitió obtener información relacionada con características fitosociológicas de las tres zonas de vida: Bosque muy Húmedo Montano (Bmh-M), Bosque Húmedo Montano (Bh-M) y Bosque Seco Montano Bajo (Bsm-B); localizadas en la cuenca alta, media y baja del Rio Miraflores, respectivamente. Así mismo, se obtuvo información acerca de la riqueza y abundancia de las especies de vegetación arbórea y arbustiva que componen la comunidad de vegetación de las diferentes zonas de estudio aquí planteadas. De igual forma, se describe la importancia ecológica de cada una de estas especies, todo esto como dato esencial para tomar decisiones en cuanto a las medidas y estrategias de restauración ecológica y conservación a futuro.

4.4.1 Bosque Muy Húmedo - Montano.

4.4.1.1 Fisionomía

Teniendo en cuenta el inventario realizado, las comunidades presentes en la Zona de vida Bosque Muy Húmedo Montano, se caracterizan por tener parches de vegetación sin diferenciación entre estrato arbóreo y arbustivo; sin embargo se resalta la presencia de árboles nativos, que pueden alcanzar hasta los 15 metros de altura, entre los que se destacan:

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Schefflera marginata y *Saurauia pruinoso*; especies que son típicas de bosques primarios. El epifitismo es bajo, lo que puede inferir una baja diversidad de musgos, licopodios, hepáticas, orquídeas y helechos.

Cabe resaltar, que esta zona presenta una alta intervención antrópica, por la existencia de sistemas agropecuarios de larga tradición en el uso de la tierra, sin embargo, se encontraron elementos florísticos de gran porte y DAP, lo cual es evidencia de prácticas selectivas para estas especies, pertenecientes a los ecosistemas que están aledaños a la zona del área protegida (P.N.N Galeras). Así mismo, se debe tener en cuenta que por manejo cultural, la comunidad interviene poco sobre los bosques de ribera, dado que en muchos casos son utilizados como linderos.

4.4.1.2 Composición Florística

Se identificaron un total de 16 familias, distribuidas en 24 géneros y 29 especies, como se observan en la Tabla 67.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 67. Composición florística zona de vida 1. Bosque muy húmedo montano.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Actinidaceae	<i>Saurauia pruinosa</i> R.E. Schultes	Moquillo	A	N
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Pelotillo	A	N
Araliaceae	<i>Oreopanax nigrum</i> Cuatrec	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Oreopanax seemannianus</i> Marchal	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Schefflera marginata</i> Cuatr	Pumamaque	A	N
Asteraceaea	<i>Ageratina fastigiata</i> (H.B.K.) King & Robinson		Ar	N
Asteraceaea	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca blanca	Ar	N
Asteraceaea	<i>Barnadesia spinosa</i> L. f.		Ar	N
Asteraceaea	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.		Ar	N
Asteraceaea	<i>Verbesina arborea</i> Kunth	Velo	Ar	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Betulaceaea	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	Ar	I
Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth		A	N
Campanalaceae	<i>Centropogon</i> sp.		Ar	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia engleriana</i> Hieron.	Encino	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	Encino	A	N
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés	A	I
Ericaceae	<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	Mortiño	Ar	N
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	Chaquilulo	Ar	N
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Palo rosa	A	N
Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana		Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Amarillo	A	N
Melastomataceae	<i>Miconia orcheotoma</i> Naudin	Amarillo	A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

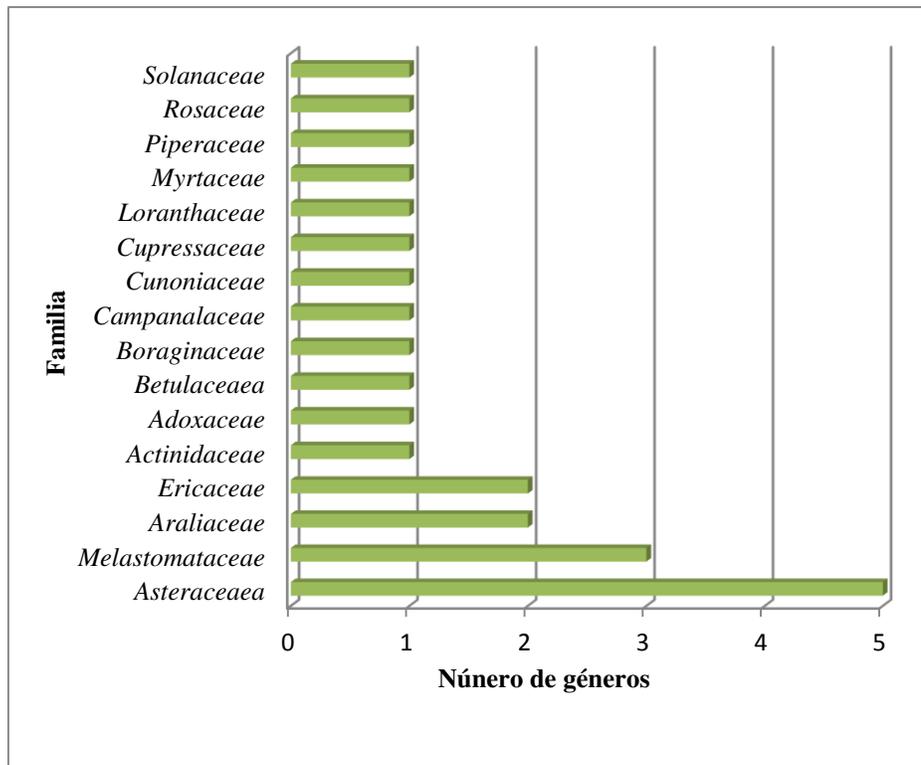
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp	Amarillo	A	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina mollis</i> (Bonpl.) Cogn	Siete cueros – Pucasacha	Ar	N
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	A	I
Piperaceae	<i>Piper nubigenum</i> Kunth		Ar	N
Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	Mora silvestre	Ar	N
Solanaceae	Solanaceae indet.		Ar	N
Solanaceae	<i>Solanum asperolanatum</i> Ruiz & Pav		Ar	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

De las 16 familias botánicas identificadas para esta zona, las familias representadas con el mayor número de géneros son Asteraceae y, Melastomataceae, con 5 y 3 respectivamente, destacando a Miconia de esta última; seguido de las familias Araliaceae y Ericaceae, cada una con 2 géneros; y el resto de familias que solo tienen un género, lo que permite destacarlas como parte esencial en la estructura del bosque Figura 83.

Figura 83. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Río Miraflores.

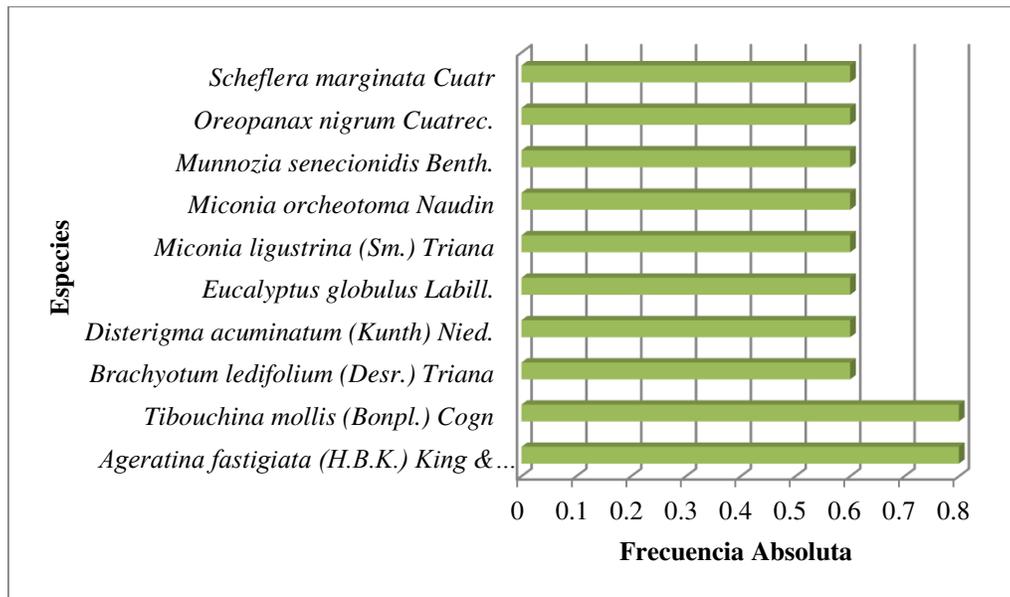


CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La familia Araliaceae, está representada por dos especies dentro de las cuales están: *Oreopanax nigrum* Cuatrec, y *Schefflera marginata* Cuatr; estas dos son comunes, e indicadoras de bosques primarios, así como también se las puede encontrar en bosques secundarios intervenidos en diferentes estados de sucesión, la frecuencia de estas especies dentro de este tipo de zona de vida fue la más baja Figura 84, esto requiere prestar una atención rápida para plantear estrategias de conservación de estas especies, ya que pueden estar siendo sobre explotadas para diferentes actividades de índole rural.

