

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

TABLA DE CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN.....	3.21
3.2	MEDIO FÍSICO	3.21
3.2.1	Geología	3.21
3.2.1.1	Geología regional.....	3.22
3.2.1.1.1	Complejo de Puquí (P€aP, P€nP, P€mP)	3.22
3.2.1.1.2	Complejo Cajamarca (Pzes, Pznf, Pzni, Pzq, Pzm, Pza, Pzev).....	3.23
3.2.1.1.3	Rocas Ultrabásicas del Cretáceo	3.24
3.2.1.1.4	Rocas Ígneas del Cretáceo	3.24
3.2.1.1.5	Rocas Sedimentarias del Terciario (Ts)	3.25
3.2.1.1.6	Depósitos no consolidados del Cuaternario	3.25
3.2.1.2	Marco Tectónico Regional.....	3.26
3.2.1.2.1	Falla Cauca W	3.27
3.2.1.2.2	Falla Sucre.....	3.27
3.2.1.2.3	Alineamiento quebrada Juan García	3.27
3.2.1.2.4	Falla Sabanalarga.....	3.27
3.2.2	Geomorfología	3.28
3.2.2.1	Unidades de Paisaje:	3.30
3.2.2.1.1	Macrounidad alta incisión (AI)	3.30
3.2.2.1.2	Macrounidad vertientes bajas margen Oeste (VBO)	3.34
3.2.2.1.3	Macrounidad vertientes bajas margen Este (VBE)	3.37
3.2.2.1.4	Macrounidad vertiente media margen Este (VME)	3.38
3.2.2.1.5	Macrounidad Fondo (F).....	3.39
3.2.2.2	Geomorfología local de los sitios de obras principales	3.40
3.2.2.3	Procesos morfodinámicos	3.41
3.2.2.3.1	Erosión superficial:.....	3.41
3.2.2.3.2	Movimientos en masa menores:.....	3.41
3.2.2.3.3	Grandes movimientos en masa.....	3.41

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.2.4	Posibles expresiones Neotectónicas.....	3.44
3.2.2.5	Sismología	3.44
3.2.2.5.1	Generalidades.....	3.44
3.2.2.5.2	Geología sísmica	3.45
3.2.2.5.3	Evaluación de la amenaza sísmica	3.47
3.2.2.5.4	Sismicidad histórica	3.48
3.2.2.5.5	Catálogo sísmico	3.48
3.2.2.5.6	Zonas sismogénicas	3.50
3.2.2.5.7	Caracterización de sismofuentes	3.54
3.2.2.6	Sismos de diseño.....	3.54
3.2.2.6.1	Aceleración máxima.....	3.54
3.2.2.6.2	Duración	3.55
3.2.2.6.3	Espectros.....	3.55
3.2.2.6.4	Acelerogramas para diseño	3.56
3.2.2.6.5	Sismicidad inducida por el embalse	3.57
3.2.3	Suelos.....	3.59
3.2.3.1	Área de influencia indirecta (AII)	3.59
3.2.3.1.1	Fisiografía	3.60
3.2.3.1.2	Unidades cartográficas	3.65
3.2.3.1.3	Uso actual, uso potencial y conflictos del suelo.....	3.66
3.2.3.2	Área de influencia directa (AID)	3.66
3.2.3.2.1	Unidades cartográficas	3.66
3.2.3.2.2	Uso actual y potencial del suelo.....	3.95
3.2.3.2.3	Conflictos en el uso del suelo.....	3.99
3.2.4	Hidrología	3.100
3.2.4.1	Área de influencia directa (AID)	3.100
3.2.4.1.1	Metodología	3.100
3.2.5	Calidad del agua	3.146
3.2.5.1	Área de influencia directa (AID)	3.146

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.5.1.1	Metodología	3.146
3.2.6	Usos del agua	3.269
3.2.6.1	Área de influencia directa (AID)	3.269
3.2.6.1.1	Metodología	3.269
3.2.6.1.2	Resultados	3.269
3.2.7	Geotecnia	3.283
3.2.7.1	Geotecnia de las obras principales	3.283
3.2.7.1.1	Clasificación del macizo rocoso	3.283
3.2.7.1.2	Estimación de parámetros	3.286
3.2.7.1.3	Estabilidad de excavaciones superficiales	3.287
3.2.7.1.4	Taludes controlados por la estabilidad de los bloques de roca.....	3.290
3.2.7.1.5	Túneles y obras subterráneas.....	3.292
3.2.7.1.6	Resultados del diseño.....	3.293
3.2.7.2	Geotecnia de la vía de acceso por San Andrés de Cuerquia	3.300
3.2.7.2.1	Estudio de estabilidad de taludes.....	3.300
3.2.7.2.2	Diagnóstico geotécnico y recomendación de taludes	3.300
3.2.7.3	Geotecnia de la vía de acceso por Puerto Valdivia	3.303
3.2.7.3.1	Estudio de estabilidad de taludes.....	3.303
3.2.7.3.2	Diagnóstico geotécnico y recomendación de taludes	3.304
3.2.8	Atmósfera	3.307
3.2.8.1	Precipitación	3.310
3.2.8.1.1	Media anual	3.310
3.2.8.2	Variación mensual precipitación.....	3.311
3.2.8.3	Máximas diarias	3.312
3.2.8.4	Temperatura	3.315
3.2.8.5	Evaporación	3.316
3.2.8.5.1	Brillo solar	3.316
3.2.8.5.2	Humedad relativa.....	3.316
3.2.8.6	Calidad del aire	3.317

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.8.6.1	Primera jornada de muestreo – material particulado en suspensión	3.317
3.2.8.6.2	Segunda jornada de muestreo - PST, PM10, SO ₂ , NO ₂ , CO y O ₃ - Vía San Andrés-El Valle	3.325
3.2.8.6.3	Tercera jornada de muestreo- PST y PM10, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ y CO. Vía Puerto Valdivia-Sitio Presa	3.351
3.2.8.6.4	Cuarta Jornada de Monitoreo PST y PM1, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ y CO.	3.360
3.2.8.7	Ruido	3.376
3.2.8.7.1	Monitoreos objeto de adquisición de licencia ambiental	3.376
3.2.8.7.2	Metodología	3.382
3.2.8.7.3	Resultados	3.385
3.2.8.7.4	Aforo vehicular	3.390
3.2.8.7.5	Otros puntos de medición objeto de modificación de licencia	3.392
3.2.9	Paisaje	3.403
3.2.9.1	Área de influencia directa	3.403
3.2.9.1.1	Metodología	3.403
3.2.9.1.2	Resultados	3.414

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.2.2.1	Registro de fotografías aéreas utilizadas	3.29
Tabla 3.2.2.2	Cubrimiento del Catálogo	3.49
Tabla 3.2.2.3	Clasificación de la actividad de las fallas	3.54
Tabla 3.2.2.4	Aceleraciones máximas a nivel de roca (PGA) y Aceleración Espectral para 1.0 segundo	3.55
Tabla 3.2.2.5	Atributos para estimar la probabilidad de ocurrencia de sismicidad producida por el llenado del embalse	3.59
Tabla 3.2.3.1	Categorías fisiográficas del área de estudio	3.60
Tabla 3.2.3.2	Relación regiones climáticas y la provincia climática	3.61
Tabla 3.2.3.3	Leyenda de unidades cartográficas de suelos para el proyecto Hidroeléctrico Ituango	3.68
Tabla 3.2.3.4	Descripción del perfil del suelo en la asociación Ituango	3.72

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.3.5	Descripción del perfil del suelo en la asociación Raudal (quebrada Burundá)	3.75
Tabla 3.2.3.6	Descripción del perfil del suelo en la asociación Raudal (vereda Organi)	3.76
Tabla 3.2.3.7	Descripción del perfil del suelo en la asociación Santa Bárbara..	3.77
Tabla 3.2.3.8	Descripción del perfil del suelo en la asociación Concordia	3.79
Tabla 3.2.3.9	Características del Perfil de la Asociación Concordia.....	3.79
Tabla 3.2.3.10	Descripción del perfil del suelo en el Complejo Calderas	3.81
Tabla 3.2.3.11	Descripción del perfil del suelo en la asociación Tuntuná.....	3.83
Tabla 3.2.3.12	Descripción del perfil del suelo en el complejo Tarazá	3.84
Tabla 3.2.3.13	Descripción del perfil del suelo de la Asociación El Cinco	3.85
Tabla 3.2.3.14	Características del perfil de la Asociación Santafé	3.87
Tabla 3.2.3.15	Uso potencial y actual de las unidades cartográficas presentes en el AID del Proyecto.	3.92
Tabla 3.2.3.16	Relación del uso actual, el uso potencial y el conflicto generado en el AID del proyecto.	3.97
Tabla 3.2.4.1	Características generales de las estaciones con registros de caudal	3.102
Tabla 3.2.4.2	Transporte de sedimentos para las diferentes estaciones.....	3.120
Tabla 3.2.4.3	Variación de niveles del río en las distintas estaciones	3.122
Tabla 3.2.4.4	Precipitación media y estaciones meteorológicas en el área de interés	3.131
Tabla 3.2.4.5	Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación climatológica El Palmar	3.131
Tabla 3.2.4.6	Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación pluviográfica Puerto Valdivia	3.131
Tabla 3.2.4.7.	Cuencas a ser intervenidas por la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.137
Tabla 3.2.5.1	Parámetros medidos en cada zona del Proyecto	3.148
Tabla 3.2.5.2	Factores de ponderación NSF (tomada de http://www.nsf.org) ..	3.150
Tabla 3.2.5.3	Clasificación de calidad del agua en función del índice NSF	3.152
Tabla 3.2.5.4	Usos potenciales de un cuerpo de agua de acuerdo al índice de calidad (WQI o ICA).....	3.154

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.5	Índices de Calidad Ambiental para cada parámetro	3.155
Tabla 3.2.5.6	Ponderación de Parámetros del ICA Objetivo (ICA _{OBJ}).....	3.155
Tabla 3.2.5.7	Rangos para el valor (ICAobjetivo).....	3.156
Tabla 3.2.5.8	Ubicación de los puntos de muestreo de EIA	3.158
Tabla 3.2.5.9	Descripción de los sitios de muestreo del EIA.....	3.159
Tabla 3.2.5.10	Ubicación de los puntos de muestreo de la vía sustitutiva El Valle - Ituango	3.161
Tabla 3.2.5.11	Descripción de los sitios de muestreo de la vía sustitutiva El Valle - Ituango	3.161
Tabla 3.2.5.12	Ubicación de los puntos de muestreo de la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle.....	3.162
Tabla 3.2.5.13	Descripción de los sitios de muestreo de la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle.....	3.163
Tabla 3.2.5.14	Ubicación de los puntos de muestreo apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa.....	3.165
Tabla 3.2.5.15.	Descripción de los sitios de muestreo apertura de la vía Puerto Valdivia- sitio de presa.....	3.167
Tabla 3.2.5.16	Ubicación de los puntos de muestreo de la corrección por corrección cartografica	3.170
Tabla 3.2.5.17	Descripción de los sitios de muestreo de la corrección por cola del embalse.....	3.170
Tabla 3.2.5.18	Criterios de calidad admisible según su uso, determinados por el Decreto 1594/84	3.171
Tabla 3.2.5.19	Niveles de calidad de agua establecidos para la potabilización de fuentes superficiales (Tomada del RAS 2000, numeral B.3.3.2.1).	3.172
Tabla 3.2.5.20	Características físicas y químicas del agua para consumo humano según decreto 2115 de 2007	3.173
Tabla 3.2.5.21	Resultados de los parámetros medidos in situ en el Estudio de Impacto Ambiental.....	3.174
Tabla 3.2.5.22	Resultados de los parámetros fisicoquímicos del Estudio de Impacto Ambiental medidos en laboratorio.....	3.176
Tabla 3.2.5.23	Resultados de los parámetros microbiológicos en el Estudio de Impacto Ambiental.....	3.182

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.24	Índices calidad NFS-WQI, ICAObj, Langelier y clasificación de afluentes en el Estudio de Impacto Ambiental	3.184
Tabla 3.2.5.25	Uso recomendado y clasificación de los afluentes en el Estudio de Impacto Ambiental	3.185
Tabla 3.2.5.26	Datos de calidad de agua manipulados para realizar el ACP ..	3.191
Tabla 3.2.5.27	Valores obtenidos de varianza explicada para los cuatro primeros CP	3.193
Tabla 3.2.5.28	Valores de coeficientes y aportes de las variables (loadings) ..	3.194
Tabla 3.2.5.29	Valores de referencia de algunas variables fisicoquímicas en ecosistemas comparables al del proyecto	3.196
Tabla 3.2.5.30	Resultados de los parámetros medidos in situ de la vía sustitutiva El Valle-Ituango	3.200
Tabla 3.2.5.31	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la vía sustitutiva El Valle – Ituango medidos en laboratorio	3.211
Tabla 3.2.5.32	Índice de calidad NFS- WQI y clasificación de afluentes de la vía sustitutiva El Valle - Ituango	3.220
Tabla 3.2.5.33	Resultados de los parámetros medidos <i>in situ</i> en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle	3.220
Tabla 3.2.5.34	Resultados de los parámetros fisicoquímicos en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle medidos en laboratorio.....	3.221
Tabla 3.2.5.35	Resultados de los parámetros microbiológicos en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle	3.222
Tabla 3.2.5.36	Índice de calidad NFS-WQI y clasificación de afluentes en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle	3.222
Tabla 3.2.5.37	Resultados de los parámetros medidos in situ de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.225
Tabla 3.2.5.38	Resultados de los parámetros fisicoquímicos en la apertura de la vía Puerto Valdivia – zona de presa, medidos en laboratorio.....	3.228
Tabla 3.2.5.39	Resultados parámetros organolépticos y microbiológicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.238
Tabla 3.2.5.40	Índices de calidad NFS-WQI, ICAObj y clasificación de los afluentes de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.240
Tabla 3.2.5.41	Uso recomendado y clasificación de los afluentes de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.241
Tabla 3.2.5.42.	Aforo de los puntos de muestreo	3.244

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.43. Resultados de fisicoquímicos y microbiológicos de las quebradas muestreadas en mayo de 2011	3.244
Tabla 3.2.5.44. Resultado cálculo del índice de calidad WQI-NFS	3.246
Tabla 3.2.5.45. Índices de Contaminación (ICO) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados.	3.247
Tabla 3.2.5.46 Resultados de los parámetros medidos <i>in situ</i> de la corrección por cola del embalse	3.249
Tabla 3.2.5.47 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la corrección por cola del embalse.	3.251
Tabla 3.2.5.48 Resultados de los parámetros microbiológicos.....	3.264
Tabla 3.2.5.49 Índices calidad NFS-WQI y clasificación de afluentes de la corrección por cola del embalse	3.265
Tabla 3.2.5.50 Uso recomendado y clasificación de los afluentes	3.265
Tabla 3.2.6.1 Concesiones existentes en los municipios del área de estudio .	3.270
Tabla 3.2.6.2 Usos del agua en la zona de influencia	3.278
Tabla 3.2.6.3 Principales usos de las fuentes de agua en la zona del embalse y vía San Andrés - El Valle.....	3.281
Tabla 3.2.6.4 Principales usos de las fuentes de agua en la zona de la vía sustitutiva El Valle – Ituango.....	3.281
Tabla 3.2.6.5 Principales usos de las fuentes de agua en la zona de la vía Puerto Valdivia-Presa.....	3.282
Tabla 3.2.7.1 Convenciones vertedero	3.284
Tabla 3.2.7.2 Tratamiento definido para falla planar en taludes en roca.....	3.290
Tabla 3.2.7.3 Tratamiento general para taludes	3.291
Tabla 3.2.7.4 Soporte sistema de desviación.....	3.294
Tabla 3.2.7.5 Soporte depósitos aluviotorrenciales.....	3.294
Tabla 3.2.7.6 Soporte sistema de descarga intermedia	3.295
Tabla 3.2.7.7 Soporte sistemas de conducción	3.296
Tabla 3.2.7.8 Soporte sistema de Casa de Máquinas	3.297
Tabla 3.2.7.9 Soportes túneles de acceso.....	3.298
Tabla 3.2.7.10 Soportes pozo de salida de cables	3.298
Tabla 3.2.7.11 Soportes sala de control	3.299

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.7.12 Soportes pozo de aireación	3.299
Tabla 3.2.7.13 Soportes túnel de aireación	3.300
Tabla 3.2.7.14 Recomendaciones de taludes	3.302
Tabla 3.2.7.15 Recomendaciones de taludes.....	3.304
Tabla 3.2.8.1 Características generales de las estaciones que circundan la zona del proyecto	3.308
Tabla 3.2.8.2 Datos de intensidad frecuencia duración, para la zona de la presa.....	3.313
Tabla 3.2.8.3 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto1.....	3.319
Tabla 3.2.8.4 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto 2.....	3.320
Tabla 3.2.8.5 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto 3.....	3.321
Tabla 3.2.8.6 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	3.321
Tabla 3.2.8.7 Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia.....	3.322
Tabla 3.2.8.8 Normas a condiciones locales.....	3.323
Tabla 3.2.8.9 Categoría ambiental definida para el PSI material particulado en suspensión	3.323
Tabla 3.2.8.10 Categoría ambiental definida para el PSI material particulado en suspensión.....	3.324
Tabla 3.2.8.11 Georreferenciación sitios de muestreo segunda jornada.....	3.326
Tabla 3.2.8.12 Monitoreo de la calidad del aire PSTGeorreferenciación msnm: 1588 Y: 6°54'36,7"N X: 75°40'34,5" W Precisión: 6m	3.327
Tabla 3.2.8.13 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 1.....	3.329
Tabla 3.2.8.14 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 2.....	3.331
Tabla 3.2.8.15 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 3.....	3.333
Tabla 3.2.8.16 Concentración de Óxidos de azufre (SOx) punto 1	3.335
Tabla 3.2.8.17 Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) Punto 2.....	3.336
Tabla 3.2.8.18 Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) Punto 3.....	3.338
Tabla 3.2.8.19 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 1	3.339
Tabla 3.2.8.20 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 2.....	3.341

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.21	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 3	3.342
Tabla 3.2.8.22	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto No.1.....	3.343
Tabla 3.2.8.23	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto No. 2 Hospital.....	3.343
Tabla 3.2.8.24	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto 3 Escuela El Valle	3.344
Tabla 3.2.8.25	Resultados muestreo de O3 punto 1 Municipio de San Andrés de Cuerquia	3.345
Tabla 3.2.8.26	Resultados muestreo de O3 punto 2	3.345
Tabla 3.2.8.27	Resultados muestreo de O3 punto 3	3.346
Tabla 3.2.8.28	Resultados obtenidos para PST.....	3.352
Tabla 3.2.8.29	Resultados obtenidos para PM10.....	3.353
Tabla 3.2.8.30	Resultados obtenidos para SO2.....	3.354
Tabla 3.2.8.31	Resultados obtenidos para NO2	3.355
Tabla 3.2.8.32	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental	3.356
Tabla 3.2.8.33	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de Ozono.	3.357
Tabla 3.2.8.34	Monitoreo de la calidad del aire, Estación de Monitoreo Guriman	3.361
Tabla 3.2.8.35	Monitoreo de PM10 Estación de Monitoreo Estación de Monitoreo Guriman.....	3.363
Tabla 3.2.8.36	Monitoreo de la calidad del aire Briceño Guriman. Concentración de SO2	3.365
Tabla 3.2.8.37	Monitoreo de la calidad del aire, Briceño Guriman. Concentración de NO2	3.367
Tabla 3.2.8.38	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Guriman.	3.368
Tabla 3.2.8.39	Condiciones Climáticas durante el desarrollo del monitoreo de la calidad del aire. Guriman Briceño.....	3.371
Tabla 3.2.8.40	Velocidad del viento (m/s) para 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011	3.374
Tabla 3.2.8.41	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(a)	3.379
Tabla 3.2.8.42	Caracterización de los puntos monitoreados	3.380

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.43	Localización de los puntos de monitoreo.....	3.383
Tabla 3.2.8.44	Ubicación de los Puntos de Monitoreo	3.384
Tabla 3.2.8.45	Ponderación mediciones ruido ambiental horario diurno en semana	3.386
Tabla 3.2.8.46	Ponderación mediciones ruido ambiental horario diurno en domingo	3.386
Tabla 3.2.8.47	Ponderación mediciones ruido ambiental horario nocturno en semana	3.387
Tabla 3.2.8.48	Ponderación mediciones ruido ambiental horario nocturno en domingo	3.387
Tabla 3.2.8.49	Especificaciones de muestreo.....	3.388
Tabla 3.2.8.50	Resultados de los niveles de Ruido Ambiental.....	3.390
Tabla 3.2.8.51	Niveles de presión sonora continuo equivalentes corregidos por KR en dBA. Horario Nocturno.....	3.390
Tabla 3.2.8.52	Aforo horario diurno septiembre 26 de 2009 - puerto Valdivia entre las 18:40 y las 20:20.....	3.391
Tabla 3.2.8.53	Aforo Horario Diurno Septiembre 27 De 2009 - Puerto Valdivia Entre Las 07:30 Y Las 08:40	3.391
Tabla 3.2.8.54	Aforo horario nocturno septiembre 26 de 2009 - puerto Valdivia entre las 22:45 y las 23:50.....	3.391
Tabla 3.2.8.55	Aforo horario nocturno septiembre 27 de 2009 - puerto Valdivia entre las 05:15 y las 06:50.....	3.391
Tabla 3.2.8.56	resultados de las mediciones con la planta funcionando	3.393
Tabla 3.2.8.57	condiciones meteorológicas	3.393
Tabla 3.2.8.58	Resultados de las mediciones con la planta funcionando.....	3.394
Tabla 3.2.8.59	Resultados sitio de localización planta de trituración apagada	3.394
Tabla 3.2.8.60	condiciones meteorológicas	3.394
Tabla 3.2.8.61	Valores de ajustes K para estudio de ruido ambiental Vereda Guariman del Municipio de Briceño domingo 29 de mayo horarios diurno y nocturno	3.396
Tabla 3.2.8.62	Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario diurno en Vereda Guariman del Municipio de Briseño domingo 29 de mayo de 2011	3.397

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.63 Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario nocturno en Vereda Guariman del Municipio de Briceño domingo 29 de mayo de 2011.	3.397
Tabla 3.2.8.64 Valores de ajustes K para estudio de ruido ambiental Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 30 de mayo horarios diurno y nocturno.	3.399
Tabla 3.2.8.65 Niveles de presión sonora continuo equivalentes corregidos en dBA, ruido ambiental en Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 30 de mayo horarios diurno y nocturno.....	3.399
Tabla 3.2.8.66 Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario nocturno en Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 29 de mayo de 2011.	3.400
Tabla 3.2.8.67 Resultados aforo vehicular mediciones de ruido, domingo 29 de mayo de 2011.....	3.401
Tabla 3.2.8.68 Resultados aforo vehicular mediciones de ruido ambiental, domingo 30 de mayo de 2011	3.402
Tabla 3.2.9.1 Calificación de la variedad del relieve	3.408
Tabla 3.2.9.2 Calificación del contraste de elevación.....	3.409
Tabla 3.2.9.3 Calificación del número de cauces por km ²	3.410
Tabla 3.2.9.4 Calificación de la densidad de drenajes	3.410
Tabla 3.2.9.5 Calificación de la cobertura dominante.....	3.411
Tabla 3.2.9.6 Calificación de combinaciones de coberturas vegetales.....	3.411
Tabla 3.2.9.7 Calificación de la calidad visual.....	3.412
Tabla 3.2.9.8 Grado de conectividad	3.413
Tabla 3.2.9.9 Paisajes fisiográficos que conforman la zonificación ecológica del All	3.414
Tabla 3.2.9.10 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z1	3.417
Tabla 3.2.9.11 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z2	3.419
Tabla 3.2.9.12 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z3	3.421
Tabla 3.2.9.13 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z4	3.423