Figura 84. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque muy húmedo montano.

Río Miraflores.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las especies *Ageratina fastigiata* (H.B.K.) King & Robinson y *Tibouchina mollis* (Bonpl.) Cogn, presentan una frecuencia relativa de 0.8, la más alta dentro de esta zona de vida, siendo también típicas de este tipo de bosque y encontrándose en el mismo grado de sucesión y estrato (arbustivo). Las familias a las que pertenecen estas especies, se encuentran representadas por tres o más géneros dentro de este tipo de zona de vida.

Las especies que presentaron mayor cobertura, ver La altura promedio de la vegetación nativa encontrada en la zona de vida Bosque muy húmedo montano bajo fue de 5.62 metros. Siendo la especie *Verbesina arborea* Kunth con 9.6 m, la que presentó la mayor altura; caso contrario presentó la especie *Miconia orcheotoma* Naudin con 3.6 metros, la cual fue la especie que presentó la menor altura dentro de este tipo de zona de vida. La altura de las especies restantes se pueden observar en la gráfica de rango de alturas

Figura 87. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores.

Figura 85. Cobertura relativa de las especies encontradas en la zona de vida de Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores. fueron *Verbesina arborea* Kunth, con un porcentaje de 59.329 y *Tibouchina mollis* (Bonpl.) Cogn con 31.837, esto se debe a que estas especies tienen una mayor ramificación y amplitud con respecto a las demás; así mismo, *Tibouchina*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

mollis (Bonpl.) Cogn, es la especie que presentó la mayor densidad o abundancia relativa (80) para esta zona de vida; seguida de *Verbesina arborea* Kunth con (55), ver

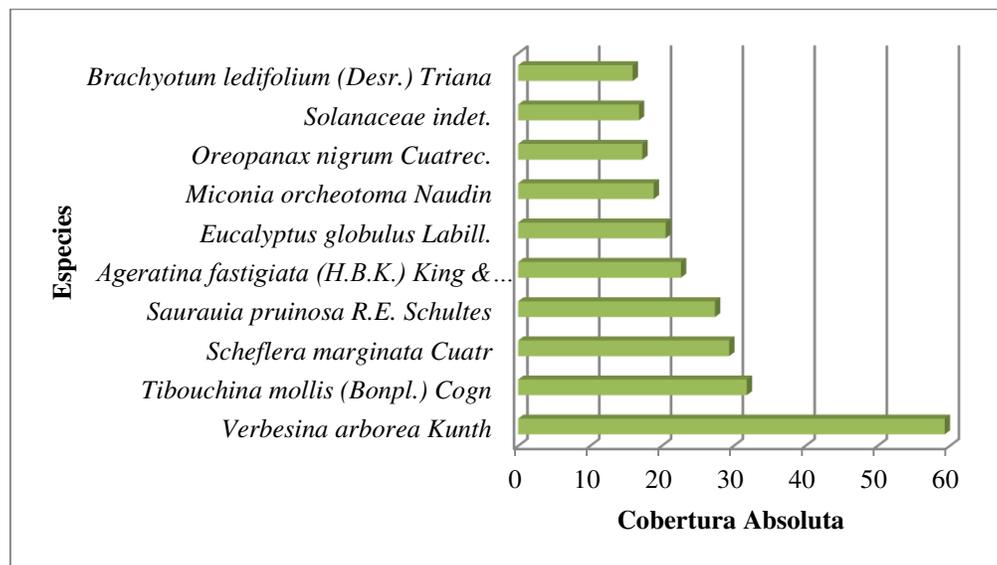
Figura 86. Densidad relativa de las especies encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores. En conclusión se puede decir que estas dos especies ocupan los primeros lugares tanto en cobertura como en densidad.

La altura promedio de la vegetación nativa encontrada en la zona de vida húmedo montano bajo fue de 5.62 metros. Siendo la especie *Verbesina arborea* 9.6 m, la que presentó la mayor altura; caso contrario presentó la especie *Miconia orcheotoma* Naudin con 3.6 metros, la cual fue la especie que presentó la menor de este tipo de zona de vida. La altura de las especies restantes se pueden observar gráfica de rango de alturas

Figura 87. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 85. Cobertura relativa de las especies encontradas en la zona de vida de Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 86. Densidad relativa de las especies encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores.

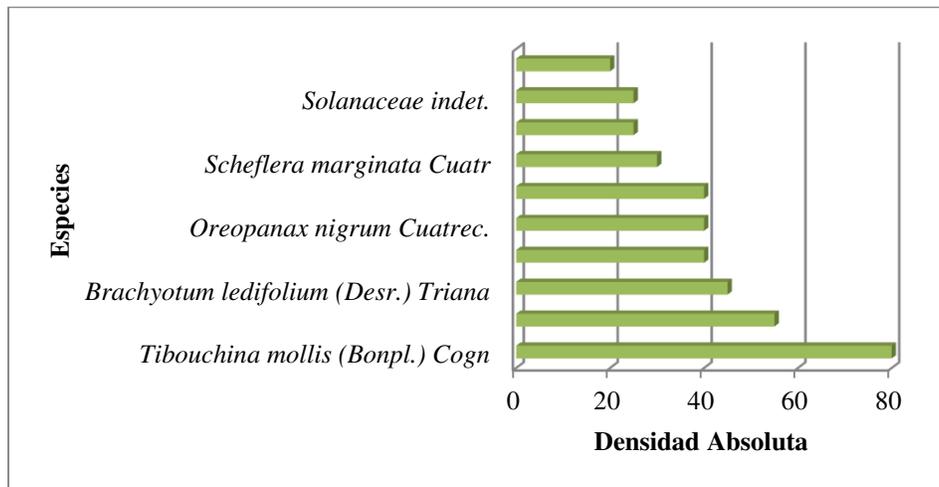
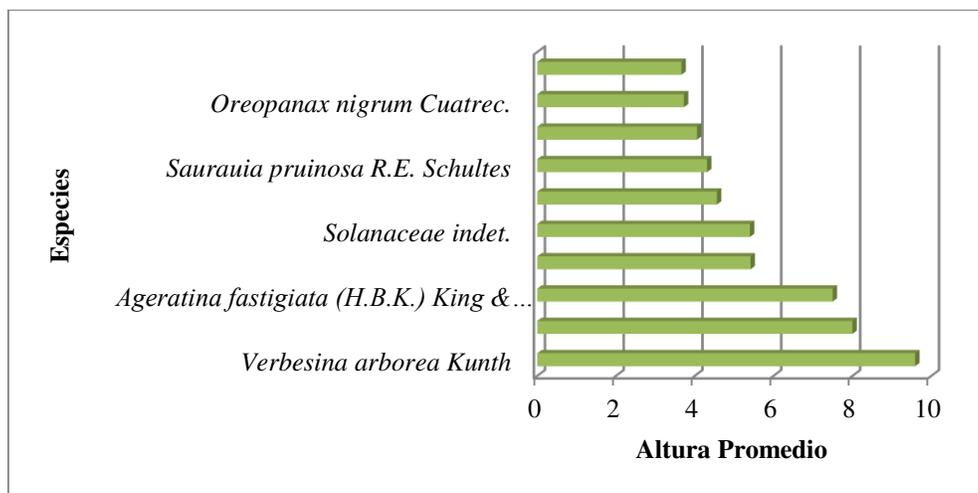


Figura 87. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida Bosque muy húmedo montano. Rio Miraflores.



4.4.1.3 Índice de Valor de Importancia.

En la

Figura 88. Valor de importancia de las especies encontradas en la zona de vida (Bmh-M), Río Miraflores. se observan los porcentajes de IVI, alcanzados por las especies dentro de la zona de vida de Bosque muy húmedo montano, para este caso la especie *Verbesina arborea Kunth*, es la especie mas importante ecológicamente, cuyo IVI alcanzó un valor de 0.282, le siguen en orden de importancia *Tibouchina mollis* (Bonpl.) Cogn con un IVI de 0.263, *Schefflera marginata* con 0.166, *Saurauia pruinosa* R.E. Schultes con 0.162, y *Ageratina fastigiata* (H.B.K.) con 0,156 respectivamente. Estas son las especies que ocupan mas del 70% de importancia ecológica dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de la vegetacion estudiada, ver Figura 89.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 88. Valor de importancia de las especies encontradas en la zona de vida (Bmh-M),
Río Miraflores.