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.14. Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z5	3.425
Tabla 3.2.9.15 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z6	3.427
Tabla 3.2.9.16. Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z7	3.429
Tabla 3.2.9.17 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z8	3.431
Tabla 3.2.9.18 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z9	3.433
Tabla 3.2.9.19 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z10	3.435
Tabla 3.2.9.20 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z11	3.437
Tabla 3.2.9.21 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z12	3.439
Tabla 3.2.9.22 Áreas de coberturas utilizadas en el análisis.....	3.441
Tabla 3.2.9.23 Calificación de los atributos del contexto topográfico por cuadrícula	3.442
Tabla 3.2.9.24 Calificación de los atributos del contexto hídrico por cuadrícula.....	3.445
Tabla 3.2.9.25 Calificación de los atributos del contexto vegetación por cuadrícula	3.450
Tabla 3.2.9.26 Calificación de los atributos por contextos y cuadrícula.....	3.453
Tabla 3.2.9.27 Calidad paisajística de las cuadrículas.....	3.456
Tabla 3.2.9.28 Áreas de bloques discriminadas por cuadrículas.....	3.458
Tabla 3.2.9.29 Fracción del área de los bloques según la zonificación ecológica.....	3.463
Tabla 3.2.9.30 Calificación de los atributos del contexto topográfico por bloque.....	3.466
Tabla 3.2.9.31 Calificación de los atributos del contexto hídrico por bloque.....	3.467
Tabla 3.2.9.32 Calificación de los atributos del contexto vegetación por bloque.....	3.468
Tabla 3.2.9.33 Calificación de los atributos por contextos y bloque	3.469
Tabla 3.2.9.34 Calidad paisajística de los bloques.....	3.470
Tabla 3.2.9.35 Análisis fisiográfico de los bloques	3.472
Tabla 3.2.9.36 Caracterización de la calidad visual medio inferior	3.473

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.37	Caracterización de la calidad visual medio superior	3.474
Tabla 3.2.9.38	Caracterización de la calidad visual superior.....	3.476
Tabla 3.2.9.39	Conectividad calculada para los bloques.....	3.477

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.2.2.1	Tasa de excedencia de magnitudes del catálogo filtrado	3.49
Figura 3.2.2.2	Sismicidad y zonas sismogénicas superficiales.....	3.51
Figura 3.2.2.3	Sismicidad y zonas sismogénicas profundas	3.52
Figura 3.2.2.4	Distribución espacial de las fallas superficiales en la zona del Proyecto	3.53
Figura 3.2.2.5	Distribución espacial de las fallas superficiales a escala regional	3.53
Figura 3.2.2.6	Espectros de respuesta de aceleración para los sismos de diseño	3.56
Figura 3.2.2.7	Componente N-S del sismo del 25 enero 1999.....	3.57
Figura 3.2.4.1	Estaciones limnigráficas y limnimétricas en el río Cauca	3.103
Figura 3.2.4.2	Hidrógrafas típicas de caudales en años Niño (1991-1992) y Años Niña (1999-2000).....	3.104
Figura 3.2.4.3	Relación Caudal medio anual vs. Temperatura Superficial del mar	3.105
Figura 3.2.4.4	Variación del caudal medio histórico en el sitio de presa	3.106
Figura 3.2.4.5	Variación del caudal medio mensual en el sitio de presa	3.106
Figura 3.2.4.6	Curva de duración de caudales.....	3.107
Figura 3.2.4.7	Curva de frecuencia de caudales máximos.....	3.108
Figura 3.2.4.8	Hidrógrafas asociadas a diferentes periodos de retorno	3.109
Figura 3.2.4.9	Relación Área vs. CMP diferentes proyectos hidroeléctricos....	3.110
Figura 3.2.4.10	Curva de frecuencia de caudales mínimos.....	3.111
Figura 3.2.4.11	Perfil del Delta de Sedimentos para períodos de 25 y 50 años de operación del embalse.....	3.121
Figura 3.2.4.12	Variación de niveles respecto al nivel medio en las distintas estaciones	3.123

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Figura 3.2.4.13	Secciones batimétricas levantadas en la zona de las obras principales	3.124
Figura 3.2.4.14	Esquema tridimensional del modelo hidráulico.....	3.125
Figura 3.2.4.15	Perfil de flujo a lo largo del río cauce para diferentes caudales	3.127
Figura 3.2.4.16	Perfil de velocidades a lo largo del río	3.128
Figura 3.2.4.17	Compactación perfiles de flujo con niveles de orilla levantadas en los trabajos de topografía	3.129
Figura 3.2.4.18	Precipitación promedio mensual en la zona de la estación El Palmar.....	3.133
Figura 3.2.4.19	Precipitación promedio mensual en la zona de la estación Puerto Valdivia.....	3.134
Figura 3.2.5.1	Factores de escala Q para los parámetros involucrados en el WQI-NSF	3.152
Figura 3.2.5.2	Variación de la constante de Henry con la temperatura	3.153
Figura 3.2.5.3	Variación del oxígeno de saturación con la temperatura y la altura sobre el nivel del mar	3.153
Figura 3.2.5.4	Constante A - Cálculo Índice de Langelier	3.157
Figura 3.2.5.5	Constante B, Cálculo del Índice de Langelier.....	3.157
Figura 3.2.5.6	Resultados de los parámetros medidos in situ en el Estudio de Impacto Ambiental.....	3.175
Figura 3.2.5.7	Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el Estudio de Impacto Ambiental medidos en laboratorio.....	3.181
Figura 3.2.5.8	Resultados de los parámetros microbiológicos en el Estudio de Impacto Ambiental.....	3.183
Figura 3.2.5.9	Arreglo de las variables en los componentes CP1 y CP2.....	3.195
Figura 3.2.5.10	Arreglo de las estaciones según sus coordenadas en CP1 y CP2	3.197
Figura 3.2.5.11	Arreglo de las estaciones según sus coordenadas en CP2 y CP3	3.198
Figura 3.2.5.12	Resultados de los parámetros medidos in situ de la vía sustitutiva El Valle-Ituango	3.201
Figura 3.2.5.13	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la vía sustitutiva El Valle – Ituango medidos en laboratorio.....	3.219

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Figura 3.2.5.14	Resultados de los parámetros medidos in situ de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.226
Figura 3.2.5.15	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa, medidos en laboratorio.	3.237
Figura 3.2.5.16	Resultados de los parámetros microbiológicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa	3.239
Figura 3.2.5.17	Resultados de los parámetros medidos in situ de la corrección por cola del embalse	3.250
Figura 3.2.5.18	Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la corrección por cola del embalse	3.263
Figura 3.2.5.19	Resultados de los parámetros microbiológicos en laboratorio de la corrección por cola del embalse	3.264
Figura 3.2.7.1	Perfil por la sección más crítica del vertedero	3.284
Figura 3.2.7.2	Perfil por portal de pozos de compuertas	3.285
Figura 3.2.7.3	Índice Geológico de Resistencia	3.286
Figura 3.2.8.1	Estaciones climatológicas de la zona de estudio.....	3.310
Figura 3.2.8.2	Precipitación media anual	3.311
Figura 3.2.8.3	Variación de la precipitación mensual en estaciones cercanas al sitio de presa.....	3.312
Figura 3.2.8.4	Curva de frecuencia estación El Palmar.....	3.313
Figura 3.2.8.5	Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas.....	3.314
Figura 3.2.8.6	Temperatura media a 650 msnm	3.315
Figura 3.2.8.7	Radiación solar (W/m ²) para el sitio de presa.....	3.316
Figura 3.2.8.8	Parámetros estadísticos de humedad relativa para el sitio de presa	3.317
Figura 3.2.8.9	Concentración de material particulado PST	3.328
Figura 3.2.8.10	Concentración de PM10 punto 1	3.330
Figura 3.2.8.11	Concentración de Material Particulado (PM10) punto 2	3.332
Figura 3.2.8.12	Concentración de Material Particulado (PM10) punto 3	3.334
Figura 3.2.8.13	Concentración de SOx Punto 1	3.336
Figura 3.2.8.14	Concentración de SOx Punto 2.....	3.337
Figura 3.2.8.15	Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) punto 3.....	3.338

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Figura 3.2.8.16	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 1.....	3.340
Figura 3.2.8.17	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 2	3.341
Figura 3.2.8.18	Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 3.....	3.342
Figura 3.2.8.19	Rosa de vientos Estación No. 1, 31 de agosto y el 10 de septiembre de 2009 (24 horas).....	3.346
Figura 3.2.8.20	Rosa de vientos Estación No. 2., 21 y el 31 de agosto de 2009 (24 horas)	3.347
Figura 3.2.8.21	Rosa de vientos Estación 3, 10 y el 20 de septiembre de 2009 (24 horas)	3.348
Figura 3.2.8.22	Resultados obtenidos para PST.....	3.353
Figura 3.2.8.23	Resultados obtenidos para PM10	3.354
Figura 3.2.8.24	Resultados obtenidos para SO2.....	3.355
Figura 3.2.8.25	Resultados obtenidos para NO2	3.356
Figura 3.2.8.26	Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental	3.357
Figura 3.2.8.27	Resultados obtenidos para O3.....	3.358
Figura 3.2.8.28	Rosa de vientos área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Pescadero-Ituango. Puerto Valdivia entre el 21 y el 30 de septiembre de 2009 (24 horas)	3.358
Figura 3.2.8.29	Concentración de Material Particulado PST. Vereda Guriman	3.362
Figura 3.2.8.30	Concentración de materiales Particulado PM10, Briceño – vereda Guriman.....	3.364
Figura 3.2.8.31	Concentración de Dióxido de Azufre SO2.....	3.366
Figura 3.2.8.32	Concentración de Oxido de Nitrógeno (NO2).....	3.367
Figura 3.2.8.33	Resultados de concentración Horarios y Octohorarios de CO Ambiental Guriman Briceño.....	3.369
Figura 3.2.8.34	Frecuencia y distribución de velocidades para la estación meteorológica para periodos de 24 horas.....	3.370
Figura 3.2.8.35	Rosa de vientos Guriman (10 días/24 horas)	3.370
Figura 3.2.8.36	Precipitación acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno Guriman 20 al 30 de mayo de 2011	3.373
Figura 3.2.8.37	Temperatura promedio acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno Guriman 20 al 30 de mayo de 2011	3.373

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Figura 3.2.8.38	Humedad promedio acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno Guriman 20 al 30 de mayo de 2011	3.374
Figura 3.2.8.39	Presión barométrica (mm Hg) para 12 horas (horario diurno y nocturno Guriman 20 al 30 de mayo de 2011	3.375
Figura 3.2.8.40	Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Diurno Domingo 29 de mayo	3.398
Figura 3.2.8.41	Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Nocturno Domingo 29 de mayo	3.398
Figura 3.2.8.42	Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Diurno lunes 30 de mayo	3.400
Figura 3.2.8.43	Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Nocturno Lunes 30 de mayo	3.401
Figura 3.2.9.1	Coberturas boscosas con la delimitación de la zonificación ecológica	3.407
Figura 3.2.9.2	Zonificación ecológica.....	3.416
Figura 3.2.9.3	Patrón espacial de la vegetación en Paisaje Z1	3.418
Figura 3.2.9.4	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z2.	3.420
Figura 3.2.9.5	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z3	3.422
Figura 3.2.9.6	Patrón espacial de la vegetación en el paisaje Z4.....	3.424
Figura 3.2.9.7	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z5	3.426
Figura 3.2.9.8	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z6	3.428
Figura 3.2.9.9	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z7	3.430
Figura 3.2.9.10	Patrón espacial de la vegetación en un paisaje Z8	3.432
Figura 3.2.9.11	Patrón espacial de la vegetación en el paisaje Z9	3.434
Figura 3.2.9.12	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z10	3.436
Figura 3.2.9.13	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z11	3.438
Figura 3.2.9.14	Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z12	3.440
Figura 3.2.9.15	Mapa de calidad visual por cuadrícula	3.457
Figura 3.2.9.16	Mapa de unidades de calidad visual por bloque.....	3.471

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

LISTA DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 3.2.3.1	Cañones conformados por el tipo de relieve en vertiente; éstas son largas y rectilíneas, dando origen a cauces estrechos, que corren por lechos de fondo rocosos.....	3.62
Fotografía 3.2.3.2	Los filos son las formas en que terminan los sistemas montañosos o colinados, por lo general de origen estructural. Vista en frente su forma es como un espinazo; las cimas son agudas, las vertientes largas y rectas, con pendiente fuerte	3.63
Fotografía 3.2.3.3	Estas colinas presentan una incisión moderada, las pendientes son ligeramente escarpadas, con flancos convexos y cimas ligeramente redondeadas	3.64
Fotografía 3.2.3.4	El perfil de meteorización en la zona del altiplano es muy profundo (hasta 30 m), y la erosión en forma de escorrentía de estas superficies de aplanamiento da origen a un sistema colinado, de formas bajas (no superan los 100 m de altura).....	3.64
Fotografía 3.2.3.5	Se observan diferentes terrazas formadas por el río Cauca y sus principales afluentes	¡Error! Marcador no definido.
Fotografía 3.2.3.6	Perfil y uso del suelo Asociación Ituango (IT).....	3.73
Fotografía 3.2.3.7	Perfil y uso del suelo Asociación Raudal (RV)	3.74
Fotografía 3.2.3.8	Perfil y uso actual del suelo en la Asociación Concordia.....	3.80
Fotografía 3.2.3.9	Perfil y uso actual del suelo Complejo Calderas (CL).....	3.82
Fotografía 3.2.3.10	Perfil y Uso del suelo Asociación El Cinco (EC)	3.86
Fotografía 3.2.3.11	Perfil de suelos de la Asociación Santa Fe.....	¡Error! Marcador no definido.
Fotografía 3.2.3.12	Paisaje característico de las tierras apropiadas para sistemas de pastoreo semi-intensivo, localizadas en el municipio de San Andrés de Cuerquia.....	3.98
Fotografía 3.2.4.1	Cauce del río Cauca	3.124

LISTA DE ANEXOS

D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-B-C0003
F-PHI-HYS-ANC-AP3.Memorias Estudio Sedimentos
F-PHI-HYS-ANC-Sedimento y dinámica fluvial
D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-C-C0003 Perfil de las secciones hidrográficas

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

ANEXO 3.2.5.1- D-PHI-EIA-CA-LB informe de Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica de Cuerpos de Agua Superficiales. Modificación Licencia Ambiental Hidroeléctrica Ituango, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental).

D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D C0003 se muestran las Fotografías Estaciones de muestreo de aguas Vía San Andres-El Valle.

D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D-C0004 donde se ilustran las características de las fuentes de agua correspondientes para calidad del agua en la vía Puerto Valdivia-sitio de presa

ANEXO 3.2.5.1- D-PHI-EIA-CA-LB

ANEXO 3.2.8.1- D-PHI-EIA-CA-LB Estudio de calidad del aire

ANEXO 3.2.8.2- D-PHI-EIA-CA-LB Estudio de niveles de ruido

LISTA DE MAPAS

D-PHI-110-LB-PR-AFB-010

D-PHI-110-LB-PR-AFS-010

D-PHI-110-LB-PR-LIT-010 a D-PHI-110-LB-PR-LIT-050

D-PHI-110-LB-PR-GEO-010 a D-PHI-110-LB-PR-GEM-060 I

D-PHI-110-LB-PR-EDA

D-PHI-110-LB-PR-UAC

D-PHI-110-LB-PR-UPO

D-PHI-110-LB-PR-CNF

D-PHI-110-LB-PR-ZVH-010 a D-PHI-110-LB-PR-ZVH-100

D-PHI-110-HS-AB-SEC-010

D-PHI-110-HS-PR-CUE-010

D-PHI-110-HS-PR-SEC-010

D-PHI-110-HS-SO-CUE-010

D-PHI-110-LB-AB-DIV-010

D-PHI-110-LB-AB-DIV-010

D-PHI-012-GEN-GE-B-030

D-PHI-110-PM-PR-UCV-010

3 CARACTERIZACIÓN

3.2 MEDIO FÍSICO

En este capítulo se hace una síntesis de los principales aspectos del medio físico que albergará las obras del proyecto Hidroeléctrico Ituango, lo que permite al lector tener detalles más amplios, de cada uno de los componentes de los tres medios (físico, biótico y social), antes de la presencia del Proyecto.

3.2.1 Geología

Las obras del Proyecto Hidroeléctrico Ituango cubren una gran extensión del territorio centro-norte del departamento de Antioquia. El embalse y las obras principales se localizan en su totalidad sobre el segmento medio del cañón del río Cauca, en el tramo comprendido entre los municipios de Buritica y Olaya , donde se encuentra la cola del embalse, y los municipios de Ituango y Briceño donde se localizan el sitio de presa, casa de máquinas y demás obras. Las vías de acceso, tienen dos corredores diferentes, el primero partiendo de la vía que comunica al municipio de San Andrés de Cuerquia con el municipio de Ituango y el segundo siguiendo aguas arriba la margen izquierda del río Cauca desde el corregimiento de Puerto Valdivia. Ver mapas relacionados con el código D-PHI-110-LB-PR-LIT.

En la mayor parte de su extensión, el embalse tendrá una disposición alargada y estrecha, respaldado por largas vertientes empinadas del cañón del río Cauca, las cuales son el elemento geomorfológico dominante del paisaje.

El cañón del río Cauca divide las cordilleras Central y Occidental de los Andes Colombianos, las cuales presentan marcadas diferencias desde el punto de vista de su evolución geológica y estructural. La cordillera Occidental tiene un origen marino, mientras que la cordillera Central presenta una evolución de tipo continental, representando dos diferentes terrenos alóctonos suturados a través del sistema de fallas Cauca - Romeral a finales del período Cretáceo (Restrepo – Toussaint, 1989). Esta yuxtaposición de ambientes, permite que en la zona del embalse y las vías de acceso, aflore una amplia variabilidad de tipos de roca y depósitos no consolidados; no obstante, las obras de generación se localizan sobre una litología homogénea correspondiente a gneises esquistosos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.1.1 Geología regional

A nivel regional, en la zona del Proyecto afloran rocas metamórficas de edad Paleozoico y posiblemente más antiguas como gneises y esquistos, las cuales hacen parte del Complejo Polimetamórfico de la Cordillera Central (Restrepo – Toussaint, 1982); secuencias ofiolíticas desmembradas incluyendo dunitas, gabros y diabasas del Cretáceo; intrusitos; rocas sedimentarias terrígenas del Terciario, y una gran cantidad de depósitos no consolidados del Cuaternario.

La tectónica regional está dominada fundamentalmente por el sistema de fallas Cauca-Romeral, y algunos de sus sistemas asociados como las fallas de Sabanalarga y de Santa Rita. La evolución de estas estructuras es compleja, con papeles importantes en periodos orogénicos de principio y fin del Terciario, hasta la conformación definitiva del paisaje actual en el Plioceno.

A continuación se presenta una descripción de las principales unidades litológicas encontradas en zona del embalse, de acuerdo a su origen y en orden de antigüedad.

3.2.1.1.1 Complejo de Puquí (P€nP, P€mtP)

El complejo de Puquí (Álvarez *et al.*, 1970) está conformado por un grupo asociado de rocas metamórficas, principalmente migmatitas, gneises, anfibolitas y granulitas, de protolito sedimentario, intruidas por la denominada metatonalita de Puquí. Los protolitos son Precámbricos y su metamorfismo se remonta al Paleozoico (Ordoñez *et al.*, 2002).

Los límites entre las diferentes unidades litológicas no son claros, se presentan desde gradacionales, hasta intermitentes y tajantes. Los primeros, típicos del metamorfismo de la secuencia sedimentaria, los segundos suponen que la intrusión de la metatonalita fue favorecida localmente por movimientos tectónicos (intrusión sintectónica), y los contactos tajantes y dentados son generados a partir de procesos como la intrusión de los gneises por la metatonalita que generan un metamorfismo térmico, y localmente asimilación.

Afloran en el corredor vial de acceso desde el corregimiento de Puerto Valdivia, donde aparecen fundamentalmente las anfibolitas y los gneises. Las anfibolitas son de grano fino a medio, conformadas principalmente por hornblenda y plagioclasa, de textura moderadamente foliada, con coloración grisácea y en estado fresco con buenas propiedades geotécnicas. Los gneises son grueso granulares, conformados por cuarzo, feldespato, micas y anfíboles; exhiben una foliación poco marcada y una muy alta resistencia a la compresión.

De acuerdo con Álvarez *et al.* (1970), estas unidades presentes en la zona del estudio pertenecerían a la secuencia de protolito sedimentario, pero la presencia de xenolitos de la anfibolita en el gneis, claramente identificables en la zona de Sevilla, suponen un origen ígneo intrusivo para el protolito del gneis.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.1.1.2 Complejo Cajamarca (Pzes, Pzmf, Pzni, Pzm, Pza, Pzev),

En general, para la localización en términos estructurales (tectónicos) del Complejo Cajamarca, se puede decir que está limitado al Oeste por el sistema de fallas Romeral, al Este por el Sistema de fallas del Oeste del río Magdalena y luego en sentido NS por la falla Otú Pericos; al Noroeste por la falla Murrucucú y al Sur por la convergencia de los sistemas de fallas Romeral y del Oeste del río Magdalena.

Este Complejo agrupa unidades conformadas por intercalación de esquistos cuarzo sericíticos (Pzes) y actinolítico-cloríticos (Pzev), cuarcitas (Pzmq), gneises aluminicos de medio grado (Pzmf), lentes de anfibolita (Pza) y mármoles esporádicos (Pzm). Hacia el oriente de la falla Espíritu Santo se reconocen secuencias intercaladas de esquistos verdes y gneises cuarzo-feldespáticos y aluminicos (Hall *et.al.*, 1972; Restrepo y Toussaint, 1982; Maya y González, 1995). Corresponden a unidades originadas durante eventos tectono-metamórficos durante el Paleozoico en la cordillera Central. Tienen un origen netamente regional y variaciones de metamorfismo desde grado muy alto hasta medio, reunidas en el denominado Grupo Valdivia. Se incluyen las siguientes unidades:

- Gneises (Pzmf, Pzni)

Conjunto de gneises cuarzo feldespáticos (Pzmf) y aluminicos (Pzni), con una estructura que varía entre esquistosa, gnéisica y migmatítica; plegados y con diferenciaciones mineralógicas y texturales debido a la variabilidad del metamorfismo y a la heterogeneidad de los sedimentos originales. Parte de estos gneises corresponde a la unidad litológica sobre la que se asentarán las obras de generación del Proyecto.

- Esquistos (Pzes, Pzev)

Se localizan intermitentemente a lo largo de la zona de influencia del embalse; al sur en el municipio de Santa Fé de Antioquia y en el centro y norte, desde los alrededores del caserío de Orobajo (municipio de Sabanalarga) hasta la quebrada Sardinias.

Los esquistos presentan intercalaciones de diferentes composiciones, encontrándose cuarzo sericíticos, cloríticos, grafitosos, e intercalados. Las relaciones de éstos con los cuerpos ígneos son en general de tipo intrusivo, mientras que con los gneises es de tipo gradacional a normal, como en cercanías a la zona de la presa.

Esquistos intercalados cloríticos, cuarzosericíticos y grafitosos se encuentran en un 80% del corredor vial de acceso por San Andrés de Cuerquia, se identifican por su bien marcada foliación y sus colores verdes, grises y negros. Es importante resaltar que la estructura o apariencia de esta roca en los afloramientos es variable, pues se encuentra desde una foliación muy marcada en casi todo el recorrido, hasta sectores donde su estructura es masiva por efectos del metamorfismo de contacto, dada la presencia de intrusiones cercanas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

La cobertura de suelos residuales es escasa, debido principalmente a las fuertes pendientes. Predominan los limos arenosos de textura saprolítica, con abundantes bloques rocosos.

Sobre estas rocas, en las zonas de inundación del embalse, se presentan sobrecapas de meteorización inferiores a los 10 m de espesor, con muy escaso desarrollo de suelo residual y predominio de roca fracturada, oxidada y meteorizada.

- Anfibolitas (Pza)

Estas rocas afloran en ambos márgenes de la zona de la cola del embalse, como unos cuerpos alargados y controlados por el tren estructural regional de dirección N-S. El principal cuerpo lo constituye la denominada Anfibolita de Sucre, un cuerpo de textura gnéica a localmente esquistosa, en la que sobresalen las hornblendas y plagioclasas orientadas.

Las anfibolitas están afectadas por un intenso tectonismo, por lo que se presentan altamente fracturadas en la mayoría de sus afloramientos.

3.2.1.1.3 Rocas Ultrabásicas del Cretáceo

- Serpentinitas (Kiu)

Como rasgo característico de la sutura estructural de las cordilleras, se presentan rocas ultrabásicas, controladas por el tren regional de fallas de dirección N-S. Estos cuerpos afloran en el extremo sur en cercanías del corregimiento de Sucre del municipio de Olaya, y en la parte norte, unos 10 km aguas arriba del sitio de presa. Corresponden a serpentinitas de color negro grisáceo, gris oscuro a negro verdoso, en alto grado de fracturación por el efecto tectónico en la zona.

3.2.1.1.4 Rocas Ígneas del Cretáceo

- Gabros (Kig)

Cuerpos intrusivos básicos aparecen tanto por diferenciación magmática de los intrusivos intermedios, como por segmentación de las columnas ofiolíticas. Los primeros, aparecen en fajas delgadas y alargadas de poco espesor, en los alrededores del caserío Orobajo (municipio de Sabanalarga), mientras que las asociadas a columnas ofiolíticas se presentan en delgadas franjas anexas a las rocas ultrabásicas.

Sobre la margen izquierda del cañón del río Cauca, en la zona de la quebrada La Guamera que será atravesada por el acceso desde Puerto Valdivia, aflora un cuerpo muy pequeño de gabro que intruye las rocas de los complejos de Puquí.

- Volcánico de Barroso (Ksvb)

Una de las unidades de mayor extensión de afloramiento a lo largo de la zona del embalse, lo constituye una secuencia de diabasas, basaltos, rocas volcano-sedimentarias y paquetes de chert, pertenecientes a la denominada Formación Barroso (Álvarez y González, 1978). El conjunto, conocido como “rocas verdes”, aparece a lo

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

largo de casi 50 km entre el sector del Guásimo y el caserío de Orobajo (municipio de Sabanalarga), donde limita en contacto fallado con el Batolito de Sabanalarga.

Son rocas de variables propiedades geomecánicas, desde muy duras y resistentes hasta altamente frágiles en las zonas de falla.

- Batolito de Sabanalarga (Ksts)

Un grupo de intrusivos de composición intermedia de finales del Cretáceo sella la sutura de los terrenos marinos y continentales de las cordilleras occidental y central respectivamente. El más sobresaliente de ellos es el denominado Batolito de Sabanalarga, constituido en su mayoría por una diorita de grano medio, que aflora en gran parte de la zona central del embalse, siguiendo la dirección N-S del tren estructural regional.

Como característica general, son rocas de buena calidad geotécnica, salvo las localizadas en sectores de alto fracturamiento debidos al cruce de fallas. En la zona de influencia del embalse, su sobrecapa de meteorización es inferior a los 8 m, con predominio de roca fracturada y oxidada.

- Batolito Antioqueño (Ksta)

Corresponde a un plutón del Cretáceo superior, localizado hacia la parte alta de la vertiente oriental del valle del río Cauca, en jurisdicción del municipio de San Andrés de Cuerquia. Intruye las rocas metamórficas produciendo aureolas de contacto con asociaciones de minerales en facies albita-epidota cornubianita a piroxeno cornubianita. Se compone principalmente, de cuarzdiorita (97% del área total del batolito) y en proporción menos abundante se encuentran facies félsicas (2,8% del área del batolito) y gabroides (0,2% del área del batolito); la textura es equigranular, fanerítica. La roca desarrolla perfiles de meteorización espesos en divisorias amplias y zonas de pendientes moderadas a bajas, y se encuentra fresca en zonas de pendientes fuertes superiores a 500 o en los lechos de ríos y quebradas.

3.2.1.1.5 Rocas Sedimentarias del Terciario (Ts)

Una cobertura local de sedimentitas terrígenas Terciarias afloran en los alrededores del municipio de Santa Fé de Antioquia, como parte de la denominada Formación Amagá (González, 1976). Se intercalan capas de conglomerados polimícticos, areniscas, lutitas y carbones, en estratos métricos, por lo general planares, con pliegues isópacos. Conforman terrenos estables en cuanto a fenómenos de remoción en masa, pero altamente afectables por erosión.

3.2.1.1.6 Depósitos no consolidados del Cuaternario

La elevada morfodinámica de las vertientes del cañón del río Cauca y las cuencas tributarias, ha generado numerosos depósitos no consolidados, entre los que se cuentan los que se presentan a continuación.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Terrazas aluviales (Qt)

Las mejores acumulaciones de sedimentos en forma de terrazas aparecen expuestas en la zona sur del Proyecto, en el sector del municipio de Santa Fé de Antioquia. Estas fueron formadas por la deposición de sedimentos del río Cauca y sus afluentes, en épocas en que el río recorría por niveles superiores, probablemente como resultado del represamiento producido por el megadeslizamiento del Guásimo (Page, 1981).

- Aluviones Recientes (Qal) y depósitos aluviotorrenciales (Qat)

Acumulaciones de tipo aluvial y aluviotorrencial son comunes, principalmente, sobre las desembocaduras de las principales corrientes afluentes del río Cauca. Debido al relieve quebrado y montañoso de esta parte de la cuenca del Cauca; dichos materiales son por lo general tipo grueso granular.

En la zona del municipio de San Andrés de Cuerquia, el río San Andrés ha depositado espesas acumulaciones de este tipo de materiales sobre las que se asienta el municipio, y que serán cruzadas por el corredor vial del Proyecto.

- Depósitos de flujos (Qf)

Corresponden a depósitos de vertiente generados por grandes movimientos en masa, involucrando gran cantidad de agua y por ende un extenso transporte, para finalmente depositarse con una generalizada forma alargada, de mayor amplitud en su parte baja.

Están conformados por una matriz de suelo fino, con diversas proporciones de bloques rocosos, y su estabilidad depende en gran medida de su grado de madurez y la disponibilidad de agua. La mayor parte de ellos están localizados en los segmentos central y sur de la zona de estudio, donde el valle es más amplio y evolucionado.

- Depósitos Coluviales (Qc)

Depósitos de vertiente producidos por movimientos en masa, se presentan puntualmente a lo largo de toda las vertientes del cañón del río Cauca, configurando pequeños peldaños que suavizan la pendiente. Estos depósitos se caracterizan por sus reducidas dimensiones con relación al resto de los materiales no consolidados.

3.2.1.2 Marco Tectónico Regional

Como se discutió en el numeral anterior, el cañón del río Cauca coincide con una importante sutura regional en la que convergen los ambientes de origen marino de la Cordillera Occidental y continental de la Cordillera Central. La principal estructura de la zona la constituye el sistema de fallas Cauca Romeral, que atraviesa el país de Sur a Norte, pero que se encuentra segmentado localmente en numerosas fallas de menor recorrido. En el capítulo de sismología se discute la incidencia de las fallas en las obras principales. A continuación se describen las principales características de cada una de ellas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.1.2.1 Falla Cauca W

Falla de orientación general Norte - Sur, es inversa de alto ángulo, con buzamiento desde 80° Este hasta verticales. Observable en el corregimiento de Bolombolo (municipio de Venecia) y en el municipio de Liborina y más hacia el Norte se confunde con las fallas de Sabanalarga. Cruza terrenos constituidos por los esquistos y anfibolita del paleozoico y por los sedimentos del Terciario.

3.2.1.2.2 Falla Sucre

Falla de orientación general N35°W, que se desprende de la falla de Romeral, con buzamiento mayor de 65° al Este y con el bloque oriental cabalgando sobre el occidental. Afecta terrenos de esquistos del paleozoico, rocas volcánicas del cretáceo, rocas ígneas del Batolito de Sabanalarga y sedimentos del terciario. Cruza al Este de la población de la que toma su nombre.

3.2.1.2.3 Alineamiento quebrada Juan García

Es un alineamiento de orientación general N45°E, que sigue el curso bajo la corriente de la quebrada que toma su nombre; se ve truncado por las trazas de las fallas de Sabanalarga.

3.2.1.2.4 Falla Sabanalarga

Son dos fallas de orientación general Norte - Sur, Sabanalarga E y Sabanalarga W, identificadas en la región de Liborina, cruzando el cañón del río aguas arriba de la desembocadura de la quebrada Peque. Es una falla inversa, buzando 70° al Este. Pone en contacto rocas del Batolito de Sabanalarga y esquistos del paleozoico, afectando además rocas del terciario.

3.2.1.2.5 Falla Barbacoas

Falla de orientación general N10°E, observable cerca al Guásimo; hacia al Norte, se confunde con las trazas de la falla de Sabanalarga. Afecta terrenos del Batolito de Sabanalarga y las diabasas del cretáceo.

3.2.1.2.6 Falla El Guásimo

Son un conjunto de fallas con orientación N10°W a N15°E, de carácter normal y buzando casi vertical con su bloque oriental, descendido con respecto al occidental. Afecta terrenos del Batolito de Sabanalarga y las diabasas del cretáceo. Su traza principal cruza por el sitio en el que se presenta el deslizamiento de El Guásimo.

3.2.1.2.7 Falla Orobajo

Falla con orientación Norte - Sur, es de rumbo y presenta un buzamiento casi vertical. Afecta terrenos de gabros y diabasas del cretáceo, esquistos del paleozoico y al Batolito de Sabanalarga.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.1.2.8 Falla Ituango

Se extiende desde la región de Toledo y cruza por el municipio de Ituango; se considera que hace parte de una de las trazas principales del sistema Romeral. Su orientación general es Norte - Sur, de carácter inverso y buzamiento fuerte. Afecta rocas tipo esquistos y gabros.

3.2.1.2.9 Fallas Santa Rita

Son dos fallas denominadas Santa Rita Este, con dirección general N20°E, y Santa Rita Oeste, con dirección general N35°E, que cruzan sobre las vertientes del cañón, en inmediaciones de las desembocaduras de los ríos Ituango y San Andrés. Fallas de Rumbo con altos buzamientos que afectan terrenos constituidos por gneises y esquistos del paleozoico.

3.2.1.2.10 Falla La Volcanera

Falla con orientación general Norte - Sur, cruza el cañón del río Cauca a la altura de la corriente de la que toma su nombre, aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Sinitavé. Define contactos entre los esquistos del paleozoico y las rocas del Complejo de Puquí.

3.2.1.2.11 Falla Espíritu Santo

Falla regional N45°E, que se observa desde la zona de Liborina hasta aguas abajo de Puerto Valdivia, controlando parte del cañón del río Cauca. Es una falla de tipo inverso, buzamientos mayores a los 75° suroeste, con desplazamiento sinextrolateral. Define contacto entre los esquistos del paleozoico y las rocas del complejo Puquí.

3.2.2 Geomorfología

Esta actividad fue desarrollada con base en el análisis de fotografías aéreas de diferentes años (ver Tabla 3.2.2.1), pues de esta manera se puede tener una visión global y panorámica de las características morfológicas del terreno, entre las que se encuentran los rasgos estructurales y erosivos más importantes. La fotointerpretación sistemática de la zona de interés tiene el alcance de un reconocimiento general y permitió definir la espacialización de los principales rasgos geomorfológicos y morfodinámicos que puedan ser de importancia para la toma de decisiones. Además, se tomó como base de trabajo la información existente en estudios de Woodward - Clyde Consultants (1981), Integral (1982), Ingeominas (Gonzalez, 2001) y Corantioquia (2001 y 2004).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.2.1 Registro de fotografías aéreas utilizadas

Vuelo	Faja	Fotos	Escala
FAL 365	F4	459 – 472	1:30.000
FAL 365	F5	443 – 457	1:30.000
FAL 365	F7	409 – 417	1:30.000
FAL 365	F8	418 – 426	1:30.000
FAL 91	F07	74 -103	1:32.100
FAL 22	F06	03 – 36	1:30.400
FAL 22	F05	74 – 98	1:30.100

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Con los datos de esta fase se construyó un mapa regional a escala 1:25.000 (Ver mapas relacionados con el códigos D-PHI-110-LB-PR-GEO, en los cuales se presentan los rasgos más destacados. El trabajo de fotointerpretación se orientó hacia la obtención de información que diera bases a los cuatro objetivos básicos que se mencionan a continuación:

- Identificar las unidades geomorfológicas de la zona de interés para el Proyecto.
- Identificar las zonas con procesos erosivos y movimientos en masa que pueden ser de interés para el manejo de sedimentos que se aportan al embalse.
- Identificar rasgos geomorfológicos que puedan servir de indicio de actividad neotectónica de las fallas cartografiadas en la región.
- Aportar información espacial sobre posibles deslizamientos de gran tamaño y que pudieran ser de interés para la estabilidad del embalse.

En las regiones de relieve montañoso, la geomorfología permite delimitar zonas con características paisajísticas homogéneas que probablemente son el resultado de la interacción de un conjunto de variables geológicas, tectónicas y climáticas; si se identifican correctamente, es posible suponer que cada una de ellas, en la medida en que son el resultado de una evolución común, morfogénesis, tendrán un comportamiento similar en el futuro (morfodinámica).

La morfogénesis permite identificar los criterios de homogeneidad que tiene una determinada porción del territorio estudiado y que se diferencia en algún grado con las zonas que lo limitan. Encontrando esas condiciones de homogeneidad, es fácil suponer que la zona geomorfológica así delimitada, se comportará homogéneamente y adquiere interés práctico en la medida en que se identifican los procesos superficiales (erosión, movimientos en masa, entre otros) que pueden ocurrir en un periodo de tiempo relativamente corto, como es el de vida útil de una obra de ingeniería.

Se adoptó como hipótesis de trabajo que la geomorfología del cañón del río Cauca debe reflejar también el proceso de levantamiento de las cordilleras colombianas,

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

asumiendo que el desarrollo de éste fue simultáneo, lo cual puede verse bien reflejado en el sistema de altiplanos de la zona central de Antioquia.

De otro lado, la complejidad del sistema tectónico del valle (sistemas de fallas de Cauca - Romeral) tiene que mostrar su influencia en la morfogénesis de esta región; más difícil de identificar es la influencia particular que han tenido las variaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario.

Se identificaron las zonas con procesos erosivos correspondientes a cada unidad geomorfológica, con el fin de tener una asociación que permita tener un acercamiento a la morfodinámica de la zona. Se identificaron entonces rasgos como cicatrices de deslizamientos antiguos y recientes, erosión superficial, erosión concentrada, escarpes erosivos, grado de incisión, cárcavas y surcos.

Como en algunos sitios la escala disponible de las fotografías aéreas dificultó la identificación de rasgos importantes, se consultó el estudio de CORANTIOQUIA¹ (2001) que cubre el tramo comprendido entre los municipios de Santa Fé de Antioquia y Sabanalarga. La información presentada al Norte de esta última población está basada solamente en la fotointerpretación.

3.2.2.1 Unidades de Paisaje:

3.2.2.1.1 Macrounidad Alta Incisión (AI)

- Unidad Vertiente media de superficie irregular (AI-Vmsi)

Se encuentra ubicada en la margen Oeste del río Cauca, al norte del río Ituango, e incluye la quebrada Maratón y la quebrada Guaico. Se localiza entre 250 y 1.650 msnm y está constituida por una vertiente irregular, ligeramente convexa, con longitud entre 850 y 2.100 m, inclinación entre 35 a 50 ° y dirección general N -S. La incisión es moderada y desarrolla valles en forma de “V” abierta. Conforman sistemas de filos con cima irregular, moderadamente amplia, que desarrolla flancos cortos e irregulares con una incisión baja. Esta unidad se desarrolla sobre gneises y esquistos. Cicatrices de movimientos en masa medianos están asociadas a las laderas de los ríos Ituango y Cauca, dispuestos aleatoriamente a diferentes alturas dentro de la unidad. Son comunes los desgarres en las quebradas Maratón y Pescadito en dirección del río Cauca.

- Unidad Vertientes en la cuenca de la quebrada Pascuita (AI-VP)

Se localiza en la margen izquierda del río Ituango. Está entre las cotas 600 y 2.400 msnm. Las vertientes son planas de 15 a 30° de inclinación y longitud entre 1.800 y 2.500 m; la incisión sobre los flancos es moderada y desarrolla valles en forma de “V”

¹ CORANTIOQUIA. Mapa geomorfológico, de amenazas y de áreas degradadas de la jurisdicción de Corantioquia a escala 1:100.000. Medellín: Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

abierta. Las rocas que afloran en esta unidad son esquistos. Cicatrices de movimientos en masa medianos están asociadas a las laderas de la quebrada.

- Unidad Vertientes largas de superficie convexa (AI – Visc)

Se localiza en la margen Oeste del río Cauca, entre el río Ituango y la divisoria de aguas de la quebrada Burundá. Es una vertiente larga ubicada entre las cotas 250 y 1.900 msnm, cuya longitud varía de 2.000 y 4.000 m, con pendiente entre 20 a 30°; conformando una superficie irregular y convexa, con un grado de incisión bajo a excepción de la generada por las quebradas Burundá y La Cascada, que conforman un filo de tope amplio y redondeado. La quebrada Burundá ha desarrollado un importante valle con sección transversal en forma de “V” cerrada, con importantes procesos erosivos representados por movimientos en masa medianos y desgarres ubicados en la parte baja de los taludes del valle. En esta unidad se presentan gneises.

- Unidad Vertientes de filos cortos (AI – Vfci)

Se ubican en la margen Oeste del río Cauca, entre la quebrada Sardinas y la divisoria de aguas de la quebrada Burundá. Se localiza entre 250 y 1.500 msnm, y está constituida por un filo principal de tendencia NW estrecho, subredondeado, largo e irregular con cambios de pendiente. De él se desprende un conjunto de filos de longitud moderada, estrechos, de fuerte inclinación, que desarrollan flancos planos, de longitud entre 1.600 m y 1.900 m e inclinación moderada entre 30 a 40°. La incisión es moderada a baja, con valles de sección transversal en forma de “V” abierta.

Los filos no llegan hasta el río Cauca pues se truncan, dando paso al escarpe del borde del río Cauca. Está conformada por rocas gnéicas y esquistosas. Esta unidad conforma los taludes norte del valle de la quebrada Sardinas, los cuales son más largos, más planos y ligeramente más inclinados que en el costado sur. Los procesos erosivos son cicatrices de movimientos en masa y se localizan en la parte alta del filo principal, también hay desgarres en los taludes de la quebrada Guasimal.

- Unidad Filo alargado en dirección NS (AI – Fa)

Se encuentra en ambos márgenes del río Cauca; al lado Este, entre las quebradas Sardinas y Santa María, y en el lado oeste, entre las quebradas Sardinas y Cortadera. Ubicado entre las cotas 250 y 1.200 msnm, se caracteriza por desarrollar un filo alargado en dirección NS, moderadamente estrecho y anguloso; los flancos son planos con pendiente entre 30 y 45° y tienen una longitud entre 500 y 1.400 m. La incisión es baja con un incipiente desarrollo de filos. Esta unidad se desarrolla sobre gabros y esquistos. Los procesos erosivos son pocos y están representados por cicatrices de pequeños movimientos en masa.

- Unidad Vertientes de fuerte inclinación (AI – Vfi)

Ubicada en el margen Este del río Cauca, entre el río San Andrés y la quebrada Pescado. Localizada entre los 250 y 2.400 msnm, desarrolla un filo principal en dirección NS, moderadamente amplio y redondeado, del cual se desprende un

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

conjunto de fillos con cima subredondeada, que a media ladera dan paso a una vertiente larga de fuerte inclinación y superficie plana continua, con incisión baja. Los fillos que se desprenden del principal son largos, de pendientes fuerte, y desarrollan flancos amplios y planos con pendientes moderadas entre 40 a 50°, con longitudes entre 1.000 y 2.700 m e incisión baja, desarrollando valles con forma de “V” abierta.

Está conformada por gneises, gneises intrusivos y esquistos. Esta unidad al llegar al río San Andrés, en el límite sur occidental, entre la quebrada Cangrejo y el río Cauca, adopta una forma convexa, imprimiendo una apariencia sobresaliente, diferente al resto de la unidad. Hay una alta densidad de procesos erosivos, evidenciado en la concentración de desgarres y cicatrices de movimientos en masa activos y antiguos en la quebrada El Orejón. Se destacan cicatrices de movimientos en masa grandes en las quebradas Tenche y Ticutá, en dirección del río Cauca y en el río San Andrés.

- Unidad Vertiente con desarrollo de fillos con flancos de longitud media (AI - Vffm)

Se localiza en el margen Este del río Cauca, entre el río San Andrés y la divisoria de aguas de las quebradas Tacuí y Uriaga. Ubicada entre las cotas 250 y 2.000 msnm, con una longitud entre 700 y 2.000 m y pendientes de 35 y 45°; esta vertiente desarrolla fillos alargados de cima subredondeada, continua e inclinación moderada, que desarrolla flancos amplios con inclinaciones y grado de incisión moderado, generando valles con sección transversal en forma de “V” abierta. Hacia el río San Andrés la pendiente se suaviza un poco, permitiendo el desarrollo de abanicos aluviales en las quebradas principales. Está desarrollado sobre gneises y esquistos. Los procesos erosivos son leves y están representados por una pequeña zona de erosión en la cabecera de la quebrada Tacuí.

- Unidad Vertiente con fillos largos con flancos de longitud corta (AI – Vfca)

Ubicada en la margen Oeste del río Cauca, entre las quebradas Cortadera y Peña. Se encuentra entre las cotas 275 y 1.400 msnm, con pendiente moderada entre 30 y 45°. Desarrolla un filo con tendencia NS de tope amplio, subredondeado e irregular, que tiene varios cambios de pendiente en su recorrido. La incisión es moderada, generando un conjunto de fillos largos con cima subredondeada, flancos de longitudes entre 500 m y 1000 m y pendientes moderadas en diferentes direcciones, cuya incisión es baja, desarrollando valles en forma de “V” abierta. Cicatrices de movimientos en masa y zonas erosivas en el nacimiento de la quebrada La Playuela son comunes, al igual que pequeños desgarres en los afluentes de la quebrada Cortadera, principalmente en la parte alta. Esta unidad está desarrollada en esquistos.

- Unidad Vertiente con fillos cortos margen este (AI – Vfca)

Se localiza en la margen Este del río Cauca, entre la divisoria de aguas de las quebradas Chepe y Caimital y la quebrada Sardinas. Está representada por un conjunto de fillos localizados entre los 250 y 1.700 msnm, con pendiente moderada entre 40 y 50°, una longitud entre 500 y 2.000 m, y dirección E-W, los cuales son interrumpidos por la formación de facetas triangulares. El grado de incisión de la

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

unidad es moderado y los drenajes desarrollan valles en forma de “V” abierta. La unidad se encuentra sobre esquistos, gabros y rocas sedimentarias del terciario. Cicatrices de movimientos en masa, con los depósitos asociados, se encuentra en cercanías a la quebrada Sardinas.