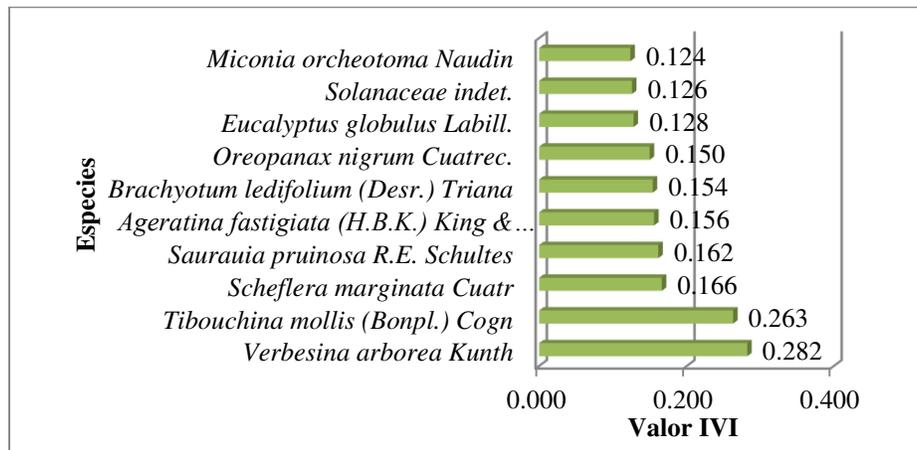
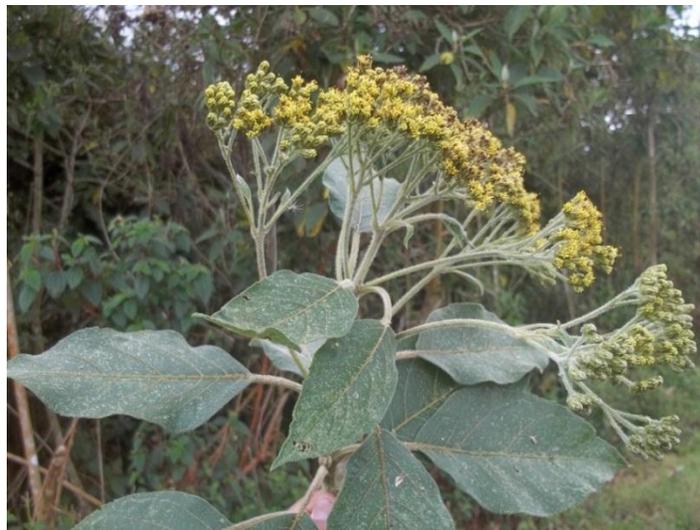


Figura 89. Especie de mayor IVI en la zona de vida Bosque muy húmedo montano.
(*Verbesina arborea*).



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Las 5 especies restantes encontradas en la zona, presentan un IVI inferior a 0.156, las cuales requieren mas estudios (a excepción de *Eucaliptus globulus* labill, por ser introducida) en cuanto al porque de su baja abundancia, frecuencia y dominancia.

4.4.2 Bosque Humedo Montano (Bh-M).

4.4.2.1 Fisonomía.

En esta zona de vida la riqueza de la vegetación incrementó muy poco, ya que exhibió valores similares que en la zona de vida Bosque muy húmedo montano; las familias más representativas para esta zona son Asteraceae y Melastomataceae con cuatro y tres géneros respectivamente. Las especies de estas dos familias, son nativas de este tipo de bosque. Las familias, Araliaceae y Campanulaceae, están representadas con dos géneros y las restantes poseen un género cada una.

4.4.2.2 Composición florística.

Para esta zona se identificaron un total de 17 familias, distribuidas en 24 géneros y 27 especies, como se observa en la Tabla 68.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En esta zona de vida la riqueza de la vegetación incrementó muy poco, ya que exhibió valores similares que en la zona de vida Bosque muy húmedo montano; las familias más representativas para esta zona son Asteraceae y Melastomataceae con cuatro y tres géneros respectivamente. Las especies de estas dos familias, son nativas de este tipo de bosque. Las familias, Araliaceae y Campanulaceae, están representadas con dos géneros y las restantes poseen un género cada una, como se observa en la Figura 90.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 68. Composición Florística para la zona 2 – Bosque Húmedo Montano. Río Miraflores.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Araliaceae	<i>Oreopanax nigrum</i> Cuatrec.	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Oreopanax seemannianus</i> Marchal	Pumamaque liso	A	N
Araliaceae	<i>Schefflera marginata</i> Cuatr	Pumamaque	A	N
Asteraceae	<i>Ageratina fastigiata</i> (H.B.K.) King & Robinson		Ar	N
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilca blanca	Ar	N
Asteraceae	<i>Barnadesia spinosa</i> L. f.		Ar	N
Asteraceae	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.		Ar	N
Asteraceae	<i>Verbesina arborea</i> Kunth	Velo	Ar	N
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

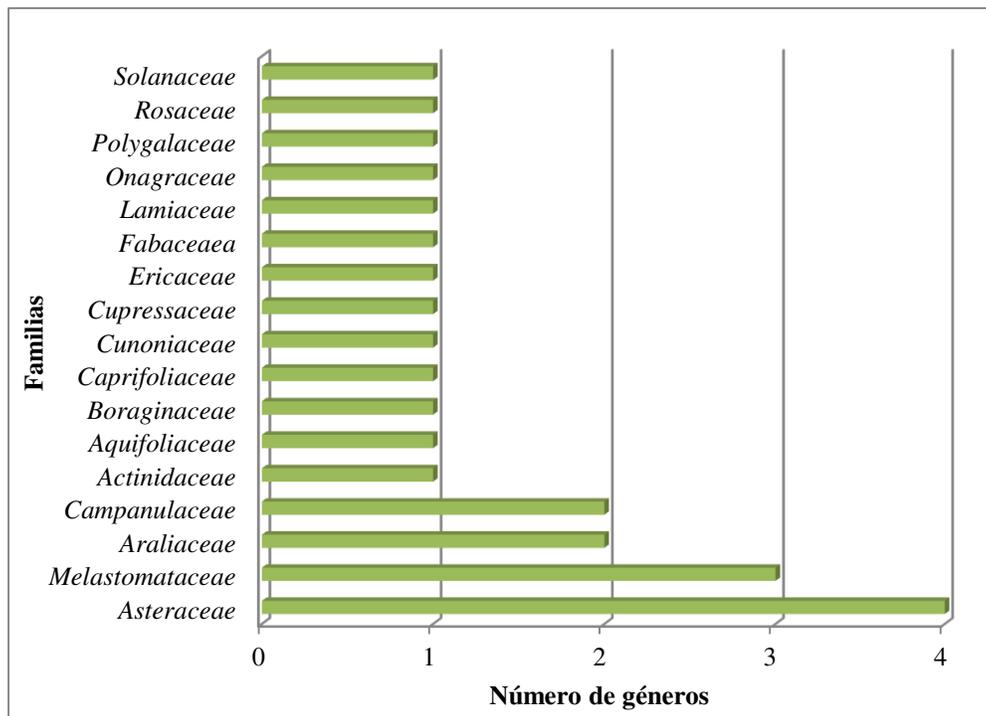
Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i> Kunth		A	N
Campanulaceae	<i>Centropogon sp.</i>		Ar	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia engleriana</i> Hieron.	Encino	A	N
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	Encino	A	N
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés	A	I
Ericaceae	<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	Mortiño	Ar	N
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	Chaquilulo	Ar	N
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don.	Palo rosa	Ar	N
Melastomataceae	<i>Brachyotum ledifolium</i> (Desr.) Triana.		Ar	N
Melastomataceae	<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	Amarillo	A	N

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Melastomataceae	<i>Miconia orcheotoma</i> Naudin	Amarillo – blanco	A	N
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp	Amarillo	Ar	N
Melastomataceae	<i>Tibouchina mollis</i> (Bonpl.) Cogn.	Siete cueros - Pucasacha	Ar	N
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	A	I
Piperaceae	<i>Piper nubigenum</i> Kunth		Ar	N
Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	Mora silvestre	Ar	N
Solanaceae	Solanaceae indet.		Ar	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

Figura 90. Número de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Miraflores.

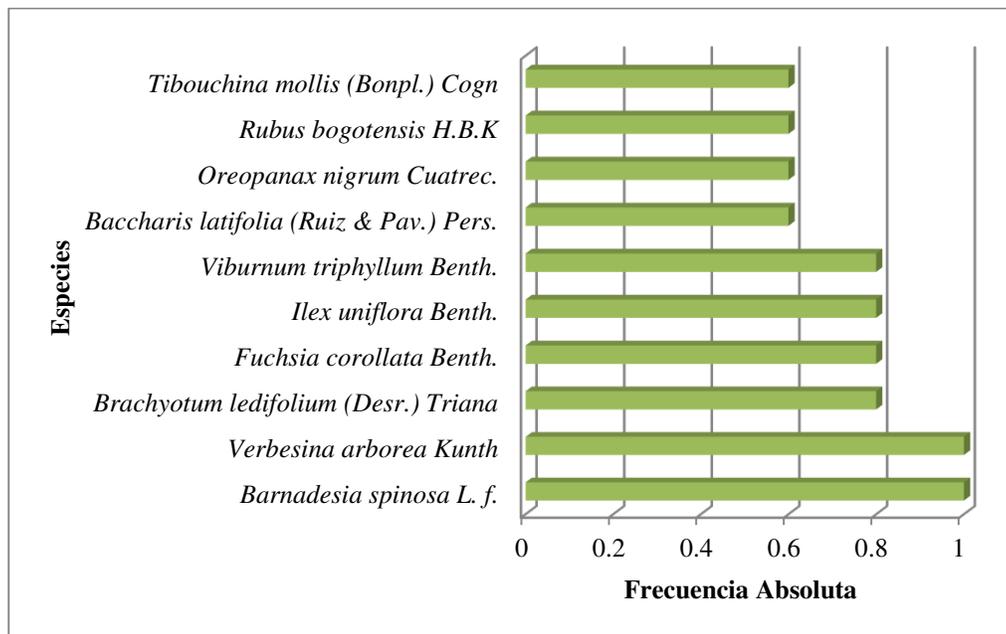


Las especies más comunes, ver Figura 91, dentro de cada transecto son *Barnadesia spinosa* L. f. y *Verbesina arborea* Kunth con una frecuencia relativa de 1, seguidas de *Brachyotum ledifolium* (Desr.) Triana, *Fuchsia corollata* Benth, *Ilex uniflora* Benth y *Viburnum triphyllum* Benth con 0.8 cada una; los valores de frecuencia relativa de estas dos primeras especies son los más altos, reflejando el dominio de las mismas dentro de la comunidad. Con respecto a las demás especies, estas registran frecuencias en orden

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

decreciente a partir de 0.8, como se muestran en la gráfica de frecuencias relativas relacionada más adelante. Se debe resaltar, que los valores de las frecuencias dependen mucho del tamaño de la parcela, ya que las parcelas más grandes permiten una mejor diferenciación de la frecuencia de las especies menos abundantes. Se puede afirmar, que la mayoría de especies tienen una distribución regular, ya que en la mayoría de las unidades de muestreo se encuentran individuos de las especies aquí nombradas.

Figura 91. Frecuencia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Rio Miraflores.



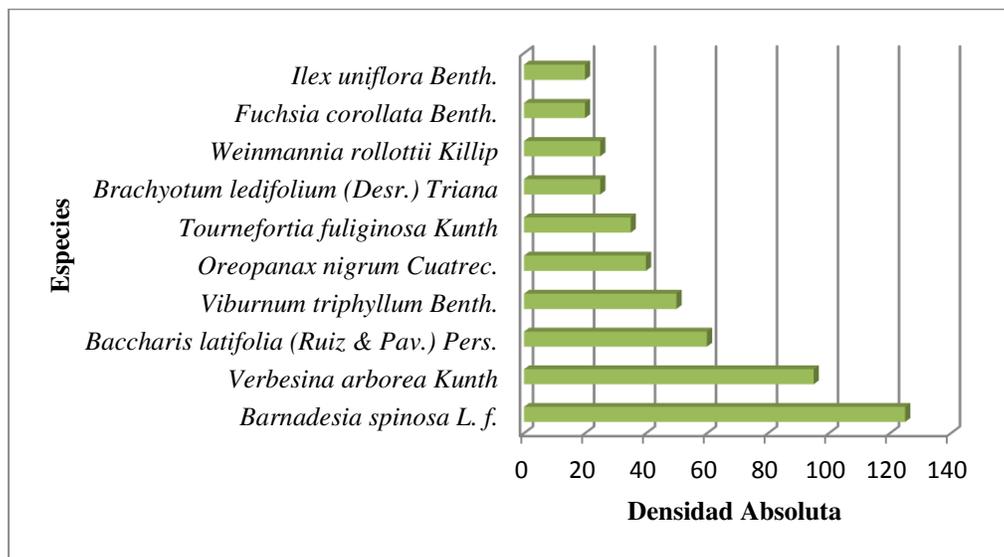
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Al igual que en la frecuencia relativa, las especies que presentaron mayor abundancia en esta zona de vida fueron: *Barnadesia spinosa* L. f. con una densidad relativa de 125 y *Verbesina arborea* Kunth con 95; seguidas de *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers y *Viburnum triphyllum* con 60 y 50 respectivamente; las cuales representan el 45 % de importancia dentro de esta variable. Los demás valores en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 27, se muestran en la gráfica de abundancias relativas, ver Figura 92. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Miraflores. Las demás especies, a parte de las 10 nombradas en la gráfica de abundancias relativas, tienen un número relativamente bajo de individuos en la zona de vida estudiada.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 92. Abundancia relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano.

Rio Miraflores.



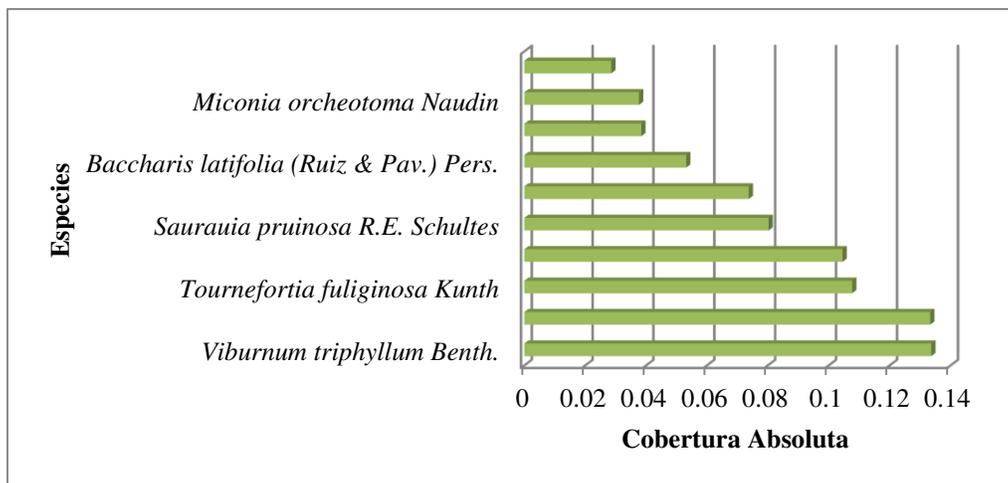
Entre las especies que presentaron menor número de individuos están *Ilex uniflora* Benth, *Fuchsia corollata* Benth y *Weinmannia rollottii*, las tres con una abundancia relativa entre 20 y 25. Cabe resaltar, que esta última especie, es esencial en la estructura de los bosques montanos de este tipo, así que posiblemente su baja densidad, puede deberse a que está siendo usada como madera o para diversos propósitos, lo que ha conllevado a la disminución de sus poblaciones.

Las 10 primeras especies, ver Figura 93, dominantes en la zona de vida de Bosque Húmedo Montano, coinciden con los resultados de frecuencia y abundancia donde,

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Barnadesia spinosa L. f. y *Viburnum triphyllum*, presentaron el valor más alto con 0.14 de dominancia, seguidas de *Verbesina arborea* Kunth y *Tournefortia fuliginosa* Kunth con 0.10, en este sentido estas especies están ejerciendo un mayor control en la comunidad influenciando en la ausencia, presencia y éxito de otras especies a través de las relaciones directas o indirectas en la formación de micro hábitats. Estas especies dominantes se hallan en el estrato superior de la fitocenosis y tienen la habilidad de competir exitosamente en todos los estratos de sucesión mientras la vegetación permanezca estable.