- Unidad Vertiente en la cuenca de la quebrada Santa María (AI – Vsm)

Se encuentra en la margen Este del río Cauca, entre la quebrada Santa María y la divisoria de aguas de dicha quebrada, entre las cotas 300 y 2.000 msnm. Está conformada por un conjunto de filos en dirección W-E, con flancos planos, longitud entre 600 y 1.200 m y pendientes entre 40 y 60°. La incisión sobre la vertiente es moderada y los drenajes desarrollan secciones transversales en forma de “V” abierta. Las rocas que afloran en esta unidad pertenecen al Batolito de Sabanalarga. Los procesos erosivos están representados por cicatrices de medianos movimientos en masa y pequeños desgarres.

- Unidad Vertiente de longitud media (AI – Vm)

Ubicada en la margen Este del río Cauca, entre la divisoria de aguas de la quebrada Santa María y la cañada El Derecho, desde los 300 a los 1.200 msnm. Sus longitudes varían de 800 a 1.600 m, y se caracteriza por un incipiente desarrollo de filos largos de tope amplio, con flancos planos y pendiente entre 40 y 60°. La incisión es moderada y las secciones transversales de los drenajes son en forma de “V” abierta. Esta unidad se desarrolla sobre el Batolito de Sabanalarga y Gabros. Los procesos erosivos son pequeños desgarres y cicatrices de movimientos en masa, especialmente en la parte baja cercana al río.

- Unidad Vertiente con filos controlados estructuralmente (AI – Vfe)

Se encuentra en la margen oeste del río Cauca, a media ladera de la vertiente que cruza las quebradas La Bastilla, El Altico y la quebrada Pena, entre otras. Se localiza entre 300 y 2.000 msnm, y corresponde a una vertiente interrumpida por silletas, las cuales definen entre ellas filos en dirección NS que contrastan con la dirección de los filos de la vertiente. La incisión de los drenajes es alta al igual que la densidad, contrastando con la parte alta de la vertiente. Los filos tienen topes estrechos, angulosos, de flancos cortos, con pendiente general entre 30 y 40° y longitudes entre 700 y 1.600 m. En esta unidad se presentan rocas del Batolito de Sabanalarga y diabasas de la Formación Barroso. Los procesos erosivos están concentrados en la parte alta de la unidad y generalmente son desgarres.

- Unidad Vertiente de inclinación moderada (AI – Vm)

Ubicada en la margen oeste del río Cauca, entre las quebradas Peque y la divisoria de aguas de la quebrada Zajón del Potrero. Esta es una vertiente de superficie plana e irregular, localizada entre 425 y 1.650 msnm y longitud entre 900 y 1.800 m, con un filo de tope estrecho, redondeado e irregular, con flancos largos, pendiente moderada de 35 a 40° e incisión media, conformando valles de sección transversal en forma de “V”

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

abierta. Está desarrollada sobre diabasas de la Formación Barroso. Una zona de erosión se identifica en la margen izquierda de la quebrada Peque y existen pequeños desgarres, no cartografiados a la escala de presentación de los mapas..

3.2.2.1.2 Macrounidad vertientes bajas margen Oeste (VBO)

- Unidad Filo bajo en dirección NE (VBO – Fne)

Se localiza al costado Oriental en la desembocadura de la quebrada Peque, entre los 300 y 650 msnm. Presenta un tope alargado en dirección NE, estrecho y subredondeado, de flancos cortos, cuyas longitudes varían entre 200 y 500 m y la pendiente entre 35 a 40°, con desarrollo de terrazas alargadas en la parte baja de la quebrada Peque. La dirección de filo es contrastante con la disposición de las geoformas circundantes; la quebrada en su tramo final también adopta esta dirección NE y representa un rasgo estructural correspondiente a un lomo de arrastre. En esta unidad afloran diabasas de la Formación Barroso.

- Unidad Vertiente larga y moderada (VBO – Vlm)

Se localiza entre la divisoria de aguas al sur y el cauce de la quebrada Peque y la quebrada del mismo nombre, entre los 425 y 2.100 msnm. Es una vertiente de pendiente moderada, entre 45 a 60°, y longitudes entre 700 y 2.500 m; se caracteriza por presentar un incipiente desarrollo de filos largos de topes amplios, casi planos y flancos muy cortos; la incisión es baja y afloran rocas diabásicas. Pequeñas cicatrices de movimientos en masa son frecuentes, junto con desgarres.

- Unidad Vertiente con desarrollo de filos de flancos medios (VBO – Vffm)

Ubicada entre las quebradas Purgatorio y San Julián, y la quebrada Jeringa y la divisoria de aguas sur de la quebrada Peque. Esta unidad, localizada entre los 325 y 2.700 msnm, desarrolla filos de topes estrechos, subredondeados, largos e irregulares, con flancos medios, de pendientes entre 45 a 60 ° y longitudes entre 900 y 1.800 m; los drenajes tienen una incisión moderada y han desarrollado valles de sección transversal en “V” semiabierta. En el sector próximo al río Cauca hay un cambio en el aspecto de la geoforma, caracterizado por zonas erosionadas, cicatrices de movimientos en masa, cárcavas y en los tramos finales de algunas quebradas, una fuerte incisión. La microcuenca de la quebrada El Salto se caracteriza por la gran cantidad de procesos erosivos que presenta. Las rocas que afloran son diabasas de la Formación Barroso.

- Unidad Filos de tope irregular y flancos de inclinación fuerte (VBO – Fti)

Se encuentra entre la cañada Boquerón, quebradas San Julián y Jeringas y una quebrada sin nombre. Ubicada entre las cotas 325 y 1.500 msnm, se caracteriza por presentar dos filos de flancos de longitud media, entre 900 y 2.000 m, con cima estrecha y superficie irregular, con inclinación fuerte entre 45 a 60°; la incisión es moderada y los drenajes desarrollan valles en forma de “V” abierta. En la parte baja de los flancos hacia el río Cauca, la pendiente se suaviza y hay presencia de diferentes depósitos de flujo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

La apariencia de la unidad es de un filo continuo que ha sido cortado por donde ha labrado su cauce la intersección de las quebradas San Julián y Jeringas. Las rocas que afloran en el área son diabasas de la Formación Barroso. Cicatrices de pequeños movimientos en masa están presentes en la parte baja (hacia el río Cauca) de la unidad y una cárcava mediana se localiza en el nacimiento de uno de los afluentes de la quebrada Jeringa.

- Unidad Vertiente de superficie convexa (VBO – Vsc)

Ubicada en la zona comprendida por las quebradas San Julián y Jeringa, entre las cotas 600 y 2.500 msnm. La longitud de los flancos varía de 900 a 1.800 m, y las pendientes de 45 a 60°; en la parte más alta de la vertiente hay un filo de tope estrecho y subredondeado, y desarrolla flancos largos y de superficie convexa; las quebradas San Julián y Jeringas bordean la unidad hasta intersectarse, dando una apariencia especial al sector en forma de U. Los drenajes tienen incisión moderada y conforman valles de sección transversal en forma de “V” abierta. Las rocas presentes son diabasas de la Formación Barroso. Los procesos erosivos están concentrados en la parte baja de la unidad y se representan en una amplia zona de erosión, con presencia de pequeños desgarres.

- Unidad Vertientes en la cuenca de la quebrada Las Cuatro (VBO – Vlc)

Esta unidad se localiza en la cuenca de la quebrada Las Cuatro. Está caracterizada por vertientes largas, planas e irregulares localizadas entre los 400 y 2.000 msnm, cuya longitud varía entre 1.000 y 1.500 m, y la pendiente entre 45 a 60°. Presenta un incipiente desarrollo de filos, incisión baja de los drenajes y conformación de secciones transversales en forma de “V” abierta. Las rocas que afloran en esta unidad son diabasas de la Formación Barroso. Los procesos erosivos identificados son cicatrices de antiguos movimientos en masa, zonas de erosión con concentración de surcos y algunas cárcavas de tamaño moderado. CORANTIOQUIA² (2004) cataloga esta unidad como un área con procesos de degradación severos.

- Unidad Vertientes de longitud media (VBO – Vm)

Ubicada entre la quebrada El Violín y la divisoria de aguas de la quebrada Las Cuatro. Se localiza entre los 375 y 1.500 msnm, con longitud entre 1.500 y 2.200 m y pendiente entre 45 a 60°. Son vertientes largas, planas con un incipiente desarrollo de filos, la incisión es baja y los drenajes desarrollan valles en forma “V” de abierta. Las rocas que afloran son diabasas de la Formación Barroso, muy afectadas por procesos erosivos avanzados.

- Unidad Vertiente de superficie irregular (VBO – Vsi)

² CORANTIOQUIA. Caracterización y cuantificación de las áreas degradadas de la territorial Hevéxicos. Medellín, 2004.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Se encuentra entre la quebrada La Clara y la divisoria de aguas de las quebradas Guásimo, caño Rosa y caño Guida, entre las cotas 375 y 1.300 msnm. Esta unidad es definida por el megadeslizamiento del Guásimo, con un escarpe caracterizado por la fuerte pendiente (45 a 60°), la superficie irregular y el desarrollo de drenaje subdendrítico.

Este sector es seguido por la subunidad correspondiente al área de depositación de los materiales del megadeslizamiento, consistente en una superficie irregular y ondulada, de pendiente suave entre 10 a 20° y longitud aproximada de 2.000 m, que presenta diferentes depósitos de flujos en su interior; la incisión de los drenajes es fuerte, desarrollando valles en forma de “V” cerrada. Esta unidad está desarrollada sobre depósitos de flujos y diabasas de la Formación Barroso. Cárcavas en los drenajes del sector de depositación del megadeslizamiento son comunes, al igual que cicatrices de movimientos en masa medianos y pequeños. Según CORANTIOQUIA (2004), los procesos de degradación son severos.

- Unidad Vertiente de filos ramificados con flancos de fuerte inclinación (VBO – Vfr)

Corresponde a una franja ubicada entre las quebradas La Clara y Aguada. Se encuentra entre los 425 y 2.100 msnm y se caracteriza por presentar topes agudos con ramificaciones, los flancos son planos con 45 a 60° de inclinación, y la longitud es de 800 a 2.000 m. La incisión sobre los flancos es baja, conformando valles de sección transversal en forma de “V” cerrada. Esta unidad se desarrolla sobre diabasas de la Formación Barroso y el Batolito de Sabanalarga. Se presentan cicatrices de deslizamientos medianos y pequeños, desgarres, y zonas de erosión con surcos y cárcavas. Un gran porcentaje de la unidad es área degradada severa y las vaguadas de las quebradas son áreas no degradadas (CORANTIOQUIA, 2004).

- Unidad Filo continuo de flancos planos (VBO – Ffp)

Se ubica entre las quebradas La Aguada, Manuela y Tunala. Se localiza entre los 425 y 1.500 msnm y se destaca un filo continuo y alargado, con cambio brusco en su dirección, en el sector sur es NW y al norte NE, con flancos planos, de longitudes entre 600 y 1.200 m y pendientes entre 45 a 60°. La incisión es moderada y los drenajes desarrollan valles en “V” estrecha. En la ladera Este del filo con dirección NE, hay mayor desarrollo de filos con flancos cortos, topes estrechos y agudos que la ladera Oeste donde la erosión es mayor. Las rocas presentes en esta unidad pertenecen al Batolito de Sabanalarga. Los procesos erosivos en toda la unidad están representados por desgarres, cárcavas y cicatrices de movimientos en masa medianos. La unidad tiene procesos de degradación severos (CORANTIOQUIA, 2004).

- Unidad Vertiente con filos planos y cortos (VBO – Vfpc)

Ubicada entre el río Tonusco, 1,5 km al Este del municipio de Santa Fé de Antioquia y la quebrada Morena. Se localiza entre las cotas 425 y 1.500 msnm, y se caracteriza por los filos de tope agudo y flancos planos, con 30 a 35° de inclinación y 500 a 800 m de longitud. La incisión sobre los flancos es moderada y desarrollan valles de sección

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

transversal en forma de “V” cerrada. Las rocas que afloran en esta unidad pertenecen al Batolito de Sabanalarga. La unidad presenta procesos erosivos muy avanzados especialmente en la parte final de los filos. Según CORANTIOQUIA (2004), los procesos de degradación en la unidad son severos.

3.2.2.1.3 Macrounidad vertientes bajas margen Este (VBE)

- Unidad Vertiente con filos ramificados (VBE – Vfr)

Ubicada entre la quebrada El Carunco y la quebrada Remartín y al este entre la quebrada El Hurón y la Cañada El Derecho. Corresponde a un sistema de filos localizados entre los 300 y 1.050 msnm sin dirección definida, con tope estrecho, corto, subredondeado y no continuos por la presencia de silletas. Los flancos tienen una longitud corta (700 y 900 m), inclinación moderada entre 30 y 45° y grado de incisión moderado; tienen una superficie plana y rugosa. Las secciones transversales de los drenajes desarrollan valles en forma de “V” semiabierta. Esta área está conformada por diabasas, esquistos y gabros. La unidad se caracteriza por presentar gran cantidad de procesos erosivos tipo desgarrar y movimientos en masa, que en algunos casos, presenta su depósito asociado.

- Unidad Vertiente de inclinación baja (VBE – Vib)

Ubicada entre la quebrada Remartín y 3 km al sur del casco urbano del municipio de Sabanalarga. Es una faja alargada de dirección NS, que se encuentra localizada entre las cotas 700 y 1.000 msnm, y se caracteriza por ser una superficie plana a ondulada, con una inclinación entre 30 y 45°, y amplitud que varía entre 300 y 800 m. El grado de incisión de los drenajes es bajo y está conformada por diferentes depósitos no consolidados y rocas sedimentarias Terciarias. Según CORANTIOQUIA (2004), es un área con degradación moderada.

- Unidad Vertiente con desarrollo de filos redondeados (VBE – Vdfr)

Se localiza entre las quebradas El Carunco y Membrillal. Es un conjunto de filos que se encuentran entre 325 y 1.150 msnm, con pendientes moderadas entre 30 y 45°; presentan cimas redondeadas y amplias, orientadas N-S, con desarrollo de flancos de corta longitud (700 y 1.000 m) y superficies irregulares, cóncavas y con una alta densidad de drenajes de incisión baja; entre los filos, los drenajes tienen una incisión fuerte y desarrollan valles en forma de “V” cerrada. Es común encontrar en los filos más largos, silletas y desarrollo de altos. Las rocas que afloran en esta unidad son diabasas de la Formación Barroso. Los procesos erosivos son importantes y es común encontrar desgarrar y cicatrices de movimientos en masa activos e inactivos, principalmente ubicados en la parte alta de los nacimientos de las quebradas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Unidad Vertiente con filos de flancos cortos (VBE – Vffc)

Esta unidad se localiza entre las quebradas Membrillal y Juan García. Es una faja alargada, ubicada entre las cotas 350 y 1.150 msnm, que se caracteriza por el desarrollo de filos con topes estrechos, subredondeados, con flancos planos, de inclinación entre 30 y 40° y 400 a 800 m de longitud. La incisión es moderada, conformando valles de sección transversal en forma de “V” abierta. Las rocas que allí se presentan pertenecen al Batolito de Sabanalarga. En la unidad hay gran cantidad de procesos erosivos, representados por cicatrices de movimientos en masa activos e inactivos, medianos y pequeños, y desgarres. CORANTIOQUIA (2004) propone para esta unidad diferentes grados de degradación (severo, moderado y no degradado).

- Unidad Vertiente ondulada de depósitos (VBE – Vod)

Se encuentra en la parte baja de la vertiente. Es una franja alargada y estrecha, localizada entre 350 y 550 msnm; en la parte alta se encuentra un conjunto de depósitos de flujos y terrazas en diferentes posiciones topográficas, que dan una forma ondulada de pendiente baja entre 10 y 20°, seguida por un escarpe que en algunos tramos llega directamente al río y en otros es limitado por las terrazas actuales del río Cauca; los drenajes principales tienen un alto grado de incisión y han desarrollado valles en forma de “V” estrecha. La unidad está desarrollada en depósitos. Cicatrices de movimientos en masa antiguos y recientes, son frecuentes en las márgenes de las principales quebradas que atraviesan la unidad. Es un área con un proceso de degradación moderado (CORANTIOQUIA, 2004).

- Unidad Vertiente con filos cortos y planos (VBE – Vfcp)

Localizada entre la quebrada Seca (Municipio de Olaya) y la quebrada Juan García. Esta vertiente se ubica entre las cotas 450 y 1.000 msnm, y está caracterizada por desarrollar filos con topes agudos, subredondeados y discontinuos debido a la presencia de silletas, con flancos planos, cortos (300 a 600 m de longitud) e inclinación de 30 a 45°. La incisión es baja y los drenajes conforman valles de sección transversal en forma de “V” abierta. Las rocas de esta unidad son diabasas, anfíbolitas y rocas sedimentarias terciarias. La unidad en general es un área con procesos de degradación severos y localmente muy severos (CORANTIOQUIA, 2004).

3.2.2.1.4 Macrounidad vertiente media margen Este (VME)

- Unidad Vertiente con filos largos (VME – Vfl)

Se encuentra localizada entre la cañada El Derecho y la quebrada Niquia. Corresponde a un sistema de filos alargados, ubicados entre 600 y 240 msnm, con tope moderadamente estrecho y subredondeado; los flancos son planos a ligeramente convexos, con longitudes entre 900 y 1.700 m y pendiente entre 40 y 60°; la incisión es baja y desarrolla valles con sección transversal en forma de “V” abierta. La unidad está modelada sobre rocas del Batolito de Sabanalarga. Los procesos erosivos son cicatrices de movimientos en masa y gran cantidad de desgarres.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Unidad Vertiente de fuerte inclinación (VME – Vfi)

Ubicada desde 1 km al norte del casco urbano del municipio de Sopetrán hasta la quebrada Juan García. Localizada entre las cotas 1.200 y 2.100 msnm, se caracteriza por presentar una forma general plana con inclinación entre 20 a 35° y longitud que varía entre 1.400 y 2.300 m. La incisión es moderada, generando un sistema de filos con topes moderadamente estrechos, subredondeados y flancos planos y cortos; los valles desarrollados por los drenajes tienen sección transversal en forma de “V” abierta. Las rocas de esta unidad son esquistos. El principal proceso erosivo de la unidad son desgarres medianos. CORANTIOQUIA (2004) la clasifica como un área con procesos de degradación moderados y localmente no degradada.

3.2.2.1.5 Macrounidad Fondo (F)

- Unidad Colinas medias (F – Cm)

Ubicada en la margen Este del río Cauca, desde 1 km al este del casco urbano de Santa Fé de Antioquia, hasta la desembocadura de la quebrada La Mariscal. Se localiza entre 450 y 1.000 msnm y está conformada por un sistema de colinas con topes al mismo nivel; presenta topes agudos y flancos planos e irregulares, cortos, con longitudes entre 200 y 500 m y pendiente entre 5 y 10°; la incisión es moderada y desarrolla valles con sección transversal en forma de “V” abierta. Las rocas que se presentan en esta unidad son anfibolitas. En general toda la unidad presenta un avanzado proceso de erosión y hay presencia de pequeños desgarres. La unidad en general es un área con procesos de degradación severos y localmente muy severos (CORANTIOQUIA, 2004).

- Unidad Llanura aluvial del río Cauca (F – Lla)

Ubicada en ambos márgenes del río Cauca, en el sector comprendido entre la desembocadura del río Tonusco hasta aproximadamente la desembocadura de la quebrada Juan García. Está conformada por fajas alargadas en el sentido del río, con una amplitud variable, dado el carácter trenzado que el río tiene en este tramo, cambiando su cauce constantemente; en la llanura aluvial se encuentran sedimentos finos como arcillas, limos, arenas y gravas finas, y en algunas partes se forman barras centrales y laterales constituidas de gravas gruesas. Esta unidad no presenta procesos erosivos importantes.

- Unidad Terrazas aluviales (F – Ta)

Se presentan principalmente en el sector comprendido entre la desembocadura de la quebrada La Juanes y Juan García; sin embargo, en el recorrido del río hasta el sitio de presa, se encuentran terrazas localizadas en estrechas franjas en los márgenes del río. Esta unidad está conformada por fajas alargadas en el sentido del río, caracterizadas por su forma plana en el tope, subhorizontales con una extensión que varía entre 2.500 y 3.000 m y tienen aproximadamente 1.000 m de ancho. Los materiales que conforman esta unidad son gravas y arenas de depósitos aluviales

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuaternarios. Algunos de las principales quebradas tributarias del río Cauca desarrollan importantes terrazas en sus cauces, que son planas en su tope y subhorizontales a horizontales, estrechas y se encuentran en diferentes posiciones topográficas; los principales drenajes tributarios que desarrollan las terrazas son el río Tonusco, las quebradas Juan García, La Aguada, Niquia, intersección de las quebradas San Julián y Jeringas, Peque, Sardinas, Pena y el río San Andrés.

- Unidad Abanicos aluviales (F – Aa)

Se encuentran localizados en los tramos finales de algunas corrientes que arrastran gran cantidad de sedimentos y que son depositados por la pérdida de energía de las quebradas al llegar a la desembocadura en el río, generando una silueta cónica o en forma de abanico que tienen una pendiente suave. Las quebradas que presentan abanicos aluviales son: Tiembla, Las Flores y Contadora, La Manuela, Barbuda, La Seca (municipio de Liborina), Juan García, La Aguada, Tesorera, Caño Rosa, Las Cuatro, Niquia, El Brazuelo, Peque, San Andrés, Burundá y Maratón.

- Unidad Escarpe al borde del río Cauca (Ebr)

Franja no continúa, estrecha y alargada en ambos márgenes del río Cauca, que en algunos sectores es común encontrar que se adentra en los principales afluentes del río. Los dos tramos del río donde está bien definido el cañón son: desde la quebrada Sardinas hasta la quebrada Pescado y entre la quebrada Niquia y La Honda. Se caracteriza por presentar pendientes entre 40 y 60° y longitudes entre 400 y 900 m. Las rocas que conforman el cañón son gabros y esquistos entre las quebradas Sardinas y Pescado, y diabasas y depósitos de flujo entre las quebradas Honda y Niquia. Cicatrices de pequeños deslizamientos son comunes y depósitos de flujos se encuentran dentro del escarpe.

3.2.2.2 Geomorfología local de los sitios de obras principales

El cañón del río Cauca en el sector de las obras se caracteriza por su estrechez y sus vertientes empinadas, describiendo un valle de sección típica en “V” ligeramente asimétrica, con su flanco derecho más empinado que el izquierdo, rasgo directamente relacionado con la disposición de las estructuras de foliación de las rocas metamórficas en que se encuentran entallado. El río Cauca transcurre por el fondo del cañón con un gradiente aproximado de 0,025° y una amplitud media de 70 m, inicialmente con una dirección N10°E, que se transforma gradualmente en N70°E, especialmente a partir de la desembocadura del río Ituango.

Las vertientes que encajan el sitio de la presa y las demás obras presentan más de 1.000 m de altura, con una forma convexa que gana en inclinación a medida que se aproxima al fondo del cañón. La incisión de las corrientes tributarias es en general moderada, formando un drenaje casi perpendicular al recorrido del río Cauca; todas estas corrientes son altamente torrenciales, con recorridos de tendencia recta a levemente sinuosa.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Dentro de la nomenclatura y clasificación efectuada en el capítulo de geomorfología regional, las obras principales se localizan dentro del denominado “Escarpe al borde del río Cauca”. A nivel de detalle, dentro de este escarpe se pueden reconocer tres subunidades geomorfológicas que se diferencian a partir fundamentalmente de la pendiente del terreno. De esta forma, en el mapa D-PHI-110-LB-PR-GEO-060 se presenta una subdivisión del escarpe principal, fuerte y moderado.

El escarpe principal está caracterizado por las pendientes mayores a 45 grados con varios segmentos verticales, con predominio de los afloramientos rocosos. Se extiende principalmente por la margen derecha del río.

El escarpe fuerte se localiza en buena parte de la margen izquierda y se caracteriza por las pendientes entre 30 y 45 grados, con presencia de abundantes bloques rocosos en superficie.

El escarpe moderado, se ubica en la vertiente derecha del río, al este del escarpe principal. Allí hay desarrollo de suelos residuales por cuanto su pendiente es en general inferior e los 30 grados.

3.2.2.3 Procesos morfodinámicos

Por encontrarse dentro de una zona intramontana de laderas largas de pendientes altas bajo un clima tropical húmedo, los terrenos por los que transcurre el Proyecto son susceptibles a ser afectados por procesos morfodinámicos. Los principales tipos de fenómenos de inestabilidad identificados fueron los siguientes:

3.2.2.3.1 Erosión superficial:

Es el desgaste del suelo por efectos del escurrimiento superficial de agua de escorrentía. Su acción, aunque no incide notablemente en la estabilidad de los terrenos, sí es constante, y es en gran medida responsable de provocar desprendimientos locales de suelo y rocas, al abrir taludes de corte; esta erosión inicialmente actúa de manera laminar y progresivamente se van concentrando hilos de agua que generan surcos sobre los suelos expuestos que favorecen a su vez los desplomes menores de material.

3.2.2.3.2 Movimientos en masa menores:

Este proceso corresponde a remociones, en cantidades variables, de material en un corto período de tiempo, originados por fenómenos hídricos, tectónicos o mecánicos. Su efecto más comprometedor para el Proyecto es cuando afectan los taludes de corte de las vías de acceso.

3.2.2.3.3 Grandes movimientos en masa

Desde un punto de vista geomorfológico los movimientos en masa se pueden clasificar por volumen, de acuerdo a los siguientes rangos:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Pequeños: hasta 100.000 m³
- Medianos: 100.000 – 1.000.000 m³
- Grandes: 1.000.000 m³ – 1 km³
- Megadeslizamientos: > 1 km³

La identificación de grandes movimientos en masa (volúmenes entre 1.000.000 m³ y 1 km³) dentro del área de interés, como objetivo relevante de este estudio, fueron rastreados a partir de la fotointerpretación y confrontados con los reportados por Woodward-Clyde Consultants (1981).

A continuación se describen las observaciones realizadas para cada uno de los grandes movimientos en masa y su ubicación:

- Deslizamiento del Guásimo

El más grande deslizamiento en el cañón del río Cauca, se encuentra localizado cerca del municipio de Sabanalarga. Sus dimensiones, según Woodward-Clyde Consultants, son 3 km de longitud, 1,5 km de ancho, 0,5 km de profundidad y se le estima un volumen de 1 a 2 km³. Se observa una superficie ondulada con avanzados procesos erosivos al interior, tales como cárcavas y cicatrices de movimientos en masa menores; también se aprecia el escarpe de donde posiblemente se desprendió el material y la corona del deslizamiento. En la actualidad, debido a la denudación del río Cauca, presentaría dimensiones menores que lo sacarían de la clasificación de megadeslizamiento.

- Deslizamiento El Llano

Ubicado 10 km aguas abajo del deslizamiento del Guásimo; sus dimensiones son 1 km de longitud, 0,5 km de ancho, 250 m de profundidad y se le estima un volumen de aproximadamente 0,1 km³ (Woodward-Clyde Consultants, 1981). Actualmente la superficie está profundamente incisada y en parte erodada por el río Cauca, y no se observan rasgos relacionados al evento.

- Deslizamiento de Playa Negra

Localizado 7 km aguas arriba del sitio de presa, en cercanías del Puente Pescadero; sus dimensiones son 1,5 km de longitud, 1 km de ancho, y se le estima un volumen aproximado de 108 m³; en las fotos aéreas se observa una superficie rugosa e inclinada, donde no es muy clara la corona del deslizamiento ni la dirección del movimiento. Sobre la margen Oriental, Woodward-Clyde Consultants cartografía otros dos movimientos en masa, los cuales no son muy claros en la fotografías, pero se debe prestar atención a la zona, específicamente por donde está trazada la carretera actual entre los municipios de San Andrés de Cuerquia e Ituango, pues una superficie irregular sobresale. La superficie irregular que se aprecia en las fotografías aéreas puede ser indicio de inestabilidad de la ladera.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Deslizamientos del río San Andrés parte baja

Es un movimiento complejo de 3 km de largo y 700 m ancho, que incluye dos grandes movimientos y algunos pequeños que se han unido (Woodward-Clyde Consultants, 1981). La expresión geomorfológica del deslizamiento Capa Rosa, que pertenece a este movimiento complejo, es la corona y una superficie irregular en cuyo interior se presentan pequeños movimientos en masa y desgarres.

- Deslizamientos cerca del sitio de presa Ituango

Hay varios pequeños movimientos en masa cerca del sitio de presa, pero fuera de la zona de movimiento de tierras de las obras principales:

- Deslizamiento Vámonos

Localizado sobre la margen izquierda del río Cauca, en el eje de la presa de Ituango; sus dimensiones son 100 m de ancho, 200 a 300 m de longitud, profundidad 50 m y volumen de 104 m³ a 105 m³; la base del deslizamiento es expuesta, 70 a 100 m arriba del río Cauca (Woodward-Clyde Consultants, 1981). No se encontraron evidencias fotogeológicas de este movimiento.

- Deslizamiento Capitán

Está sobre la margen derecha del río Cauca, 1 o 2 km aguas abajo del sitio de presa; tiene 1,5 km de longitud, 600 m de ancho, 30 a 50 m de profundidad, y un volumen aproximado de 106 m³ (Woodward-Clyde Consultants, 1981). Sus rasgos morfológicos son la corona de deslizamiento y el depósito asociado.

- Sistema de deslizamientos El Palmar

Ubicado sobre la margen izquierda del río Cauca, entre las quebradas Bolivia y Burundá. Es un deslizamiento superficial que tiene entre 10 y 20 m de profundidad, y su base está sobre el nivel del río Cauca. En las fotografías aéreas se observa un área con forma similar al deslizamiento identificado por Woodward-Clyde; es una superficie convexa e irregular cuya base está en el escarpe que forma el encajonamiento del río Cauca.

- Sistema de deslizamientos Tenche

Localizado sobre la margen derecha del río Cauca, 1 km aguas arriba de sitio de presa; el espesor del deslizamiento probablemente no es mayor de 20 o 30 m (Woodward-Clyde Consultants, 1981). La corona del deslizamiento, una superficie irregular y de gran pendiente, con pequeños desgarres al interior son la evidencias morfológicas de este deslizamiento.

- Otros deslizamientos identificados

Deslizamientos en la quebrada Sardinias. En cercanías de la desembocadura de la quebrada Sardinias en el río Cauca (aguas arriba del puente Pescadero), se identificaron cicatrices de movimientos en masa con sus respectivos depósitos

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

asociados, los cuales están posiblemente relacionados a la traza de la falla Santa Rita nombrada por Ingeominas.

3.2.2.4 Posibles expresiones Neotectónicas

De acuerdo con los estudios de fotointerpretación de detalle de la cuenca del embalse y al conocimiento que se tiene de la zona, recopilado durante diversos proyectos, se concluye que existen áreas con probabilidad de encontrar rasgos que evidencien movimientos tectónicos recientes.

La estructura de mayor interés morfotectónico es la Falla de Sabanalarga en todo el tramo del estudio. Son muy claros y variados los indicios morfológicos de actividad, que ameritan estudios de mayor detalle. Su expresión está representada por una zona de depresión que divide la vertiente en dos bloques claramente contrastantes, marcando un cambio en la pendiente, donde se presentan una serie de silletas alineadas y algunos depósitos cruzados por la Falla. Esta depresión de Falla es seguida al Oeste por una zona donde se encuentran rasgos como cambios bruscos en las direcciones de los cauces, terrazas y abanicos aluviales cortados por alineamientos fotogeológicos, y contrastes geomorfológicos entre las cimas y la disposición general de la vertiente a modo de lomos de obturación.

Así mismo, aunque con menor expresión que la anterior, la falla que controla la quebrada Sardinas amerita profundizar en su conocimiento. En su zona de influencia se encuentran drenajes muy rectos que tienen asociados filos paralelos, también hay presencia de facetas triangulares en la margen este del río Cauca y una serie de posibles peldaños sobre la margen Oeste del río.

Las labores de detalle recomendadas incluirían adicionar a los estudios actualmente planteados, etapas de preselección de sitios específicos y recorridos de campo de detalle, a partir de los cuales se definiría la exploración con trincheras y su mapeo. Si dichas etapas dan como resultado la presencia de movimientos neotectónicos, se recomendaría la instrumentación de las estructuras para intentar cuantificar parámetros sísmológicos.

3.2.2.5 Sismología

3.2.2.5.1 Generalidades

En esta sección se describe la evaluación de la amenaza sísmica llevada a cabo para estimar los parámetros sísmicos confiables para diseño de las obras del Proyecto, teniendo como objetivo fundamental la estimación de las aceleraciones máximas del terreno y los espectros de respuesta de aceleración, así como de otros parámetros sísmicos adicionales como la duración y los acelerogramas para los diferentes sismos de diseño. De acuerdo con las tendencias modernas de diseño sismorresistente para presas, se definieron varios sismos de diseño, cuyos periodos de retorno dependen de la importancia de la obra de infraestructura, la altura y tipo de material de la presa, el

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

volumen del embalse y la magnitud de los daños económicos y sociales aguas abajo que produciría un desembalse accidental. Los sismos considerados fueron:

- Sismo básico de operación (S.B.O.) con un período de retorno de 200 años, de acuerdo con un análisis probabilístico de efecto conjunto de todas las sismofuentes importantes para el proyecto. Para este evento no se espera ni se acepta ningún daño de tipo estructural o no estructural en las obras del proyecto.
- Sismo máximo probable (S.M.P.) con 500 años de período de retorno, obtenido de análisis probabilísticos, para el cual se aceptan daños no estructurales y algunos estructurales menores que puedan ser fácilmente reparados.
- Sismo máximo considerado (S.M.C.) que representa el sismo máximo para el cual se exige el cumplimiento de requerimientos estructurales y de estabilidad para todas las obras del Proyecto. De acuerdo con las recomendaciones del ICOLD, la aceleración para el S.M.C. debe tener un período de retorno entre 3.000 y 10.000 años, obtenida a partir de análisis probabilísticos. Para este evento se admiten daños no estructurales y estructurales importantes, pero que en ningún momento amenacen la estabilidad global de la presa, ni exista la posibilidad de un desembalse. Dada la altura de la presa, el gran volumen de agua a embalsar, y el gran número de poblaciones y habitantes aguas abajo del Proyecto, este se puede calificar como de factor de riesgo extremo, de acuerdo con la clasificación de la *United States Society of Dams USSD*, y por lo tanto se recomienda para el S.M.C. un período de retorno de 10.000 años. No obstante, el nivel de riesgo a aceptar es una decisión del propietario y por lo tanto esta decisión deberá ser tomada por EPM.

3.2.2.5.2 Geología sísmica

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango se encuentra localizado en un marco tectónico complejo, rodeado de varios sistemas de fallas de importancia regional; al Oriente se presenta el sistema de Falla Santa Rita Oeste y Este que cruzan el cañón del río Cauca aguas abajo de las obras del Proyecto, al Occidente los sistemas de fallas Cauca, Romeral, Sabanalarga, Ituango y Sardinas; al noreste el sistema Espíritu Santo y un poco más alejado, al noroccidente, las fallas Murrí - Mutatá. La relativa cercanía de estos sistemas de fallas hizo necesaria una serie de investigaciones geológicas y neotectónicas que permitieron definir de manera confiable los sectores de las fallas que presentan actividad reciente.

Los estudios de geología sísmica se realizaron para identificar la presencia de fallas activas o potencialmente activas en la zona cercana al Proyecto. La actividad de una falla se clasifica con base en el desplazamiento reciente ocurrido en ella. La geología sísmica estudia la expresión superficial, el tipo de la falla, el desplazamiento causado por un evento sísmico, la tasa de desplazamiento y la longitud de ruptura de la falla en un evento.

Una vez recopilada y analizada la información disponible, se realizó una interpretación de fotografías aéreas a una escala promedio 1:10.000, que cubren las zonas

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

estudiadas. Con la fotointerpretación se identificaron y determinaron con mayor precisión las trazas de las fallas y rasgos geomorfológicos, posiblemente relacionados con actividad neotectónica, identificando algunos sitios que presentan algún interés para los propósitos de este estudio.

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango se encuentra ubicado en la parte septentrional del Bloque Andino, que se localiza en la esquina noroccidental de Suramérica, en un ambiente tectónico complejo, que es producto de la convergencia de cuatro placas tectónicas: Sur América, Nazca, Caribe y la llamada microplaca Panamá. Al extremo noroccidental de la placa Suramérica en Colombia se le ha denominado Bloque Andino y corresponde al bloque formado por la acreción del Escudo de Guyana, Cratón Amazónico, con el terreno Andaquí, Macizo de Garzón y la serranía de La Macarena, el cual posteriormente fue acrecentado por los terrenos Chibcha, Tahamí, Calima y Cuna.

En general, los límites entre estas placas están definidos, exceptuando los de la placa Caribe con el Bloque Andino que son hoy día objeto de discusión y estudio. Se conoce que la placa Nazca se desplaza de Oeste a Este con una velocidad de 60 mm/año, mientras que la placa Suramérica lo hace de Este a Suroeste a una velocidad relativa de 10 mm/año a 20 mm/año. Por su parte, la placa Caribe se desplaza en general de Oeste a Noreste con una componente Norte importante, siendo estas direcciones variables en sus bordes, mientras que la microplaca Panamá se mueve de forma paralela a la placa Caribe, pero un poco más rápido que ésta. Tales movimientos relativos convergen sobre el Bloque Andino, el cual actúa como amortiguador y liberador de estos esfuerzos, ya sean de distensión, compresión o cortantes. Estos esfuerzos también se liberan en los bordes de las placas en las zonas de convergencia, de forma que entre las placas Nazca y Suramérica se generan esfuerzos de compresión dando origen a la configuración de los Andes colombianos.

Aunque la configuración actual de los Andes colombianos se definió prácticamente durante el Mioceno, los bordes de las placas todavía acumulan y liberan dichos esfuerzos a lo largo de grandes fallas como los sistemas de dirección Norte-Sur y Noreste-Sureste, que han sido verificados por estudios de microsismicidad para el Cauca Medio y diferentes investigaciones geológicas del Cuaternario.

Las diferentes velocidades y direcciones relativas con que se mueven las placas y los trozos de litósfera producen varios efectos, entre los cuales se destacan la generación de sismos intraplaca y sismos interplaca; la respuesta a estos esfuerzos generalmente son fracturas, que en la corteza se conocen como fallas geológicas. En el Bloque Andino se han generado grandes fracturas, algunas de ellas de varios centenares de kilómetros de longitud que liberan sismos superficiales. Algunas de estas fallas se localizan cerca al Proyecto y tienen actividad sísmica variada; las más sobresalientes hacen parte de los sistemas Espíritu Santo, Romeral, Cauca, Palestina y el grupo que incluye las fallas Murrí, Murindó y Mutatá, estas últimas en la cordillera Occidental.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En Colombia, las fuentes sismogénicas asociadas directamente con la subducción, son otra fuente importante de sismicidad superficial hacia el Océano Pacífico y de sismos profundos hacia el centro del país. Entre estas fuentes se destacan las del viejo Caldas, Bucaramanga y la zona de subducción local bajo el área del Proyecto, las cuales corresponden a la llamada zona de Benioff-Wadati, y las fuentes Darién y Tumaco que corresponden al contrato entre las placas, conocido en la literatura como el megathrust.

Las diferentes sismofuentes del país han producido terremotos de importancia, tanto por el número de víctimas como por las pérdidas materiales asociadas con los daños. Para citar casos recientes: el sismo de 1979 en Tumaco que causó daños en la ciudad de Medellín; el sismo de Murindó (17 y 18 octubre 1992) originado en el grupo de fallas Murindó; el evento del 9 de febrero de 1995 que ocasionó daños severos de varias edificaciones en la ciudad de Pereira y tuvo su origen en la sismofuente del Viejo Caldas; los sismos superficiales ocurridos el 6 y 8 de marzo de 1998 asociados a la falla Salinas que alcanzaron aceleraciones máximas de hasta 100 gales en un sector de la ciudad de Medellín. Por último el sismo del 25 de enero de 1999 que afectó al Eje Cafetero y causó extensivos daños a las ciudades de Armenia, La Tebaida, Montenegro, Pijao y Calarcá, y causó graves daños en las ciudades de Quimbaya, Pereira, Dosquebradas y otras poblaciones. De estos eventos el más cercano al Proyecto corresponde a los sismos de Murindó y Opogadó de octubre de 1992.

3.2.2.5.3 Evaluación de la amenaza sísmica

La metodología desarrollada parte de la recopilación de información tectónica obtenida en otros proyectos, tales como los estudios de factibilidad y diseños definitivos de los proyectos hidroeléctricos San Carlos, Jaguas, Riógrande II, Porce II, Nechí, La Herradura, La Vuelta, Río Frío, Cañafisto, Pescadero-Ituango, Río Piedras, entre otros; esta información permite la actualización permanente del catálogo o registro de fallas existentes en el país. Es importante anotar que el catálogo de fallas contiene información geosísmica de cada falla, incluyendo información sobre su ubicación espacial (longitud, buzamiento, etc.), así como información sismológica (tasa de actividad, longitud de ruptura, parámetro β).

La información sismogénica de cada falla es obtenida a partir del catálogo sísmico, el cual es actualizado y homogenizado, evaluando su grado de cubrimiento temporal (completez) para obtener un catálogo con cubrimiento temporal uniforme de la información.

El catálogo de fallas y el catálogo homogenizado de registros sísmicos permiten obtener una base de datos sismológicos confiables, que permite incluir en los análisis de amenaza sísmica la contribución de la sismicidad de fondo (background seismicity), o incluso para fallas donde no se tienen estudios sismológicos puntuales, inferir parámetros sismogénicos con base en la actividad sísmica regional.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Considerando que la amenaza sísmica no puede asignarse a una fuente sismogénica única, y que no se sabe de cuál de ellas puede provenir un sismo destructor, en los análisis efectuados se integra el aporte que en la sismicidad hacen cada una de las fallas, de forma que es necesario realizar consideraciones probabilísticas para considerar este aspecto. La evaluación de la amenaza sísmica se realiza en términos probabilísticos, cuyo desarrollo teórico está fuera del alcance del presente informe. Este proceso probabilístico intrínsecamente permite combinar el aporte realizado por las diferentes clases de sismo-fuentes: cercanas, lejanas profundas y locales.

3.2.2.5.4 Sismicidad histórica

La información sobre la sismicidad registrada en Colombia se puede considerar reciente. El primer sismógrafo fue instalado durante la década de 1920 y sólo desde 1957 el Instituto Geofísico de Los Andes instaló y empezó a operar una red que permitió localizar los sismos, pero que presentaba un cubrimiento limitado y muy baja precisión. Desde 1993 está en operación la Red Sismológica Nacional de Colombia (R.S.N.C.) de INGEOMINAS, la cual presenta un cubrimiento aceptable en la parte Andina del país. Esta red en la actualidad registra entre 300 y 400 sismos mensuales con magnitud superior a 2.

El catálogo sísmico que cuenta con registros desde 1566, fue recientemente actualizado por INTEGRAL, con base en la información de la R.S.N.C y de agencias internacionales, fue analizado por parte del Grupo de Sismología de Medellín (G.S.M.) del cual INTEGRAL forma parte, durante los estudios para la Microzonificación Sísmica de Medellín.

Con base en dichas actualizaciones, se estima que hasta la fecha, el principal evento para la población era el del 14 de febrero de 1952, ocurrido a 90 km al occidente, con magnitud $6 \frac{3}{4}$ y profundidad de 24 km. Se presume que este sismo fue generado en la zona de Murri - Mutatá. Los sismos de octubre de 1992 pudieron generarse en la zona con una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli modificada, de acuerdo con las isosistas publicadas por el Ingeominas. En el recuento de eventos históricos también se detectan algunos de influencia muy localizada y sin reporte, por fuera del área de influencia, por lo que se presume que pueden ser eventos locales de magnitudes medias o bajas, posiblemente en los sistemas de fallas activas presentes en la región. En 1930, durante tres meses continuos, se presentó un enjambre localizado de sismos de magnitudes menores cerca al municipio de Frontino, donde se llegaron a sentir aproximadamente siete temblores diarios, causando pánico entre los habitantes.

3.2.2.5.5 Catálogo Sísmico

Para la evaluación de la amenaza sísmica del Proyecto se partió del catálogo de la Red Sismológica Nacional de Colombia (1993 – 2003) y del catálogo histórico de Colombia (1566 – 1993), el cual fue proporcionado por el Centro de procesamiento de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Información Sismológica de la Universidad Nacional. El catálogo se homogenizó a magnitudes Mw equivalentes, a partir de correlaciones con otras magnitudes.

De estos catálogos se eliminaron los registros con Mw menores de 4,0, por considerar que estos sismos no producen daños en las estructuras. Igualmente, se eliminaron las posibles réplicas para evitar el sesgo en las curvas de recurrencia y se realizó un análisis de cubrimiento temporal (completez), mediante la definición de los años a partir de los cuales cada rango de magnitud está completo. El resultado para el caso del catálogo completo se presenta en la Tabla 3.2.2.2, y en la Figura 3.2.2.1, se muestra la tasa de excedencia de magnitudes del catálogo sísmico de Colombia después de realizar el análisis de cubrimiento.

Tabla 3.2.2.2 Cubrimiento del Catálogo

Intervalo (Ms)	Inicio del intervalo
> 7	1904
6 – 6.9	1918
5 – 5.9	1941
4 – 4.9	1953

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

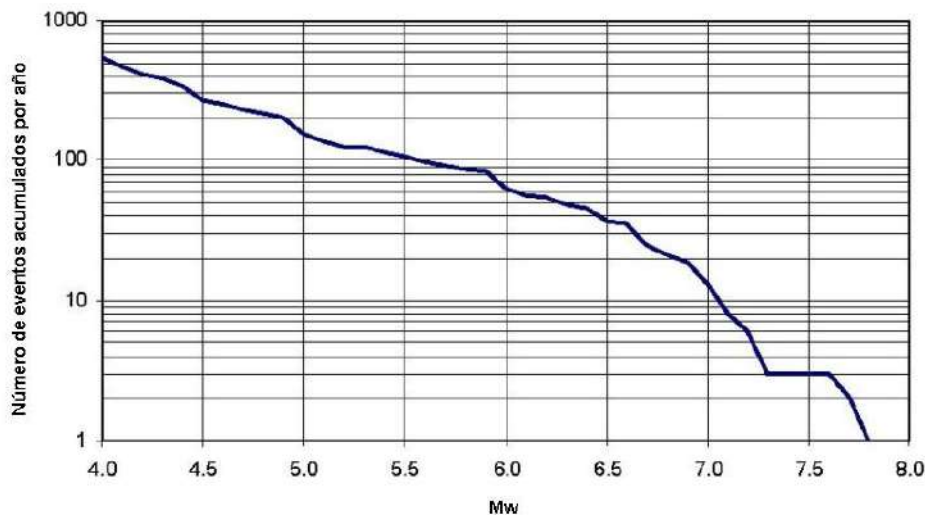


Figura 3.2.2.1 Tasa de excedencia de magnitudes del catálogo filtrado

Al localizar los registros del catálogo, se nota que en las zonas de Murindó y el llamado Borde Llanero se presenta un número importante de sismos registrados como superficiales, aunque también es posible establecer pequeñas concentraciones de sismos como en la zona del departamento de Caldas y el occidente de Cundinamarca.

En cuanto a los sismos profundos, se presentan dos claras concentraciones en el nido de Bucaramanga y la zona del Viejo Caldas, hasta la parte sur del departamento de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Chocó. Además, se presentan eventos dispersos atribuibles a la zona de subducción general.