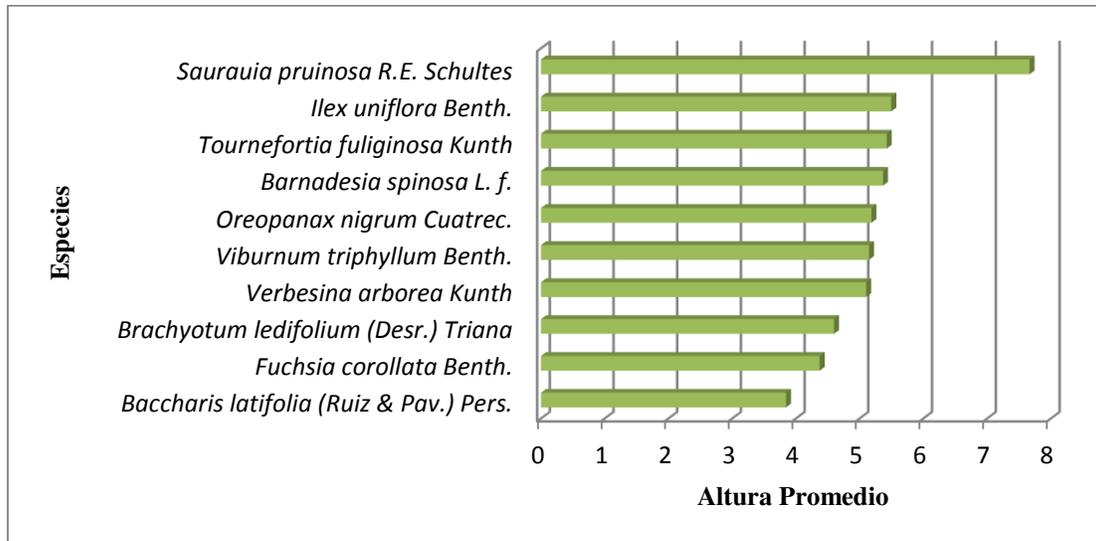
Figura 93. Cobertura relativa de las especies, zona de vida Bosque Húmedo Montano. Rio Miraflores.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

La altura promedio de la vegetación nativa encontrada en la zona de vida Bosque húmedo-montano fue de 5.2, para un rango de altura de 3 - 8 metros, la especie *Saurauia pruinoso* de la familia Araliaceae, presentó la mayor altura alcanzando los 7,6 metros; y la que presentó menor altura fue la especie *Baccharis latifolia* con 3.8m. La altura de las especies restantes se pueden observar en la Figura 94.

Figura 94. Rango de alturas promedio de las especies nativas encontradas en la zona de vida de Bosque Húmedo montano. Rio Miraflores.

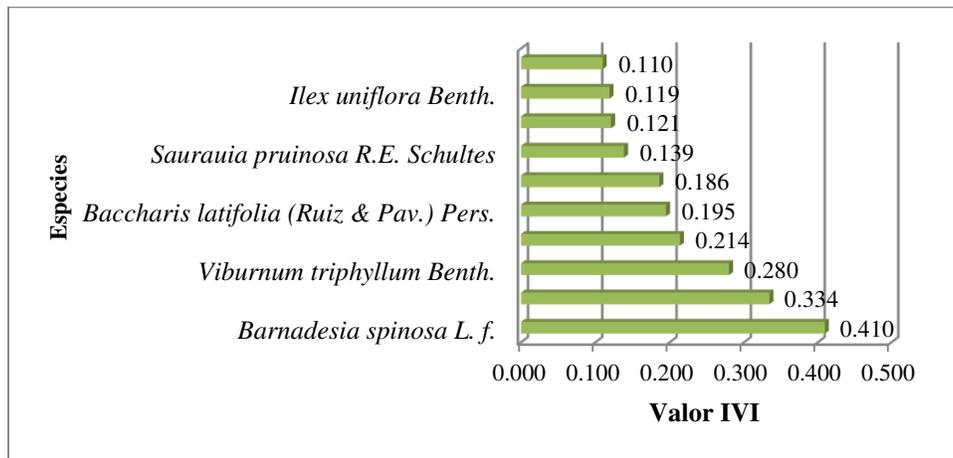


4.4.2.3 Índice de valor de Importancia.

En la Figura 95. Valor de importancia de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano. Cuenca media del Rio Miraflores. se observan los porcentajes de IVI, alcanzados por las 10 primeras especies dentro de la zona de vida de Bosque húmedo montano, para este caso, *Barnadesia spinosa* L. f. es la especie mas importante ecologicamente, cuyo IVI alcanzó un valor de 0.410; le siguen en orden de importancia *Verbesina arborea*, con un IVI de 0.334, *Viburnum triphyllum* con 0.280, Figura 96 *Tournefortia fuliginosa* con 0,214 y *Baccharis latifolia* con un IVI de 0.195. Estas 5 especies ocupan el 55% de importancia ecologica dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de vegetacion.

Figura 95. Valor de importancia de las especies, zona de vida Bosque Húmedo montano.

Cuenca media del Rio Miraflores.



4.4.3 Bosque seco montano bajo.

4.4.3.1 Fisonomía.

Entre las características representativas de esta zona de vida es importante resaltar una reducción considerable de la diversidad florística esto en gran medida a los procesos de intervención antrópica generados desde ya hace varios años, de tal manera que en comparación con las dos zonas de vida anteriores la gran mayoría de especies dominantes pertenecen a las familias Asteraceae, Fabaceae, melastomataceae con pocos representantes cada una, así mismo, se observa que la abundancia también es uno de los aspectos que se ha reducido.

4.4.3.2 Composición florística.

Para la zona de vida 3, Bosque seco montano bajo (Bsm-B) se identificaron un total 18 especies contenidas en 16 géneros y 12 familias como se observa en la Tabla 69.

Figura 96. Especie con valor alto de IVI en la zona de vida Bosque húmedo montano.

(Viburnum triphyllum).



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Tabla 69. Composición florística zona de vida 3. Bosque seco montano bajo.

Familia	Especie	Nombre Común	Estrato	Condición
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	Pelotillo	A	N
Asteraceae	<i>Verbesina arborea</i> Kunth.	Velo	Ar	N
Asteraceae	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill		Ar	N
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	A	N
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Ciprés	A	I
Fabaceae	<i>Tecoma stans</i> Griseb.	Quillotocto	A	N
Fabaceae	<i>Mimosa quitensis</i> Benth.		Ar	N
Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	Acacia	A	I
Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Amarillo	A	N
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	A	I

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i> L.	Trompeto	Ar	I
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus salviifolius</i> Kunth	Sauce llorón	A	I
Polygalaceae	<i>Monnina aestuans</i> (L. f.) DC.	Ivilán	Ar	N
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	Capulí	A	N
Rosaceae	<i>Rubus bogotensis</i> H.B.K	Mora	Ar	N
Solanaceae	<i>Solanum</i> sp		Ar	N
Solanaceae	<i>Solanum ovalifolium</i> Dunal		Ar	N
Solanaceae	Solanaceae indet.		Ar	N

A = arbóreo – Ar= arbustivo – N= nativo – I= introducido.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

En esta zona de vida, la riqueza de la vegetación disminuyó, en comparación a las primeras zonas, debido a la alta intervención antrópica que incluye actividades, no solo de carácter agropecuario (ganadería, agricultura) sino industriales, recreativas, entre otras. Las familias más representativas para esta zona son Fabaceae con 3 géneros; Asteraceae y Rosaceae, con dos géneros. Las especies de estas familias, son nativas de este tipo de bosque, aunque algunas de ellas como *Mimosa quitensis* y *Rubus bogotensis* se consideran invasoras y arvenses. Las demás familias, están representadas con un género cada una, como se observa en la Figura 97.

Las especies más comunes dentro de cada unidad de muestreo son *Eucalyptus globulus* y *Monnina aestuans* con una frecuencia relativa de 0.8, los valores de frecuencia relativa de estas dos primeras especies son los más altos, reflejando el dominio de estas, con respecto a los demás valores que van en orden decreciente de las 10 primeras especies de un total de 18, ver Figura 98.

Así mismo, se puede observar que la mayoría de especies tienen una distribución regular y agregada, ya que en la mayoría de las unidades de muestreo se encuentran individuos principalmente de *Eucalyptus globulus*, que han sido utilizados para la reforestación en las riveras del río, lugares donde se realizó el muestreo de la vegetación

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 97. Numero de géneros por familia vegetal encontrada en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Miraflores.