3.2.2.5.6 Zonas sismogénicas

Teniendo en cuenta los errores que presentan en su localización los sismos disponibles en los catálogos sísmicos, en especial en el territorio colombiano, dada la baja densidad de la red instrumental, resulta impreciso tratar de asignarlos a una fuente particular para evaluar las características de sismicidad asociada a cada una de ellas.

Por esta razón, la sismicidad superficial se agrupó en cinco zonas (Subducción pacífico, Murindó, Andina norte, Andina sur y Piedemonte) considerando la actividad sísmica registrada en cada zona. Por su parte, la sismicidad profunda se agrupó en tres zonas principales (Benioff Viejo Caldas, Nido de Bucaramanga y Subducción general). El límite entre sismicidad superficial y profunda se estableció en 33 km, el cual es un valor usado de manera estándar a nivel mundial cuando no se conoce con certeza el límite local de los sismos corticales. Estas zonas se utilizaron para la definición de los parámetros de actividad sísmica de cada una de las fallas asociadas a cada área. En la Figura 3.2.2.2, Figura 3.2.2.3, Figura 3.2.2.4 y Figura 3.2.2.5 se muestran las zonas sismogénicas consideradas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

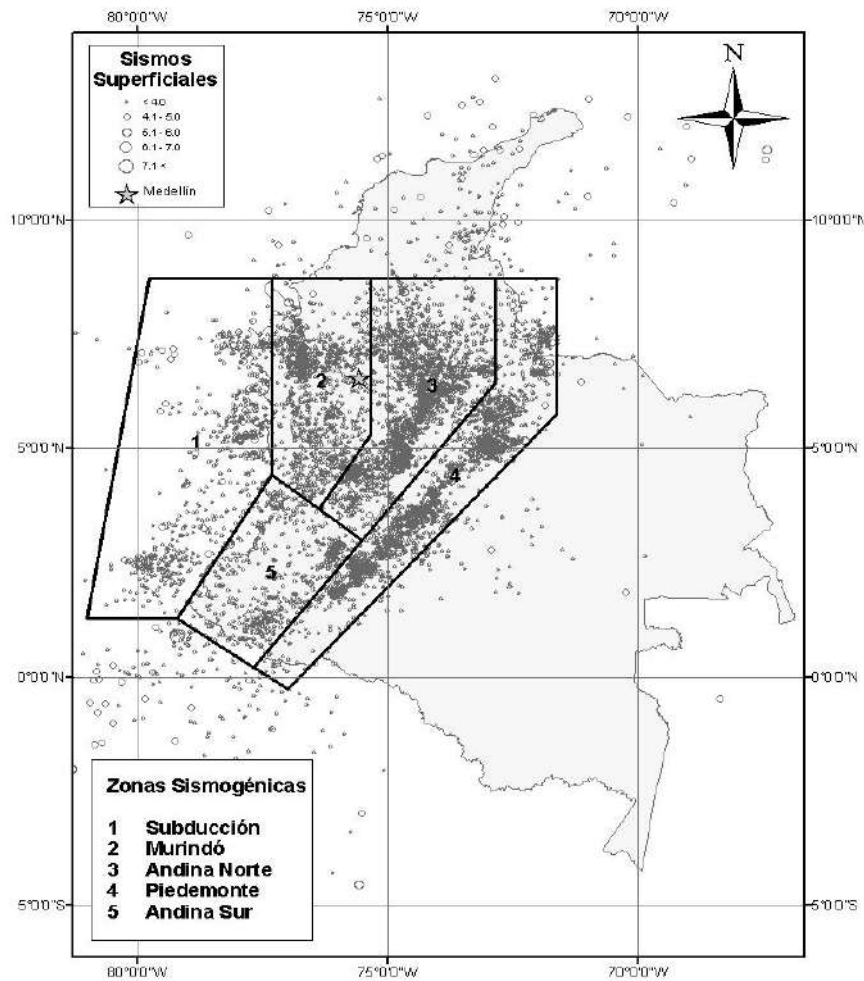


Figura 3.2.2.2 Sismicidad y zonas sismogénicas superficiales

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

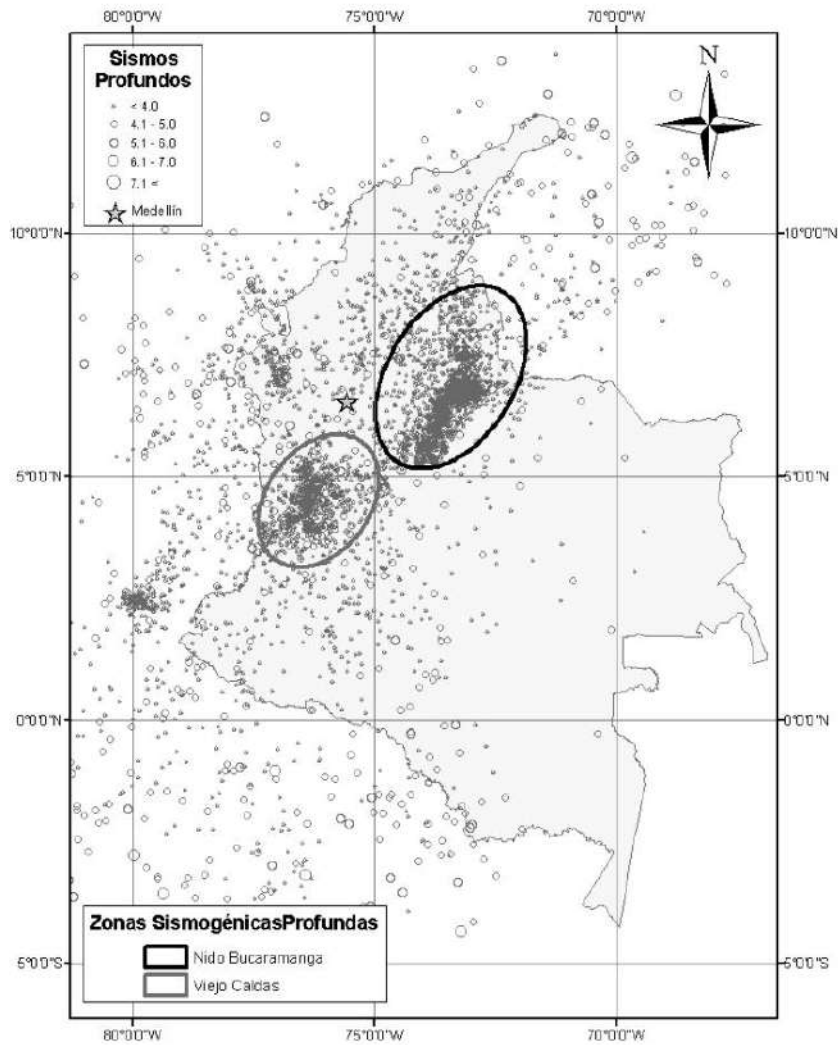


Figura 3.2.2.3 Sismicidad y zonas sismogénicas profundas

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.2.5.7 Caracterización de sismofuentes

Para caracterizar cada sismofuente se realizó un nuevo análisis estadístico de los datos con base en la metodología propuesta por J. Arboleda y M. Ordaz (1999), la cual parte de un subcatálogo para cada zona sismogénica, y para cada magnitud última proporciona los valores de los parámetros λ y β . El parámetro λ caracteriza la tasa de actividad de una sismofuente dada en función del número de eventos por año iguales o superiores a una magnitud dada (en este caso 4) y el parámetro β indica la distribución de magnitudes que puede producir la falla. Por otra parte, la actividad de las sismofuentes también se evaluó con base en el grado de actividad de las fallas obtenida a partir de estudios geológicos realizados por diferentes autores a lo largo y ancho de Colombia. A partir de la estimación del grado de actividad, expresado como el movimiento de la falla en el cuaternario reciente, y utilizando la clasificación mostrada en la Tabla 3.2.2.3, se estimó la tasa de desplazamiento o slip-rate de cada falla.

Tabla 3.2.2.3 Clasificación de la actividad de las fallas

Grado de actividad	Desplazamiento
Extremadamente alto	Mayor de 1.000 mm/año
Muy alto	100-10 mm/año
Alto	10-1 mm/año
Moderado	1-0,1 mm/año
Bajo	0,1-0,01 mm/año
Muy bajo	0,01-0,001 mm/año
Extremadamente bajo	Menor de 0,001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

3.2.2.6 Sismos de diseño

En general, las principales características para identificar los sismos son la aceleración máxima, la duración y el contenido espectral, el cual se puede representar mediante el espectro de respuesta de pseudoaceleración.

3.2.2.6.1 Aceleración máxima

De acuerdo con los resultados del análisis de amenaza sísmica, los cuales se muestran en la sección anterior, las aceleraciones máximas a nivel de roca y la aceleración espectral para 1,0 segundo, en la zona del Proyecto para los tres sismos especificados se presentan en la Tabla 3.2.2.4

Con respecto a la aceleración vertical y dada la cercanía del Proyecto a las sismofuentes que más aportan a la amenaza, es de esperarse componentes verticales comparables con la componente horizontal. Por lo tanto, se recomienda utilizar por lo menos 2/3 de la aceleración horizontal como aceleración vertical.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.2.4 Aceleraciones máximas a nivel de roca (PGA) y Aceleración Espectral para 1.0 segundo

Sismo	Período de retorno	Aceleración horizontal máxima (pga)	Aceleración espectral para 1.0 s
S.B.O.	200 años	0,16g	0,14g
S.M.P.	500 años	0,25g	0,19g
S.M.C.	3.000 años	0,51g	0,37g
	5.000 años	0,59g	0,44g
	10.000 años	0,70g	0,52g

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

3.2.2.6.2 Duración

La duración es una de las principales características de los sismos. Una duración larga corresponde en general a sismos de magnitud alta, mientras que las duraciones cortas corresponden en la mayoría de los casos a magnitudes bajas o sismos muy cercanos.

Existen algunas correlaciones empíricas entre la duración de un sismo y su magnitud (Donovan, 1973), (Dobry, 1978), (Chang y Krinitzsky, 1977). En general, un sismo de larga duración puede contener un número importante de ciclos que sobrepasen cierto valor de aceleración, que puedan ocasionar la degradación de una estructura o del suelo que la soporta; mientras que en un sismo de corta duración, la probabilidad de que se presenten varios ciclos que sobrepasen esa aceleración es menor.

La duración utilizada para los sismos de diseño del Proyecto es de 30 segundos.

3.2.2.6.3 Espectros

A partir del análisis de amenaza sísmica, mediante la aplicación de las ecuaciones de atenuación que proponen un comportamiento diferente para los distintos períodos espectrales, se obtuvieron los Espectros de Amenaza Uniforme (Uniform Hazard Spectra) para los sismos de servicio y de diseño, que son resultado del programa EZFrisk. Cada uno de estos espectros es calculado para un número anual de excedencias, o para un período de retorno, al cual corresponde una aceleración pico.

En la Figura 3.2.2.6, se muestran los espectros de respuesta de pseudoaceleración para los sismos básico de operación y máximo probable, y el espectro de respuesta para el sismo máximo creíble, obtenido en forma determinística. Estos espectros se pueden utilizar como “espectros objetivo” para la generación de los sismos sintéticos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

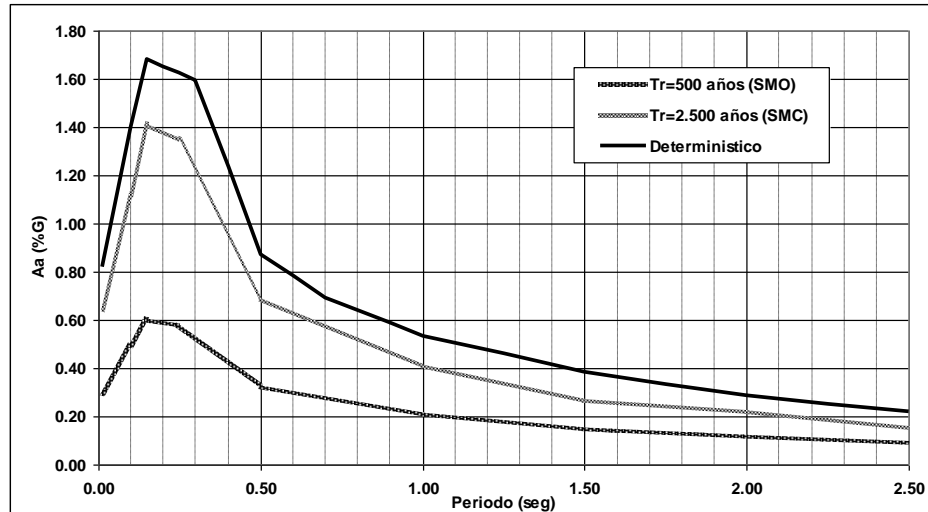


Figura 3.2.2.6 Espectros de respuesta de aceleración para los sismos de diseño

3.2.2.6.4 Acelerogramas para diseño

Existen varias alternativas para la obtención de señales de tiempo para efectos de diseño de las obras del Proyecto que requieran de análisis no lineal o en los cuales la duración del sismo sea relevante. Estas alternativas son la selección y escalado de sismos reales, la generación de sismos artificiales a partir de sismos semilla y ajustes a una forma espectral obtenida del estudio de amenaza sísmica, o la generación de sismos sintéticos a partir de las llamadas funciones empíricas de Green.

Para la selección o generación de un sismo se deben tener en cuenta, en general, los siguientes criterios:

- Que la duración del sismo sea compatible con la calculada para el sismo de diseño, de acuerdo con la magnitud necesaria para generar en el sitio, la aceleración especificada.
- Que el sismo corresponda al mismo tipo de fuente sismogénica (subducción, falla, tipo de fallamiento) que produciría la aceleración especificada en el sitio.
- Que corresponda al mismo ambiente tectónico que se analiza, o sea que represente las condiciones sísmicas regionales.
- Que haya sido generado a partir de un sismo semilla de magnitud comparable a la magnitud del sismo de diseño.

Considerando los anteriores criterios y teniendo en cuenta que el escenario sísmico más probable para el Proyecto corresponde a un sismo generado en una sismofuente superficial, a menos de 15 km del sitio de las obras, para esta etapa del Proyecto se

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

considera todavía correcta la recomendación dada en el informe de 1999, en el sentido de utilizar el acelerograma del evento del 25 de enero de 1999, cerca a la ciudad de Armenia. Las características de semejanza son:

Se generó en un ramal de la falla Romeral, una de las sismofuentes que más incidencia tiene en la amenaza sísmica del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

- El epicentro es cercano.
- La magnitud del sismo (6,2) es alta.
- Es un sismo local, que refleja las condiciones tectónicas regionales.

En la Figura 3.2.2.7 se muestran el acelerograma de la componente Norte-Sur del sismo de Armenia, el cual se deberá escalar a las aceleraciones de diseño dadas.

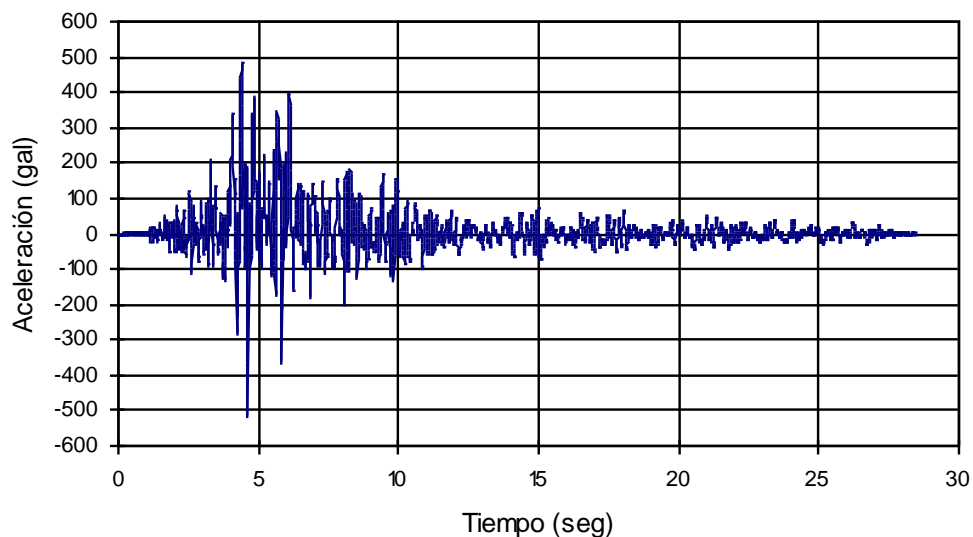


Figura 3.2.2.7 Componente N-S del sismo del 25 enero 1999

El sismo mostrado fue registrado en un acelerógrafo instalado en la Universidad del Quindío, sobre una capa de suelo de más de 25 m de espesor, por lo cual fue necesario realizar un proceso de deconvolución del sismo a través del estrato de suelo, para obtener el registro a nivel de roca, necesario para los análisis de las estructuras. Para calibrar el modelo del suelo empleado en el proceso de deconvolución, se usaron funciones de transferencias empíricas obtenidas con base en los registros en suelo y en roca para las réplicas registradas con posterioridad al evento principal.

3.2.2.6.5 Sismicidad inducida por el embalse

La sismicidad inducida es un fenómeno observado en algunos embalses del mundo (algunos de los más conocidos son Kariba en Zambia, Aswan en Egipto, Koyna en

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

India y Kremasta en Grecia), consistente en la generación de sismos normalmente de magnitudes moderadas o pequeñas durante el llenado del embalse o incluso varios años después. Este efecto está relacionado con el aumento de la carga por el peso del agua, el incremento de presión de poros en las fallas geológicas y la lubricación de las superficies de contacto. Los sismos disparados durante el primer llenado del embalse están relacionados con los esfuerzos elásticos debido a la carga misma que induce el embalse, mientras que los sismos que se presentan después de varios ciclos de llenado y desembalse corresponden al flujo gradual del agua hacia las zonas epicentrales.

Si una falla activa que se encuentra en el proceso de acumulación de energía es inundada, los cambios en las condiciones de esfuerzos por el llenado del embalse la pueden llevar a liberar la energía acumulada hasta el momento, generando un evento sísmico de magnitud menor o igual al que hubiera resultados más tarde en estado natural. En cualquier caso, la energía principal disipada en un sismo disparado por el embalse corresponde a la deformación tectónica preexistente.

Por lo tanto, este efecto no modifica las condiciones de diseño de las obras en cuanto al valor de la aceleración de diseño, ni implica la ocurrencia de sismos mayores a los que ocurrirían sin el embalse, y su único impacto al ambiente es la coincidencia de estos eventuales sismos con la puesta en funcionamiento del proyecto y la reducción en el tiempo de recurrencia de un evento, que en condiciones normales, en todo caso hubiera ocurrido alguna vez en el futuro. Este proceso de reducción en los tiempos de recurrencia es importante especialmente en zonas de baja sismicidad, donde las fallas potencialmente activas pueden acumular energía a tasas muy bajas y permanecer en un estado de esfuerzos cercano a la ruptura durante muy largos períodos de tiempo.

Los casos más comunes de sismicidad inducida se presentan en embalses de gran profundidad (más de 100 m), con volúmenes de agua altos (más de $1E10$ m³), y que cubren fallas que han sido activas durante el cuaternario tardío, especialmente en ambientes de esfuerzos de tracción o en fallas de rumbo. Los sismos se disparan más fácilmente en épocas de cambios rápidos en el nivel del embalse. No se ha comprobado una influencia directa del tipo de roca, aunque se han presentado más casos en rocas sedimentarias (Schwartz *et al.*, 1996).

Si se comparan las condiciones específicas del Proyecto con otros proyectos que han presentado sismicidad inducida en el mundo, puede decirse que en este caso la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno es media a alta, de acuerdo con lo presentado en la Tabla 3.2.2.5.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.2.5 Atributos para estimar la probabilidad de ocurrencia de sismicidad producida por el llenado del embalse

Atributo	Probabilidad de ocurrencia		
	Alta	Media	Baja
Profundidad (m)	Muy profundo (más de 150)	Profundo (entre 92 y 150)	Superficial (menos de 92)
Volumen (m ³)	Muy grande (más de 1E10)	Grande (1.2 a 10E9)	Pequeño (menos de 1.2E9)
Estado de esfuerzos	Tracción	Compresión	Corte
Actividad de la falla	Fallas activas presentes	Fallas activas no presentes	Desconocida
Geología	Sedimentaria	Metamórfica	Ígnea

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

No obstante, no existe ninguna herramienta para calcular la magnitud máxima de este sismo ni su probabilidad de ocurrencia. Allen (1992) propone una magnitud máxima probable de 6,5 Ms en las sismofuentes inundadas para el diseño de todos los proyectos cuyo embalse sea susceptible a inducir sismos. Esta magnitud es igual o inferior a la magnitud última de las fallas en la zona del embalse y por lo tanto este valor será el límite superior teórico para el caso del mismo generado por el llenado del embalse en cualquiera de las fallas cercanas al Proyecto. Por tanto, en el diseño de la presa y de las obras anexas ya se estarían contemplando los efectos dinámicos de un sismo de tal magnitud.

3.2.3 Suelos

A continuación se presenta la caracterización de este componente teniendo en cuenta todos los estudios que han sido objeto de Licencia Ambiental, desde la Resolución 155 del 30 de enero del año 2007, así como los nuevos sitios de obra que han generado todas las modificaciones de la misma.

Para este componente del medio físico se llevó a cabo el análisis tanto del área de influencia indirecta como directa del Proyecto.

Para la caracterización de los suelos se determinaron tanto las unidades fisiográficas, como las cartográficas (asociaciones, complejos), el uso actual, el uso potencial y los conflictos por uso del suelo.

3.2.3.1 Área de influencia indirecta (All)

Para el All se describen las unidades a partir de la jerarquía fisiográfica, la cual establece las siguientes categorías, considerando además la escala del estudio: Provincia fisiográfica, Región climática, Provincia climática, Gran paisaje y Paisaje, ver Tabla 3.2.3.1.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.3.1.1 Fisiografía

El análisis fisiográfico es un método que se basa en la relación paisaje-suelo, el cual asume la premisa planteada en el Manual de levantamiento de suelos (USDA 1951)³ que “los suelo son perfiles tanto como paisajes”. Es decir, el suelo es un componente del paisaje fisiográfico pero sus características morfológicas, físicas, químicas y mineralógicas resultan de la interacción de los demás componentes del paisaje: relieve (morfología externa), material litológico, cobertura vegetal con el clima y un mismo lapso de tiempo. Ver Tabla 3.2.3.2.

Tabla 3.2.3.1 Categorías fisiográficas del área de estudio

Provincia fisiográfica	Región climática	Provincia climática	Gran paisaje	Paisaje
Flanco occidental de la cordillera Central (CC)	Fría (F)	Lluviosa (I)	Relieve colinado	Colinas medias
				Colinas bajas
	Media (M)	Lluviosa (I)	Relieve montañoso	Vertientes
				Filos
	Cálida (C)	Lluviosa (I)	Relieve montañoso	Vertientes
				Filos
		Seca (S)	Llanura aluvial	Terrazas aluviales
				Abanicos aluvial
			Relieve colinado	Colinas medias
				Colinas bajas
Relieve montañoso	Vertientes			
	Filos			
Llanura aluvial	Terrazas aluviales			
	Abanicos aluviales			
Flanco oriental de la cordillera Occidental (CO)	Fría (F)	Lluviosa (I)	Relieve colinado	Colinas medias
				Colinas bajas
	Media (M)	Lluviosa (I)	Relieve montañoso	Vertientes
				Filos
	Cálida (C)	Lluviosa (I)	Relieve montañoso	Vertientes
				Filos
		Seca (S)	Llanura aluvial	Terrazas aluviales
				Abanicos aluviales
			Relieve colinado	Colinas medias
				Colinas bajas
Relieve montañoso	Vertientes			
	Filos			
Llanura aluvial	Terrazas aluviales			
	Abanicos aluviales			

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

3Villota, H. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. Bogotá: IGAC, 1997.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Provincia fisiográfica

El área de estudio comprende como estructura de Plegamiento las cordilleras Occidental y Central en sus flancos oriental y occidental, respectivamente. Dentro de esta provincia fisiográfica, el AII del Proyecto va desde los municipios de Santa Fé de Antioquia y Liborina hasta la desembocadura del río Puquí, límite de los municipios de Valdivia y Tarazá.

- Región climática

En la cuenca se localizan tres regiones climáticas: cálida, media y fría. La primera corresponde al área de influencia del embalse y las obras asociadas a éste. La región media se encuentra entre los 1.000 y 2.000 msnm y la fría por encima de los 2.000 m, en ellas se localizan la línea de transmisión y su área de servidumbre.

La provincia climática cálida seca corresponde al área ubicada en los municipios de Santa Fé de Antioquia y Liborina a la altura de la desembocadura del río Tonusco, hasta aproximadamente las quebradas Peque y Santa María. La cálida lluviosa se ubica en inmediaciones del río San Andrés hasta la desembocadura del río Ituango en el río Cauca y en el municipio de Puerto Valdivia.

En la Tabla 3.2.3.2 se señala la relación entre las Regiones climáticas y las Provincias climáticas, se presentan en los mapas asociados con el código D-PHI-110-LB-PR-ZVH.

Tabla 3.2.3.2 Relación regiones climáticas y la provincia climática

Región climática	Provincia climática
Cálida	Seca
Cálida	Lluviosa
Media	Lluviosa
Fría	Lluviosa

Fuente: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. XXXVIII (1985).

- Gran paisaje

En términos geomorfológicos, corresponde a la unidad genética de relieve. Comprende asociaciones o complejos de paisajes con relaciones de parentesco de tipo climático, geogenético, litológico y topográfico. Contiene unidades genéticas de relieve, situadas en una provincia climática, localizada en una región climática, que se ubica a su vez, en una provincia fisiográfica.

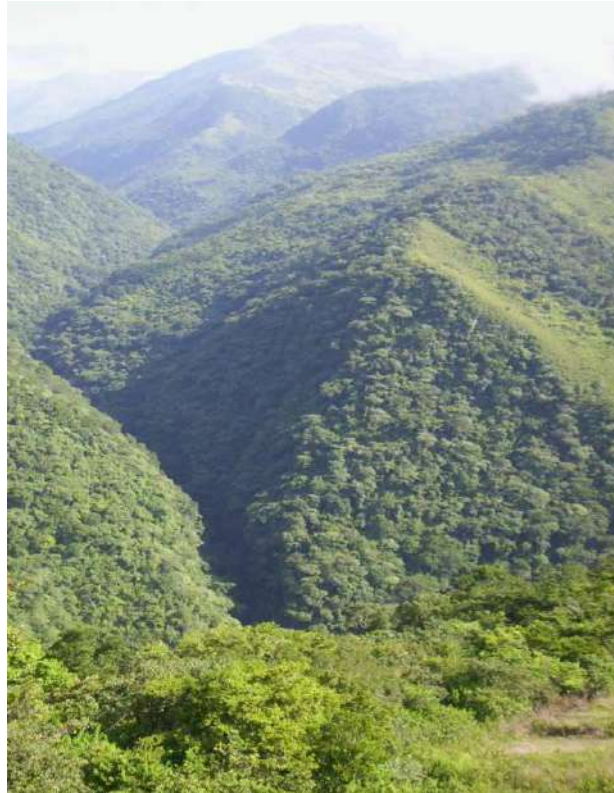
En el área de influencia indirecta del Proyecto se localizan básicamente tres unidades de gran paisaje: relieve montañoso, relieve colinado y llanura aluvial (ver Tabla 3.2.3.1). Los mayores valores de pendiente corresponden a la zona de embalse, en la que predomina el relieve montañoso con áreas pequeñas de llanura aluvial. El paisaje colinado se relaciona con pendientes menores ubicadas hacia la zona del altiplano norte en cercanías del municipio de Yarumal, en zona de influencia de la línea de transmisión para construcción de la Vía sustitutiva El Valle – Ituango San Andrés de Cuerquia

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Paisajes

Son unidades formadas por un proceso morfogenético particular. Están contenidas en el Gran Paisaje. Para efectos del análisis fisiográfico se agruparon las macrounidades, determinadas dentro de las unidades geomorfológicas del informe de geomorfología, en las siguientes categorías: vertientes, filos, colinas medias, colinas bajas, terrazas aluviales y abanicos aluviales, las cuales se describen a continuación.

- Vertientes: Se encuentran ubicadas en ambas márgenes del río Cauca. En general son largas a medias, con incisiones moderadas que desarrollan valles en forma de “V” profundos, abiertos; se desarrollan sobre gneises y esquistos (Fotografía 3.2.3.1).



Fotografía 3.2.3.1 Cañones conformados por el tipo de relieve en vertiente; éstas son largas y rectilíneas, dando origen a cauces estrechos, que corren por lechos de fondo rocosos

- Filos: Se ubican en las vertientes; en general presentan topos alargados, subredondeados y estrechos (Fotografía 3.2.3.2).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



Fotografía 3.2.3.2 Los filos son las formas en que terminan los sistemas montañosos o colinados, por lo general de origen estructural. Vista en frente su forma es como un espinazo; las cimas son agudas, las vertientes largas y rectas, con pendiente fuerte

- Colinas medias: Conformada por un sistema de colinas de topes agudos y flancos planos irregulares hacia la cola del embalse en los municipios de Santa Fé de Antioquia y Liborina (Fotografía 3.2.3.3).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



Fotografía 3.2.3.3 Estas colinas presentan una incisión moderada, las pendientes son ligeramente escarpadas, con flancos convexos y cimas ligeramente redondeadas

- Colinas bajas: Son colinas de topes amplios y subredondeados con flancos cortos, por lo general de forma convexa; son el tipo de relieve típico del altiplano norte, en la zona de la línea de transmisión de energía para construcción (Fotografía 3.2.3.4).

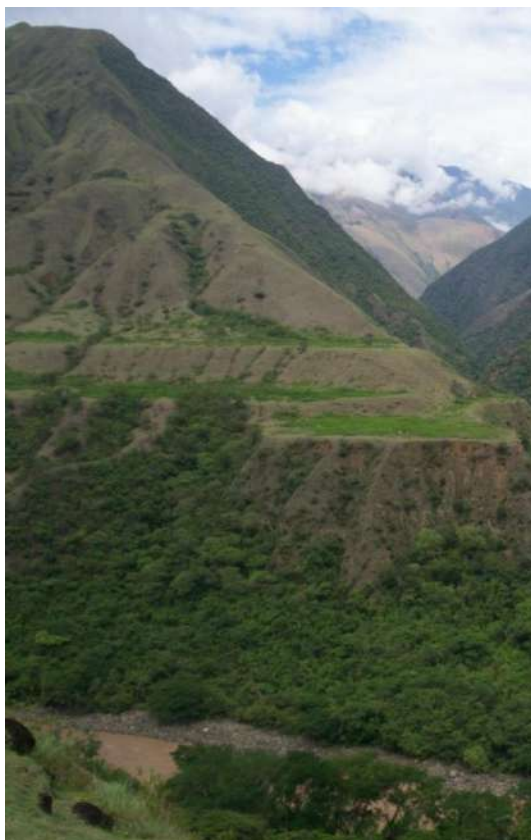


Fotografía 3.2.3.4 El perfil de meteorización en la zona del altiplano es muy profundo (hasta 30 m), y la erosión en forma de escorrentía de estas superficies de aplanamiento da origen a un sistema colinado, de formas bajas (no superan los 100 m de altura)

- Terrazas aluviales: Se ubican en franjas estrechas en ambas márgenes del río Cauca. De forma plana en el tope, su perfil está conformado por depósitos aluviales; cuyo tamaño de partículas aumenta con la profundidad de arenas y gravas (Fotografía 3.2.3.4).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Abanicos aluviales: Se ubican en los tramos finales de algunos de los afluentes del río Cauca. Se forman por el arrastre de sedimentos de estas corrientes, los cuales son depositados al llegar a la desembocadura.



Fotografía 3.2.3.5 Se observan diferentes terrazas formadas por el río Cauca y sus principales afluentes

3.2.3.1.2 Unidades cartográficas

Para toda el AII del Proyecto se encontraron las siguientes unidades las cuales serán descritas en el AID:

- Asociación El Cinco
- Asociación Raudal
- Asociación Ituango
- Asociación Santa Bárbara
- Asociación Concordia
- Asociación Gemelos
- Asociación Tuntuná

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Consociación Calderas
- Complejo Tarazá
- Asociación Santafé

3.2.3.1.3 Uso actual, uso potencial y conflictos del suelo

Los usos del suelo predominantes corresponden a la agricultura y la ganadería a lo largo de la vía que comunica el municipio de San Andrés de Cuerquia con el sector de Puente Pescadero; en la zona de bosque seco tropical (bs-T) es frecuente la ganadería y la minería, en la región del bosque húmedo tropical (bh-T) predomina la explotación de madera, la ganadería y el establecimiento de cultivos ilícitos.

3.2.3.2 Área de influencia directa (AID)

De acuerdo con los términos de referencia para el AID se debe describir la clasificación taxonómica de los suelos (unidades cartográficas), el uso, actual, potencial y el conflicto del uso del suelo y su relación con el Proyecto.

3.2.3.2.1 Unidades cartográficas

Para la delimitación e identificación de las Unidades Cartográficas de Suelos se realizó la delimitación de éstas con información secundaria obtenida del Estudio de Suelos del Departamento de Antioquia (IGAC, 2007)⁴, de los planes de ordenamiento territorial⁵ (POT), Planes de desarrollo, Esquemas de Ordenamiento Territorial y Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios del área de influencia directa; obteniendo cartografía del IGAC que fue digitalizada y restituida en mapas a escalas 1:50.000. Posteriormente, se realizó una calicata por cada unidad cartográfica donde se describieron las propiedades físicas y se tomaron muestras de suelo para análisis de laboratorio (aunque aquellas con un área inferior a 6,25 ha no son cartografiables a la escala de presentación de los mapas del presente EIA y solo se trabajaron con información secundaria); esta información es la que posteriormente se utiliza para determinar el uso potencial del suelo.

Las asociaciones son la unidad cartográfica base para la referencia se consideraron como unidades de mapeo básicas para la caracterización de los suelos del área de estudio. En ellas se incluyen dos o más clases de suelos, correspondientes a diferentes unidades taxonómicas.

⁴ IGAC. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Antioquia, 2007.

⁵ Cuando se refiere a los POT se entiende que comprende todos los tipos de planes previstos en la Ley 388 de 1997, es decir, POT cuando el municipio cuenta con una población superior a 100.000 habitantes; planes básicos de ordenamiento territorial (PBOT) cuando el municipio cuenta con una población entre 30.000 y 100.000 habitantes y esquemas básicos de ordenamiento territorial (EOT) cuando el municipio tiene una población inferior a 30.000 habitantes.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los elementos que a continuación se caracterizan dentro del componente suelos, incluyen los estudios anteriores y los desarrollados para las consecuentes actualizaciones requeridas.

En la Tabla 3.2.3.3, se presenta la leyenda de las unidades cartográficas delimitadas en el área de las obras del Proyecto, con sus respectivas fases, posición fisiográfica, características de los suelos con el área ocupa cada una de ellas en el AID. A continuación se describen los perfiles de suelo correspondientes dichas unidades cartográficas. Sin embargo no hay información de campo del Complejo Girardota y de las Asociaciones Margarita, Gemelos, Poblano, Aldana y Zulaibar y la Consociación Ventanas dado que al momento de hacer el trabajo de campo los accesos eran difíciles por orden público; para éstas unidades cartográficas se presentará solo información secundaria. En los mapas asociados con el código D-PHI-110-LB-PR-EDA se pueden observar las unidades cartográficas de suelos.

- Asociación Ituango (IT)

Esta asociación está localizada entre los 1.000 y 2.000 msnm, entre las zonas de vida bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque húmedo Premontano (bh-PM). Fisiográficamente comprende vertientes y filos, ubicados en el relieve montañoso de los flancos de las cordilleras Central y Occidental sobre ambas márgenes del río Cauca.

El relieve es muy escarpado con pendientes generalmente largas y rectas que varían entre el 25 a 50% y el 50 al 75%. Presentan erosión severa, llegando a ser muy severa en los sectores de mayor pendiente.

Son suelos desarrollados a partir de rocas metamórficas (varias clases de esquistos con intercalaciones de gneises, anfibolitas, cuarcitas y materiales calcáreos), su espesor varía de profundos a superficiales y están limitados por factores físicos o químicos: gravillas, piedras, roca cerca a la superficie o toxicidad por aluminio. Generalmente son bien drenados.

En general son suelos con fertilidad moderada a baja, capacidad de intercambio catiónico de alta a baja, alta a baja la saturación de bases, el carbón orgánico decrece regularmente de alto a bajo y su contenido de fósforo es bajo. En la Tabla 3.2.3.4 se presentan las características descritas para esta unidad cartográfica, ver Fotografía 3.2.3.6.

Las pendientes en las que se localiza el perfil son superiores al 50%. No muestra desarrollo estructural, limitado por piedras. En el primer horizonte se presenta una acidez media que se incrementa hacia el segundo hasta llegar a ser fuerte, limitando probablemente la asimilación del nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio para algunas especies de plantas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.3.3 Leyenda de unidades cartográficas de suelos para el proyecto Hidroeléctrico Ituango

Paisaje y ambiente morfogenético	Clima ambiental	Tipo de relieve	Litología y/o sedimentos	Características de los suelos	Unidad cartográfica de suelos			Extensión	
					Nombre	Símbolo	Fase	Área (ha)	%
Piedemonte	Cálido seco	Glacís y coluvios de remoción	Depósitos aluviales y coluviales mixtos	Profundos a moderadamente profundos, bien drenados, texturas moderadamente finas y finas, reacción moderadamente ácida a neutra, fertilidad alta a moderada. Erosión ligera a moderada.	ASOCIACIÓN TUNTUNA	TG	cp, dp	113,0	0,4
Lomerío	Cálido húmedo	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias (arcillolitas, areniscas y conglomerados)	Profundos, bien drenados, texturas moderadamente finas y finas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, alta saturación de aluminio, fertilidad baja a muy baja.	ASOCIACIÓN MARGARITA	GM	d1	12,4	0,0
Montaña	Cálido seco	Lomas y colinas	Rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas) y metamórficas (esquistos).	Moderadamente profundos y muy superficiales limitados por fragmentos de roca, bien drenados, texturas medias a finas, reacción fuertemente ácida a neutra, fertilidad alta. Erosión moderada a muy severa.	ASOCIACIÓN SANTAFE	SF	e2,	42,8	0,2
		Filas y vigas	Rocas ígneas (basaltos, andesitas).	Superficiales limitados por la roca a profundos, excesiva a bien drenados, texturas medias a finas, algunos con alta saturación de aluminio. Reacción muy fuertemente ácida a neutra, fertilidad alta.	ASOCIACIÓN CONCORDIA	CN	d2, dp, e1, e2, f2, fp2, fp3	11505,5	40,6

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Paisaje y ambiente morfogenético	Clima ambiental	Tipo de relieve	Litología y/o sedimentos	Características de los suelos	Unidad cartográfica de suelos			Extensión	
					Nombre	Símbolo	Fase	Área (ha)	%
		Espinazos	Rocas sedimentarias (areniscas, arcillolitas, conglomerados)	Profundos y superficiales, limitados por pedregosidad o por la roca directamente, bien a excesivamente drenados, texturas moderadamente finas a finas; reacción fuertemente ácida a neutra, fertilidad alta a moderada. Erosión ligera a severa.	ASOCIACIÓN GEMELOS	GA	ep	4,4	0,0
Montaña	Cálido seco a húmedo	Vallecitos	Sedimentos coluvioaluviales mixtos	Superficiales y moderadamente profundos, bien a moderadamente bien drenados con inundaciones periódicas; texturas variadas, fertilidad baja a alta.	COMPLEJO TARAZÁ	TR	a, b	768,6	2,7
	Cálido húmedo	Glacís coluvial y coluvios de remoción	Depósitos coluviales mixtos	Profundos y superficiales limitados por pedregosidad y fragmentos de roca, bien drenados, texturas moderadamente gruesas a finas, reacción muy fuerte a moderadamente ácida, fertilidad muy baja a moderada.	CONSOCIACIÓN CALDERAS	CL	b, c, cp, cp1	809,1	2,9
		Filas y vigas	Rocas metamórficas (esquistos)	Profundos y superficiales, bien drenados, texturas finas a medias, erosión ligera y moderada, fertilidad muy baja, reacción muy fuertemente ácida.	ASOCIACIÓN RAUDAL	RV	e1, e2, f2, f3	3571,3	15,6

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Paisaje y ambiente morfogenético	Clima ambiental	Tipo de relieve	Litología y/o sedimentos	Características de los suelos	Unidad cartográfica de suelos			Extensión	
					Nombre	Símbolo	Fase	Área (ha)	%
	Cálido húmedo a muy húmedo	Filas y vigas	Rocas metamórficas (neises e inclusiones de esquistos)	Superficiales y profundos, bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, erosión ligera a moderada, fertilidad muy baja a moderada.	ASOCIACIÓN EL CINCO	EC	f2	471,9	1,7
			Rocas metamórficas (esquistos)	Profundos, bien drenados, texturas finas a medias, erosión ligera y moderada, fertilidad baja, reacción ligera a fuertemente ácida.	ASOCIACIÓN ITUANGO	IT	d1, e1, e2, f1, f2	3632,9	12,8
	Templado húmedo a muy húmedo	Glacis y coluvios de remoción	Depósitos heterométricos mixtos coluviales y coluvioaluviales.	Profundos a moderadamente profundos, bien drenados, texturas finas a moderadamente gruesas, erosión ligera a moderada, fertilidad muy baja y alta.	ASOCIACIÓN POBLANCO	PO	dp	57,6	0,3
			Sedimentos heterogéneos mixtos coluvioaluviales recientes	Superficiales y profundos, drenaje pobre a moderado, texturas moderadamente finas a gruesas, inundaciones ocasionales, fertilidad baja y alta.	COMPLEJO GIRARDOTA	GS	a	36,1	0,1
			Vallecitos	Rocas ígneas (diabasas, basaltos, tobas y dioritas), con cobertura discontinua de cenizas volcánicas	Profundos, limitados por gravilla y cascajo; bien drenados, alta saturación de aluminio, reacción extremada a ligeramente ácida, fertilidad alta a moderada. Erosión ligera a moderada.	ASOCIACIÓN SANTA BÁRBARA	SB	f1, f2	2939,4

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Paisaje y ambiente morfogenético	Clima ambiental	Tipo de relieve	Litología y/o sedimentos	Características de los suelos	Unidad cartográfica de suelos			Extensión	
					Nombre	Símbolo	Fase	Área (ha)	%
Montaña	Frío húmedo a muy húmedo	Glacis y coluvios en remoción	Cenizas volcánicas depositadas sobre coluviones y aluviones heterogéneos	Profundos a moderadamente profundos, drenaje natural bueno, texturas finas a medias, reacción fuertemente ácida, fertilidad moderada, erosión ligera a moderada.	ASOCIACIÓN ALDANA	AL	c, d1	58,6	0,2
		Filas y vigas	Rocas metamórficas (esquistos)	Profundos y superficiales limitados por roca, bien drenados, texturas gruesas a finas, fertilidad baja a muy baja, erosión ligera a moderada.	CONSOCIACIÓN VENTANAS	VC	e1, f1	1050,1	3,7
Altiplanicie	Frío húmedo y frío muy húmedo	Lomas y colinas	Rocas ígneas (granitos, cuarzo dioritas, granodioritas) con cobertura discontinua de cenizas volcánicas.	Profundos, drenaje natural moderado a bueno, texturas variadas, fertilidad muy baja, fertilidad muy baja, erosión ligera a severa.	ASOCIACIÓN ZULAIBAR	ZL	d1, e1, f2	1279,3	4,5
					Otras áreas (urbanas, arenales, ríos, misceláneos rococos)			706,8	3,1
Total							28331,7		100

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.3.4 Descripción del perfil del suelo en la asociación Ituango

Localización geográfica		Parte alta hacienda Cuni			
Localización fisiográfica		Vertiente			
Punto de muestreo		P 1			
Material parental		Roca metamórfica			
Cobertura vegetal y uso del suelo		Pastos y rastrojo bajo con ganadería extensiva			
Evidencias de erosión		Laminar			
Limite de profundidad		Piedras			
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Regular	Drenaje natural	Regular
Características de los horizontes					
Nomenclatura		A		B	
Espesor (cm)		1		1 - 58	
Textura		FA		FAr-FA	
Color Munsell		5 YR 3/4 (café rojizo oscuro)		5 YR 5/6 (rojo amarillo)	
Estructura		Masiva		Masiva	
Poros		Macro		Macro	
Raíces		Raicillas		Raíces	
Actividad de microorganismos		Poca		-	
pH		5.9		5.2	
M.O (%)		5.2		1.7	
Al (cmol kg ⁻¹)		-		0.6	
Ca (cmol kg ⁻¹)		7.4		2.4	
Mg (cmol kg ⁻¹)		1.7		1.1	
K (cmol kg ⁻¹)		0.25		0.13	
CICE (cmol kg ⁻¹)		9.4		4.2	
P (mg kg ⁻¹)		7		2	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



Fotografía 3.2.3.6 Perfil y uso del suelo Asociación Ituango (IT)

- Asociación Raudal (RV)

Esta unidad forma parte del área de influencia directa de la cota de inundación del embalse 520 m en la zona de Bosque húmedo tropical (bh-T). Fisiográficamente comprende vertientes ubicadas en el relieve montañoso de los flancos de las cordilleras Central y Occidental, localizada en ambas márgenes del río Cauca.

En la Tabla 3.2.3.5 y Tabla 3.2.3.6 se presentan las características de dos perfiles levantados en campo para esta asociación.

En el área de estudio el relieve es muy escarpado, con pendientes largas y rectas, mayores del 50%, con erosión severa.

Los suelos se originaron a partir de rocas metamórficas, especialmente esquistos cloríticos, cuarzo sericíticos o anfibólicos. En general son suelos moderadamente profundos a superficiales, limitados por factores físicos o químicos; bien drenados. La fertilidad varía de alta a baja, capacidad de intercambio catiónico baja, bases totales bajas a muy bajas, saturación de bases baja a media, concentraciones relativamente altas de aluminio y muy variables en fósforo.

Las pendientes en las que se localiza el perfil son superiores al 50%. Muestra desarrollo estructural; es un suelo moderadamente profundo, limitado por piedras a través del perfil y roca en el horizonte C. En los diferentes sondeos que se realizaron en profundidad en diferentes sitios de la unidad, no se encontraron variaciones

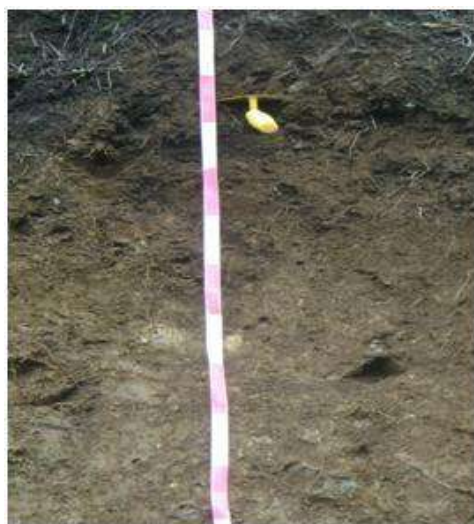
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

significativas de .la propiedades como espesor del horizonte orgánico, color, estructura, entre otras.