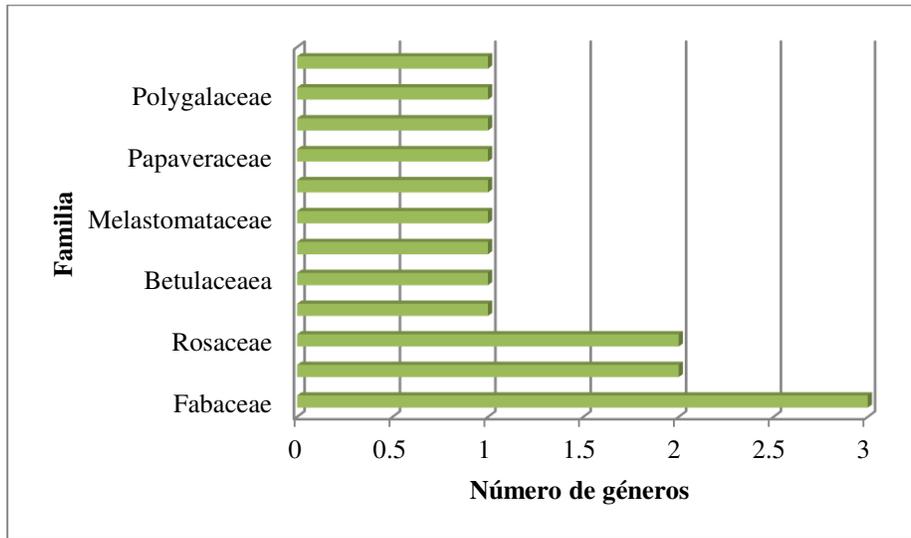
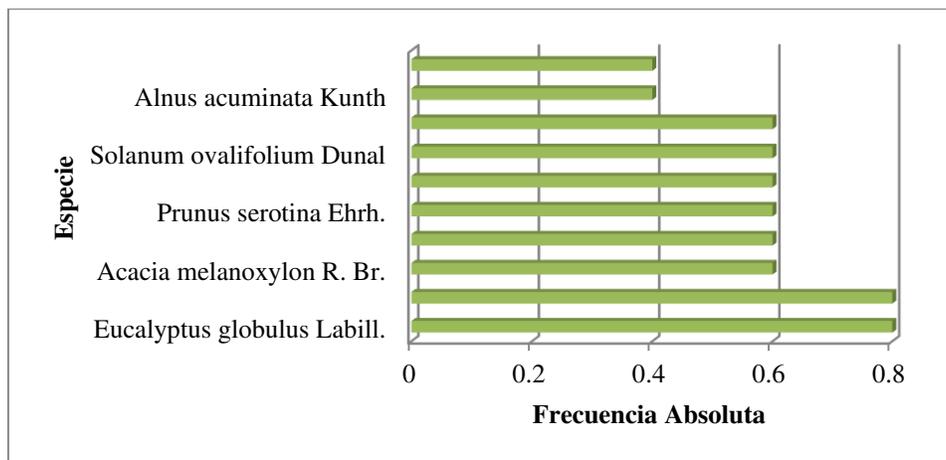


Figura 98. Frecuencia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo. Rio Miraflores.

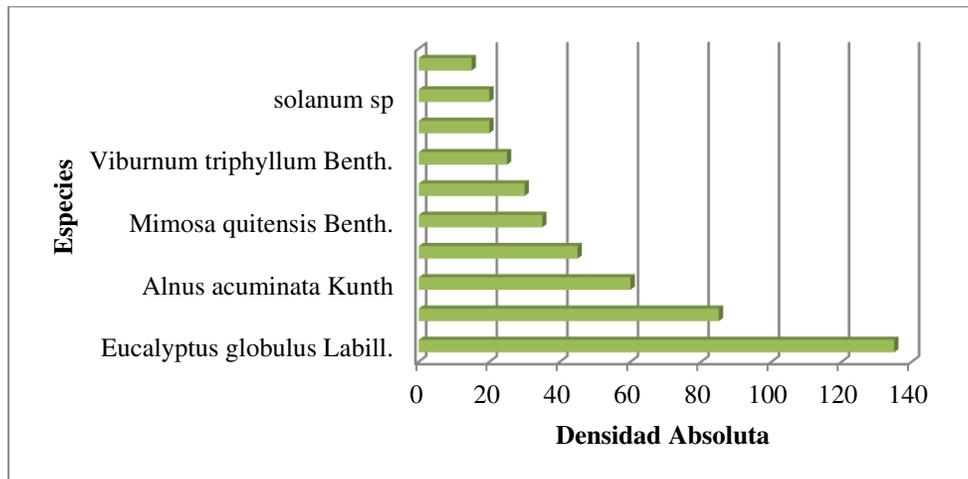


CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

De igual forma las especies arbóreas que presentaron mayor abundancia en esta zona de vida fueron: *Eucalyptus globulus* con 135, *Tecoma stans* con 85, *Alnus acuminata* con una abundancia relativa de 60 y *Phyllanthus salveifolius* con 45, las cuales representan el 60 % de importancia dentro de esta variable. Los demás valores en orden decreciente como se muestran en la gráfica de abundancias relativas, ver Figura 99. Las demás especies, aparte de las 10 nombradas en la figura de abundancias relativas, tienen un número relativamente bajo de individuos en la zona de vida estudiada.

Figura 99. Abundancia relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano

Bajo. Rio Miraflores



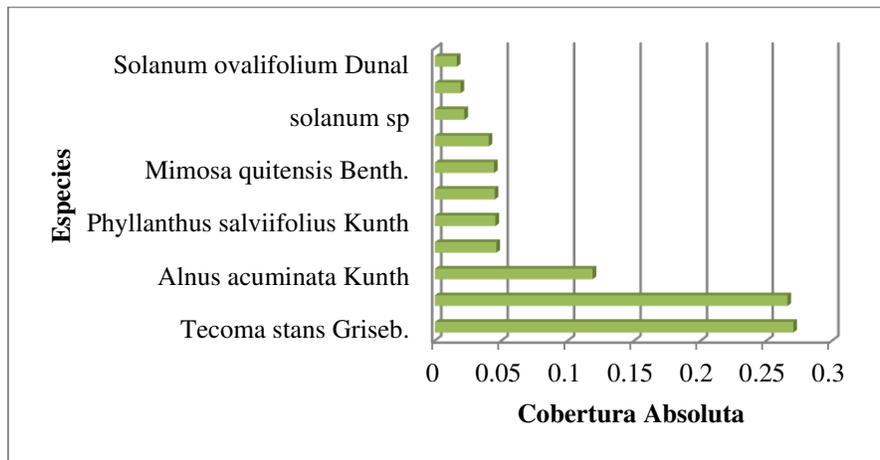
CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Entre las especies que presentaron menor número de individuos están: *Solanum ovalifolium* y *Prunus serotina* con una abundancia relativa de 20 y 15 respectivamente; esta última se considera de principal atención, puesto que en una zona de vida no muy intervenida debe exhibir altos valores tanto de cobertura, frecuencia y densidad, por lo que se deduce que las comunidades originales de esta especie se han diezmado progresivamente.

Las 10 primeras especies, ver Figura 100, dominantes en la zona de vida de Bosque Seco Montano Bajo, coinciden con los resultados de frecuencia y abundancia donde, *Tecoma stans* presentó una cobertura de 0.270, seguida de *Eucalyptus globulus*, con 0.266, *Alnus acuminata*, 0.11 y *Acacia melanoxylon* con una cobertura de 0.046, en este sentido estas especies están ejerciendo un mayor control en la comunidad influenciando en la ausencia de muchas especies nativas que pudieran estar colonizando estas zonas. Se debe resaltar, que todas las anteriores, son especies introducidas o exóticas, utilizadas para la reforestación ribereña, por lo que en muchos de los puntos muestrales por ser de carácter privado se hacen limpiezas continuas de otras especies consideradas como malezas, pero que en realidad son nativas, así que hacen que estas especies introducidas, puedan competir exitosamente en todos los estratos de sucesión y exhiban valores de dominancia altos.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

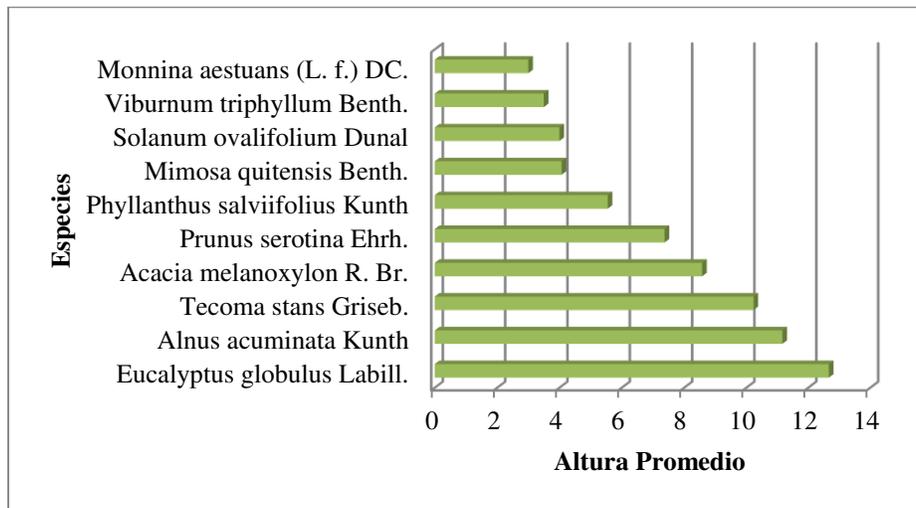
Figura 100. Cobertura relativa de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano
Bajo. Rio Miraflores.



La altura promedio de la vegetación nativa, encontrada en la zona de vida Bosque seco montano bajo es de 4.58, dentro de un rango de altura de 3 – 7.5 metros. Las especies *Prunus serotina* y *Mimosa quitensis*, de las familias Rosaceae y Fabaceae respectivamente, presentaron la mayor altura alcanzando los 7.5 m y 4m. Y la que presentó menor altura fue *Moninna aestuans* con 3m, ver Figura 101. Cabe resaltar, que la mayor altura la presentaron las especies introducidas alcanzando hasta los 12 m.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Figura 101. Rango de alturas promedio de especies encontradas en la zona de vida de Bosque Seco montano Bajo. Rio Miraflores.



4.4.3.3 Índice de Valor de Importancia.

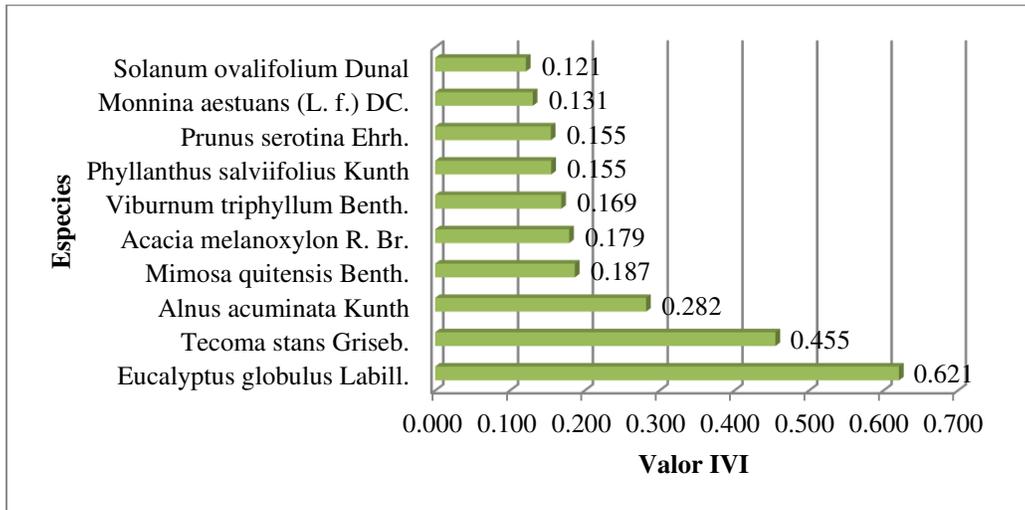
En la Figura 102, se observan los porcentajes de IVI, alcanzado por las 10 primeras especies dentro de la zona de vida de Bosque Seco Montano Bajo, para este caso la especie *Eucalyptus globulus* es la especie mas importante ecologicamente, cuyo IVI alcanzo un valor de 0.621, le siguen en orden de importancia *Tecoma stans*, con un IVI de 0.455 y *Alnus acuminata* con un IVI de 0.282. Estas 3 especies ocupan el 65% de importancia ecologica

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

dentro del bosque; valores determinados por la frecuencia, su abundancia y la cobertura dentro de la comunidad de vegetacion dentro del area de muestreo.

Figura 102. Valor de importancia de las especies en la zona de vida Bosque Seco Montano

Bajo. Rio Miraflores.



5. CONCLUSIONES

RÍO PASTO.

- Considerando los resultados obtenidos en el presente estudio en los diferentes componentes analizados se establece que en el rio Pasto entre los 2750 m en adelante predomina el límite de ronda geomorfológica, esto debido a una topográfica con pendientes muy escarpadas propias de ambientes glaciarcitos y fluviales con procesos denudacionales y erosivos , lo que puede favorecer movimientos en masa. Esta ronda abarca en promedio 200 m al margen derecho y 100 m al margen izquierdo.
- Por otra parte, con lo que respecta a la ronda hidrológica esta no se torna determinante debido a la pendiente del rio, a su encañonamiento y a los bajos caudales máximos esto como resultado de una pequeña cuenca de aporte, lo que hace que la franja se extienda como máximo 20 m los cuales se extienden principalmente en zonas de curvatura de la corriente.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Ecosistémicamente, a pesar de ser un área con una alta biodiversidad su ronda no se constituye como determinante debido a que las alturas de las especies no es muy representativa, ya que esta área corresponde a la zona de vida Bosque húmedo montano y esta no se caracteriza por presentar especies de gran porte, esto es relevante en la medida en que esta variable es la que determina el ancho de esta ronda. Lo que permite determinar que el ancho de este componente es de 20 m a lado y lado a partir del margen del río.
- Después de los 2750 m hasta los 2700 m (desde el corregimiento de Cabrera hasta el barrio Popular) la ronda hídrica se determina por características geomorfológicas y ecosistémicas. En este sector el río ha esculpido un cañón con un talud aproximado de 4 m y una superficie disectada de aproximadamente 80 m de longitud, seguido por una ladera de pendiente plana ligeramente inclinada. Estas características restringen la ronda geomorfológica aproximadamente 50 m de cada margen del río. Hidrológicamente el comportamiento sigue siendo similar al tramo superior.
- De los 2700 a 2600 m la ronda geomorfológica se encuentra acotada por una secuencia de terrazas bajas y laderas con disección fluvial y depósitos coluvios

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

aluviales, las características geomorfológicas determinan la ronda hídrica en la margen izquierda favorecida por pendientes escarpadas con infraestructura que podrían desencadenar eventos de movimientos en masa. Una evidencia de estos procesos se encuentra entre el barrio Popular y la Estrella.

- Con lo que respecta al componente ecosistémico se observa que entre los 2750 m a 2600 m corresponde a la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo, siendo el límite de ronda de 18.8 m, con respecto a la anterior zona de vida se observa que dicho límite se reduce en gran medida por el cambio en cuanto al tipo de especies existente en la zona y a los procesos antrópicos desarrollados en el área, así mismo, se hace necesario resaltar que se reduce notoriamente las pendientes en esta zona por lo cual se ha dado un uso más fuerte para los diferentes usos ya establecidos, reduciendo considerablemente la diversidad y la cobertura de la vegetación.
- Ya en el tramo urbano del río su margen izquierda la delimitación de la ronda se restringe a los taludes artificiales y obras de infraestructura lo cual ha producido un encajonamiento del río, propiciando los procesos erosivos en la margen

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

derecha y aumento de la planicie de inundación. Cabe resaltar que la ronda geomorfológica incluye la loma de la ladera Centenario, en la cual hay evidencias de procesos erosivos moderados (surcos).

- Entre la loma Tescual y Juan XXIII, la ronda geomorfológica se encuentra acotada por la terraza baja ubicada al pie de la loma Tescual en donde alcanza aproximadamente 230 m a la margen derecha del río, hidrológicamente a pesar que la planicie de inundación para un tiempo de retorno de 100 años no se explaya sobre toda la terraza, no significa que no exista una probabilidad que en un determinado evento la terraza sea utilizada como franja de amortiguación del río, validando la delimitación geomorfológica para los procesos de planificación Urbana. Ecosistémicamente el comportamiento sigue siendo similar al tramo anterior.

MIRAFLORES.

- En la cuenca del Rio Miraflores se observa que desde los 2600 a 3200 m.s.n.m la ronda se determina por las pendientes escarpadas en las que podrían desencadenar eventos de movimientos en masa. Hidrológicamente el río es un río recto típico de montaña y radial por hacer parte de un sistema volcánico, hasta este punto el río no

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

sufre desbordamientos considerables a su planicie de inundación. Ecosistémicamente, la ronda es de 10.44 m, siendo área muy reducida esto debido a los fuertes procesos de intervención antrópica que han generado la desaparición de gran parte de la cobertura vegetal original.

- En la zona urbana del río Miraflores las terrazas bajas y las laderas escarpadas escarpadas con disección fluvial constituyen la ronda hídrica hasta el sector de la Cadena. De ahí en adelante la ronda hídrica es determinada por los criterios hidrológicos asociados a un tiempo de retorno de 100 años. Ecosistémicamente, en el sector de Chapalito hasta el canal del río Miraflores, se establece que el ancho de la ronda es de 9.16 m esto debido a los fuertes procesos de antropización representados en la urbanización que acabaron con la cobertura vegetal nativa, así mismo, se identifican pequeñas áreas en donde se han establecido en algunos casos vegetación exótica que genera cambio de las condiciones naturales del área.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- En el sector del estadio La Libertad y las Lunas la planicie de inundación del río delimitada por criterios hidrológicos coincide con los depósitos paludales identificados en el mapa geológico 1:10.000 evidenciando la presencia de un humedal que actualmente se encuentra totalmente urbanizado. Cabe destacar que en este sector se incluye la ronda hídrica antigua del río Miraflores.

6. RECOMENDACIONES

- La delimitación de la ronda hídrica es un aspecto que debe incluirse en los procesos de ordenación del territorio siendo este estudio la base para el desarrollo de dichos procesos en el municipio de Pasto. los procesos de ordenamiento de entidades territoriales deben ser articulados con este estudio.
- En el componente ecosistémico en los ríos Miraflores y Pasto se hace necesario desarrollar procesos de reforestación con las especies nativas identificadas principalmente con las que mostraron los valores de IVI mas importantes, esto con el fin de contribuir al mejoramiento de las condiciones paisajísticas de la zona, incremento de biodiversidad florística y faunística y la creación de corredores biológicos que logren conectarse con la zona de conservación de la Laguna Negra.
- Se hace necesario desarrollar procesos de conservación en la parte alta del río Pasto dado las características en su biodiversidad, tanto en riqueza como en abundancia. Actualmente, esta área conserva condiciones naturales importantes a ser mantenidas.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Las obras de intervención sobre el cauce y las planicies de inundación de los ríos Pasto y Miraflores, es un fenómeno evidente por lo que se recomienda que cada una de ellas y las futuras deban ser evaluadas considerando la integralidad del sistema y no como una situación puntual. Específicamente obras como: dragado, puentes, jarillones, vías, muros de contención, y asentamientos urbanos, entre otras.
- Se deben iniciar estudios de riesgo que determinen la amenaza por movimiento en masa, las cuales son consideradas en este análisis como áreas críticas para delimitación de la ronda geomorfológica, aunque las terrazas bajas son las áreas más atractivas para el uso agropecuario, los procesos erosivos asociados a la actividad fluvial en un paisaje poco evolucionado, de actividad volcánica con suelos residuales y desarrollo moderado son características que deben limitar el uso potencial en esas zonas.
- Es necesario iniciar procesos de recuperación del cauce del río Miraflores y en algunos sectores del río Pasto donde se deben considerar los flujos potenciales de lodos, producto de la actividad volcánica.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Con el fin de mejorar la estimación de las variables hidrológicas y específicamente las referidas a este estudio, es necesario mejorar la instrumentación para medir dichas variables. En especial mejorar la red de medición en el río Miraflores, así mismo, es necesario que dicha información sea de libre acceso, rápida captura y distribución.
- Se debe regular la disposición de escombros, ubicando sectores en donde no se favorezca la llegada de estos residuos a las fuentes hídricas superficiales por procesos de escurrimiento superficial ya que finalmente, los escombros entran a jugar un papel importante en los procesos de la degradación del cauce.
- Se necesita un ajuste de los límites prediales urbanos y rurales, ya que los actuales carecen de precisión lo cual limita la definición exacta de área predial afectada. Con base en la información predial existente en la actualidad, el número de predios que se encuentra en la franja de ronda hídrica son 1933 predios rurales en el río Miraflores, 1667 predios urbanos en el río Pasto 468 predios rurales y 2155 urbanos.
- La definición de la ronda hídrica en sus diferentes componentes no implica un análisis de riesgos para lo cual se recomienda profundizar en estudios que permitan mejorar las acciones encaminadas en este tema.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Samacá . (1999). *Esquema de ordenamiento territorial de Samacá*. Samacá.
- Alcaldía de Samacá. (1999). *Plan de Manejo de Cuencas*.
- Alvear, M., Betancur, J., & Franco-Roselle, P. (2010). *Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación en el bosque natural los nevados cordillera central colombiana*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Alzate, F. (2013). *Flora de los bosques Montanos de Medellín*. Medellín.
- Argotty, & Collazos. (2001). *Composición florística y estructural del bosque secundario de la granja de Botana*. Pasto.: Programa de Ingeniería Agroforestal .
- Bolfor, Mostacedo, Bonifacio, Fredericksen, & Tood. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz.
- Cavalier , J., & Santos , c. (1999). *Efectos de plantaciones de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia*. Bogotá.
- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas CEDEX. (2013). *Introducción a la vegetación de ribera, guía visual e interactiva de la vegetación de la ribera española*. Madrid.
- Chow, V., Meidmaent, D., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá D.C.
- Cleff, A., Rangel , O., Van der Hammen, & Jaramillo , R. (1984). *la vegetación de las selvas del transecto Buritaca-La cumbre, Sierra Nevada de Santa Marta*. Bogotá.
- CORPONARIÑO. (2010). *Plan de Ordenamiento de la cuenca hidrográfica del río Pasto*. San Juan de Pasto.
- Corporación Autonoma Regional de Nariño CORPONARIÑO. (1999). *Actualización Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Pasto*. Pasto.

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Cortés, S. (2003.). *Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chia. Programa de doctorado en biología*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional.
- Cuatrecasas, J. (1958). *Aspectos de la vegetación natural de Colombia*. Bogotá.
- Cuayal, M., & Ramírez , B. (1993). *Especies vegetales nativas aptas para la recuperación del áreas de protección en cuencas altas del Municipio de Pasto*. Pasto.: Universidad de Nariño.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2010). *Informe de Gestión* . Bogotá.
- Escalante, C. (2005). *Técnicas Estadísticas en Hidrología*. México D.F: Universidad Autónoma de México.
- Galindo , R. (2003). *Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá - alto, río Fonce, Cordillera oriental Colombiana*. Caldasia.
- Gentry, A. (1982.). *Patterns of neotropical plant species diversity. Evolutionary Biology* . New York. USA.: Plenum Publishing Corporation.
- Gentry, A. (1988). *Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients* . Missouri. Estados Unidos.: Annals of the Missouri Botanical Garden .
- Gentry, A. (2001). *Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas neotropicales, en Kapelle, bosques nublados del neotrópico de Costa Rica*. San José: Instituto Nacional de Biodiversidad .
- Gonzales, J. D. (2011). *Modelación Integrada del sistema de drenaje PTAR-río de la ciudad de Bogotá. Escenarios de control regional*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Henderson , A., Churchill, S., & Luteyn , J. (1991). *Neotropical plant diversity*. Nature.



CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

- Holdridge , L. (1996.). *Ecológia basada en zonas de vida. Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura. San José : IICA.*
- IDEAM. (2014). *Información hidro-climatologica de Colombia. Bogotá.*
- LOZANO, G., ZAPATA, M., & PEÑA, L. (2003). *Modelación de corrientes hídricas superficiales del departamento del Quindío. Armenia.*
- Mafla, F. (2013). *IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS IMPACTOS DE LA URBANIZACIÓN SOBRE EL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN El Macro Drenaje: Situación Actual De La Cuenca Del Río Pasto, Nariño, Colombia. San Juan de Pasto.*
- Matteucci , & Colma. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación. . Washington: OEA.*
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Guía para el acotamiento de las rondas hídricas. Bogotá.*
- Moreno, C. (2001.). *Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y tesis. Zaragoza.: Gorfi.*
- Quiroz , C., & Pérez, M. (2004). *Estudio de la Biodiversidad no cultivada en las cuencas altas del río Pasto y el río Guamuéz. . Pasto.: Universidad de Nariño.*
- Ramirez, B. (1995). *Principio y método eb ecología vegetal. . Popayán.*
- Rangel , & Velázquez. (1998). *Metodos de estudios de la vegetación. . Bogotá.*
- Rangel , A. (2005). *Biodiversidad en la región del páramo con especial referencia a Colombia. Bogotá.*
- Tucci, C. (1993). *Hidrología, ciencia y aplicación. Porto Allegre: ABRH.*
- UEL - DAMA. (2003). *Fortalecimiento a proyectos de mitigación del impacto ambiental negativo en áreas ambientales estrategicas y/o deterioradas de la localidad de*

CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No 292 DE OCUBRE DE 2013

Ciudad Bolívar. Componente recuperación de áreas estratégicas - microcuencas y nacederos. Bogotá.

Universidad Nacional de Colombia. (2012). *Guía metodológica para el acotamiento de rondas hídricas*. Medellín.

Velásquez, R. (1997). *Metodos de estudios de la vegetación en Colombia. Diversidad Biotica II. Tipos de vegetación el Colombia*. Bogotá.

Villareal , H., Alvarez, S., Cordoba, F., Escobar, G., Fagua, F., Ast, H., . . . Umaña, A. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de la biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

Villareal, H., Alvarez, S., Cordoba, F., Escobar , G., Fagua , F., Ast, H., . . . Umaña. (2006). *Manuel de métodos para el desarrollo de invesntarios en biodiversidad*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humblt.

Zarco Espinosa, V. (2010). *Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del parque estatal Agua Blanca*. Macuspana, Tabasco.