La acidez es muy fuerte en ambos horizontes, limitando la fertilidad natural por reducción en la asimilación de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio. Los contenidos de fósforo son bajos y por los valores de pH se espera que éste se precipite con el aluminio.

El valor obtenido en el laboratorio para aluminio en el horizonte B, indica la posibilidad de que se presente toxicidad para algunas especies de plantas.

Los suelos en esta unidad con base en la información de campo pueden clasificarse como moderadamente profundos (entre 50 – 100 cm, sin limitantes), de fertilidad media a baja, su reacción es ligeramente acida, contenido de materia orgánica de medio a bajo y alto contenido de Ca, el cual puede estar relacionado con su material parental. Presenta bajo contenido de K y de medio a alto en Mg (Fotografía 3.2.3.7).



Fotografía 3.2.3.7 Perfil y uso del suelo Asociación Raudal (RV)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.3.5 Descripción del perfil del suelo en la asociación Raudal (quebrada Burundá)

Localización geográfica	Margen derecha quebrada Burundá		
Localización fisiográfica	Vertiente		
Punto de muestreo	P 3		
Material parental	Roca metamórfica		
Cobertura vegetal y uso del suelo	Rastrojo bajo; ganadería extensiva		
Evidencias de erosión	Laminar		
Limite de profundidad	Roca		
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Bueno
Drenaje natural	Bueno		
Características de los horizontes			
Nomenclatura	A	B	C
Espesor	5	5 - 69	> 69
Textura	FA	FArA	
Color Munsell	5 YR 3/2	5 YR 4/6	
Estructura	Tipo: Granular Clase: Fina Grado: Débil	Tipo: Granular Clase: Fina Grado: Débil	
Poros	Macro	Macro	
Raíces	Raicillas	Raíces	
Actividad de microorganismos	Poca	Poca	
pH	5.0	4.7	
M.O (%)	5.3	2.9	
Al (cmol kg ⁻¹)	0.8	2.2	
Ca (cmol kg ⁻¹)	2.3	0.2	
Mg (cmol kg ⁻¹)	1.0	0.1	
K (cmol kg ⁻¹)	0.35	0.22	
CICE (cmol kg ⁻¹)	4.5	2.7	
P (mg kg ⁻¹)	10	3	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.3.6 Descripción del perfil del suelo en la asociación Raudal (vereda Organi)

Fecha	20-10-2009	Unidad Cartográfica	Asociación Raudal (RVf3)	Perfil No.	1
Departamento	Antioquia	Municipio	Ituango	Vereda	Organi
Localización geográfica	Margen izquierda del río Cauca aguas abajo				
Coordenadas	1180137,75 y 1293738,9 Origen Buenaventura				
Localización fisiográfica	Vertiente media				
Pendiente	50-70%				
Uso actual del suelo	Mosaico de pastos y espacios naturales, ganadera extensiva.				
Evidencias de erosión	Escurrimientos en masa aislados y Pata de vaca				
Limitantes de profundidad	Cascajo y piedra a través del perfil			Profundidad efectiva (m)	0.90
Drenaje: Externo	rápido	Interno	rápido	Natural	Bien drenado
Características	Horizontes				
Nomenclatura	A		B		
Espesor (cm)	15		25		
Marcación laboratorio	SP9143		SP9144		
Textura	A% L% Ar%	38 28 34		38 28 34	
	Clase	FAr		FAr	
Color Munsell	Notación	7.5 YR 4/4		7.5 YR 5/6	
	Nombre	Brown		Strong brown	
Estructura	Tipo	Migajosa		Migajosa	
	Clase	Fina		Mediana	
	Grado	Débil		Moderada	
Raíces	Tamaño	Medianas		Medianas	
	Cantidad	Abundantes		Regulares	
Actividad de macroorganismos	Abundante		Regular		
pH	6.2		6.2		
M.O (%)	3.1		0.89		
Ca (meq 100 g)	8.5		7.7		
Mg (meq 100 g)	3.7		6.1		
K (meq 100 g)	0.08		0.03		
P (ppm)	3		3		
Al (meq 100 g)	-		-		
CICE (suma cationes de cambio)	12.3		13.8		

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Asociación Santa Bárbara (SB)

Localizada en el área de estudio, en las zonas de vida bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque seco tropical (bs-T). Comprende el área de inundación del embalse. Fisiográficamente corresponde a las vertientes y filos ubicados en el relieve montañoso de los flancos de las cordilleras Central y Occidental, a ambos márgenes del río Cauca.

Los suelos se han desarrollado a partir de rocas ígneas, diabasas, basaltos y dioritas principalmente. El relieve es escarpado, con predominio de pendientes mayores del

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

50%. El grado de erosión varía de moderada a severa en el área de estudio. En la Tabla 3.2.3.7 se presenta el perfil descrito para esta asociación.

Tabla 3.2.3.7 Descripción del perfil del suelo en la asociación Santa Bárbara

Localización geográfica	Margen izquierda quebrada Santa María		
Localización fisiográfica	Vertiente		
Punto de muestreo	P 5		
Material parental	Roca ígnea		
Cobertura vegetal y uso del suelo	Rastrojo bajo; ganadería extensiva		
Evidencias de erosión	Laminar		
Limite de profundidad	Roca		
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Bueno
			Drenaje natural
			Regular
Características de los horizontes			
Nomenclatura	A		C
Espesor (cm)	34		> 34
Textura	FArA		
Color Munsell	2.5 YR 2/1		
Estructura	Masiva		
Poros	Macro		
Raíces	Raicillas		
Actividad de microorganismos	Poca		
pH	6.8		
M.O (%)	3.5		
Al (cmol kg ⁻¹)	-		
Ca (cmol kg ⁻¹)	19		
Mg (cmol kg ⁻¹)	4.0		
K (cmol kg ⁻¹)	0.29		
CICE (cmol kg ⁻¹)	23.3		
P (mg kg ⁻¹)	15		

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Los suelos en general son profundos a superficiales, con predominio de los primeros en el área de estudio; limitados por factores físicos y químicos (piedras, gravillas, contactos rocosos o toxicidad por aluminio); el drenaje natural varía entre bueno y excesivamente bueno.

La fertilidad varía de baja a moderada, reacción fuerte a ligeramente ácida, muy alta a baja la capacidad de intercambio catiónico, las bases totales al igual que la saturación de bases van de altas a bajas en los diferentes conjuntos, el carbón orgánico decrece de alto a muy bajo y son bajos en fósforo.

El perfil se localizó en la parte baja de una pendiente cercana al 50%, en área de inundación del embalse, en la que el uso predominante ha sido la ganadería. El suelo no tiene todavía desarrollo estructural y no se evidenció presencia de horizonte B en este perfil.

Presenta acidez muy suave, favoreciendo la asimilación de la mayor parte de los nutrientes incluidos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. El uso está más

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

limitado por factores físicos, relacionados con la presencia de roca en el perfil y déficit de agua, que con la fertilidad.

- Asociación Concordia (CN)

Localizada en el área de estudio en zona de vida bosque seco tropical (bs-T), incluye suelos que serán inundados por el embalse. Fisiográficamente comprende vertientes, ubicadas en el relieve montañoso de los flancos de las cordilleras Central y Occidental, en ambas márgenes del río Cauca y algunas colinas medias de relieve colinado.

Los suelos son derivados de rocas ígneas, principalmente diabasas, basaltos y dioritas. El relieve es escarpado con pendientes rectas y largas, que varían del 25 al 50% y más del 50 %, en el área de estudio. La erosión varía de severa a muy severa en los sitios de mayor pendiente.

En general son suelos superficiales a profundos con drenaje de excesivo a bueno. La fertilidad varía de moderada a baja, con una capacidad de intercambio catiónico alta a media y muy bajos en abundancia de fósforo (ver Tabla 3.2.3.8 y Tabla 3.2.3.9).

El perfil se localizó en una colina media, en la que el uso predominante ha sido ganadería extensiva, seguido de cultivo de maíz. Tanto en el horizonte A como en el B se observa desarrollo estructural.

El resultado del análisis de laboratorios señala, en general, un contenido alto de nutrientes, especialmente de nitrógeno, calcio y magnesio, además de una alcalinidad suave que favorece la disponibilidad de éstos y el fósforo. El resultado relacionado con el contenido de nutrientes puede obedecer al manejo que se le ha dado al cultivo de maíz, que de acuerdo con entrevistas con personas de la zona, se fertiliza, sin responder a una programación periódica.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.3.8 Descripción del perfil del suelo en la asociación Concordia

Localización geográfica	Entre las quebradas Toyugano y La Cueva		
Localización fisiográfica	Vertiente		
Punto de muestreo	P 8		
Material parental	Roca ígnea		
Cobertura vegetal y uso del suelo	Pasto para ganadería extensiva		
Evidencias de erosión	Laminar y patas de vaca		
Limite de profundidad	-		
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Bueno
		Drenaje natural	Bueno
Características de los horizontes			
Nomenclatura	A	B	C
Espesor	25	25 - 86	> 86
Textura	FA	Ar	
Color Munsell	5 YR 5/2	5 YR 5/6	
Estructura	Tipo: Granular Clase: Fina Grado: Débil	Tipo: Granular Clase: Fina Grado: Débil	
Poros	Macro	Micro	
Raíces	Raicillas	-	
Actividad de microorganismos	Poca	-	
pH	7.0	8.0	
M.O (%)	10.8	0.57	
Al (cmol kg ⁻¹)	-	0.6	
Ca (cmol kg ⁻¹)	25.9	29.2	
Mg (cmol kg ⁻¹)	8.1	11.3	
K (cmol kg ⁻¹)	1.70	0.18	
CICE (cmol kg ⁻¹)	35.7	40.74.2	
P (mg kg ⁻¹)	15	8	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

La poca profundidad efectiva y la susceptibilidad a la erosión son las principales limitaciones para el uso de estos suelos (Tabla 3.2.3.9 y Fotografía 3.2.3.8)

Tabla 3.2.3.9 Características del Perfil de la Asociación Concordia

Fecha	10-03-2010	Unidad Cartográfica	Asociación Concordia (CNfp2)		Perfil No.	3
Departamento	Antioquia	Municipio	Santa Fé de	Vereda	El Tunal	
			Antioquia			
Localización geográfica (Coordenadas)	Margen izquierda del río Cauca, o la vía de Santa Fé hacia el antiguo puente que comunicaba con el municipio de Olaya.					
Localización fisiográfica	Terraza, parte media					
Pendiente	12 – 25%					
Uso actual del suelo	Ganadería extensiva, con pastos enmalezados					
Evidencias de erosión	Laminar, pequeños surcos					
Limitantes de profundidad	Piedra y pedregón		Profundidad efectiva (m):		0.10	
			superficial			
Drenaje: Externo	Bueno	Interno	Bueno	Natural	Bien drenado	
Características	Horizontes					

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Fecha	10-03-2010	Unidad Cartográfica	Asociación Concordia (CNfp2)	Perfil No.	3
Nomenclatura			A	B	
Espesor (cm)			38	42	
Marcación laboratorio			SP9948	SP9949	
Textura	A% L% Ar%	40 26 34		62 26 12	
	Clase	FAr		FA	
Color	Notación	7.5 YR 4/4		2.5 Y 6/3	
Munsell	Nombre	Brown		Light yellowish brown	
Estructura	Tipo	Bloques subangulares		Bloques angulares	
	Clase	Finos		Finos	
	Grado	Fuertes		Moderada	
Raíces	Tamaño	Medianas a gruesas		Medianas	
	Cantidad	Regulares		Pocas	
Actividad de macroorganismos			No hay		
pH			7.0	6.9	
M.O (%)			6.5	0.96	
Ca (meq 100 g)			26.3	52.0	
Mg (meq 100 g)			12.2	24.2	
K (meq 100 g)			0.33	0.09	
P (ppm)			8	10	
Al (meq 100 g)					
CICE (suma de cationes de cambio)			38.8	76.3	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.



Fotografía 3.2.3.8 Perfil y uso actual del suelo en la Asociación Concordia

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Consociación Calderas (CL)

Localizada en el área de estudio en inmediaciones del río San Andrés en zona de vida Bosque húmedo tropical (bh-T), en cota de inundación del embalse. Fisiográficamente comprende llanura aluvial ubicada en el flanco occidental de la cordillera Central.

Los suelos se han desarrollado a partir de coluviones y aluviones de diferentes tipos de rocas; son de extensión pequeña. El relieve en el área de estudio es ligeramente plano con erosión leve y pendientes que van del 3 al 12%.

En general son suelos profundos a superficiales, limitados por factores físicos o químicos. Su fertilidad es baja, son fuerte a medianamente ácidos, alta a muy baja actividad intercambio catiónico, bajos a muy bajos en bases totales y concentraciones relativamente altas de aluminio. En la Tabla 3.2.3.10 se muestran las características fisicoquímicas del perfil descrito en campo, ver Fotografía 3.2.3.9.

Tabla 3.2.3.10 Descripción del perfil del suelo en el Complejo Calderas

Localización geográfica	Margen derecha río San Andrés		
Localización fisiográfica	Terraza aluvial		
Punto de muestreo	P 2		
Material parental	Aluvial		
Cobertura vegetal y uso del suelo	Rastrojo bajo		
Evidencias de erosión	Laminar		
Limite de profundidad	Piedra		
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Bueno
		Drenaje natural	Bueno
Características de los horizontes			
Nomenclatura	A	B	C
Espesor	0 - 5	5 - 43	> 43
Textura	F	FA	
Color Munsell	7.5 YR 3/2	7.5 YR 5/6	
Estructura	Tipo: Bloques subangulares Clase: Fina Grado: Débil	Tipo: Bloques subangulares Clase: Fina Grado: Débil	
Poros	Macro	Macro	
Raíces	Raicillas	Raíces	
Actividad de microorganismos	Poca	Poca	
pH	4.9	4.7	
M.O (%)	8.1	0.83	
Al (cmol kg ⁻¹)	0.4	1.1	
Ca (cmol kg ⁻¹)	10.2	2.4	
Mg (cmol kg ⁻¹)	2.6	1.3	
K (cmol kg ⁻¹)	0.15	0.05	
CICE (cmol kg ⁻¹)	13.4	4.9	
P (mg kg ⁻¹)	54	40	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Las pendientes en que se localiza el perfil son del 3%. Muestra desarrollo estructural: es un suelo superficial, limitado por piedra.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

La acidez es muy fuerte en los horizontes A y B. Limitando la asimilación de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, a pesar del contenido alto de materia orgánica y fósforo. La primera decrece significativamente a través del perfil.



Fotografía 3.2.3.9 Perfil y uso actual del suelo Complejo Calderas (CL)

- Asociación Tuntuna (TG)

Localizada en la cota de inundación del embalse, 420 m, en zona de vida bosque seco Tropical (bs-T). Fisiográficamente comprende las partes medias bajas de las vertientes ubicadas en los flancos de las cordilleras Central y Occidental. La parte más baja se localiza sobre terrazas.

Son suelos desarrollados a partir de coluviones y aluviones heterométricos y heterogéneos. El relieve en el área de estudio varía de plano en las partes bajas, a muy escarpado en las partes medias, con pendientes que van de 0 a 12%, hasta mayores del 50%. Erosión de moderada a severa.

Son suelos profundos a superficiales, limitados por factores físicos y de moderados a bien drenados. Fertilidad de moderada a baja, reacción mediana a ligeramente ácida, capacidad de intercambio catiónico de alta a mediana y bajos en fósforo.

El perfil se localizó en inmediaciones del caserío de Orobajo (municipio de Sabanalarga), al finalizar la vertiente, sobre un terreno completamente plano, en una terraza alta formada por el río Cauca. No se encontró horizonte B, ni se evidenció desarrollo de estructura.

En la Tabla 3.2.3.11 se presenta el perfil de suelo descrito en esta unidad.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.3.11 Descripción del perfil del suelo en la asociación Tuntuná

Localización geográfica	Orobajo				
Localización fisiográfica	Terraza				
Punto de muestreo	P 7				
Material parental	Aluvial				
Cobertura vegetal y uso del suelo	Rastrojo bajo y ganadería extensiva				
Evidencias de erosión	-				
Limite de profundidad					
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Regular	Drenaje natural	Regular
Características de los horizontes					
Nomenclatura	A				
Espesor (cm)	0 - 53				
Textura	FA				
Color Munsell	5 YR 2/5				
Estructura	Masiva				
Poros	Macro				
Raíces	Raicillas				
Actividad de microorganismos	-				
pH	7.1				
M.O (%)	1.1				
Al (cmol kg ⁻¹)	-				
Ca (cmol kg ⁻¹)	6.0				
Mg (cmol kg ⁻¹)	1.3				
K (cmol kg ⁻¹)	0.45				
CICE (cmol kg ⁻¹)	7.8				
P (mg kg ⁻¹)	156				

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

La profundidad encontrada corresponde a suelos moderadamente profundos, de alcalinidad suave, que favorece la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, los cuales presentan contenidos altos, especialmente el fósforo. La relación amplia entre el calcio y el magnesio puede afectar la absorción de este último. El límite de uso está dado más por déficit de agua que por fertilidad.

- Complejo Tarazá (TR)

Se encuentra en el área de estudio en las zonas de vida Bosque seco tropical (bs-T) y Bosque húmedo tropical (bh-T). Fisográficamente corresponde a terrazas ubicadas sobre llanura aluvial.

Se pueden encontrar pequeños vegas y terrazas bajas con influencia no coluvial. El relieve es plano a ligeramente inclinado, con pendientes del 0 al 12%.

Son suelos derivados de aluviones recientes heterogéneos y heterométricos, presentan inundaciones o encharcamientos en épocas de lluvias o crecidas de los ríos. En el área de estudio el relieve es plano con pendientes entre 0 y 7%. Profundos a superficiales, están limitados por factores físicos. La fertilidad varía de baja a moderada, son fuertes a ligeramente ácidos, con capacidad de intercambio catiónico media a alta y bajos en fósforo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El perfil del suelo se ubicó sobre una pendiente del 3%. El pH indica una acidez media que puede afectar la disponibilidad de fósforo para algunas especies, a pesar de su contenido alto. Su uso está limitado primordialmente por la presencia de piedra en el perfil (Tabla 3.2.3.12).

Tabla 3.2.3.12 Descripción del perfil del suelo en el complejo Tarazá

Localización geográfica	Margen izquierda de la quebrada Tacuí		
Localización fisiográfica	Terraza		
Punto de muestreo	P 4		
Material parental	Aluvial		
Cobertura vegetal y uso del suelo	Cultivo de papayo		
Evidencias de erosión	Laminar		
Límite de profundidad	Piedra		
Drenaje externo	Bueno	Drenaje interno	Bueno
		Drenaje natural	Regular
Características de los horizontes			
Nomenclatura	A	B	C
Espesor	0 - 30	30 - 58	> 58
Textura	FA	A	
Color Munsell	10 YR 2/1	10 YR 3/3	
Estructura	Tipo: Bloques angulares Clase: Media Grado: Fuerte	Masiva	
Poros	Micro	Macro	
Raíces	Raicillas	-	
Actividad de microorganismos	Poca	Poca	
pH	5.7	5.6	
M.O (%)	5.9	0.63	
Al (cmol kg ⁻¹)	-	-	
Ca (cmol kg ⁻¹)	6.9	1.0	
Mg (cmol kg ⁻¹)	1.0	0.2	
K (cmol kg ⁻¹)	0.39	0.04	
CICE (cmol kg ⁻¹)	8.3	1.2	
P (mg kg ⁻¹)	47	39	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Asociación El Cinco (EC)

Los suelos de esta asociación se encuentran en clima cálido húmedo a muy húmedo correspondiente a las zonas de vida de bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T), en alturas hasta 950 msnm. Geomorfológicamente, la unidad se encuentra en el paisaje de montaña, tipo de relieve filas-vigas; el relieve es moderadamente quebrado a moderadamente escarpado, con pendientes hasta de 75%. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas metamórficas de diferentes clases (gneiss, esquistos). Son suelos superficiales a profundos limitados por factores físicos (fragmentos de roca); la mayoría presenta erosión laminar ligera a moderada por escurrimiento difuso, algunas cárcavas y deslizamientos.

En general, estos suelos son de baja evolución pedogenética a excepción de los oxisoles que son de muy alta evolución; presentan desarrollo de estructura en los

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

horizontes superiores, son bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas y de muy baja a moderada fertilidad. La mayor parte de los suelos de esta unidad se encuentra en ganadería con pastos naturales o introducidos, para explotaciones en ganadería extensiva o semi-intensiva, además, existen sectores en bosques primarios y secundarios con un proceso de tala indiscriminada donde algunas áreas han sido incorporadas a pastos o cultivos transitorios. Las especies forestales más comunes son palmas, membrillo, punta de lanza, cucharo, balso, hobo, cedro, matarratón, roble, yarumos, guásimo, colorado, laurel, nigüito, helechos, zarzas, cañabrava y bejucos, entre otros. Debido a la topografía y las condiciones de algunos suelos el uso más recomendado es la ganadería en las áreas menos pendientes con un adecuado manejo, igualmente la explotación forestal regulada con un uso sostenible de los recursos naturales.

En la Tabla 3.2.3.13 se describen las propiedades macro, físico y químicas del perfil correspondiente a esta Asociación (Fotografía 3.2.3.10).

Tabla 3.2.3.13 Descripción del perfil del suelo de la Asociación El Cinco

Fecha	20-10-2009	Unidad Cartográfica	Asociación El Cinco (ECf2)			Perfil No.	2
Departamento	Antioquia	Municipio	Valdivia	Vereda	Santa Bárbara		
Localización geográfica (Coordenadas)		Margen izquierda del río Cauca aguas abajo 1184063,21 y 1296365,46 origen Buenaventura					
Localización fisiográfica		Vertiente parte baja					
Pendiente		50-70%					
Uso actual del suelo		Pastos enmalezados, ganadería extensiva.					
Evidencias de erosión		Pata de vaca					
Limitantes de profundidad		Piedra y pedregón		Profundidad superficial efectiva (m):	0.50		
Drenaje: Externo	rápido	Interno	medio	Natural	Moderadamente bien drenado		
Características		Horizontes					
Nomenclatura		A			B		
Espesor (cm)		10			≥60		
Marcación laboratorio		SP9145			SP9146		
Textura	A% L% Ar%	38 20 42			32 16 52		
	Clase	Ar			Ar		
Color Munsell	Notación	7.5 YR 5/6			7.5 YR 5/8		
	Nombre	Strong brown			Strong brown		
Estructura	Tipo	Migajosa			Granular		
	Clase	Mediana			Muy Gruesa		
	Grado	Débil			Fuerte		
Raíces	Tamaño	Medianas			Finas		
	Cantidad	Regulares			Pocas		
Actividad de macroorganismos		Regular			Poca		

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Fecha	20-10-2009	Unidad Cartográfica	Asociación El Cinco (ECf2)	Perfil No.	2
pH				5.0	
M.O (%)				2.5	
Ca (meq 100 g)				0.2	
Mg (meq 100 g)				0.1	
K (meq 100 g)				0.03	
P (ppm)				3	
Al (meq 100 g)				1.2	
CICE(suma de cationes de cambio)				1.5	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Los suelos en esta unidad con base en la información de campo pueden clasificarse como superficiales (entre 25 y 50 cm), de fertilidad media a baja, su reacción es ácida, contenido de M.O de media a alta y bajo contenido de bases intercambiables: Ca, K y Mg.



Fotografía 3.2.3.10 Perfil y Uso del suelo Asociación El Cinco (EC)

- Asociación Santafé (SF)

En general los suelos se caracterizan por ser de baja evolución genética; presentan epipedón ócrico y endopedón cámbico, régimen de humedad ústico, saturación de bases mayor de 60% y capacidad de intercambio catiónico mayor a 24 centimoles/kg; los contenidos de arcilla son altos. Las limitantes de uso son el clima seco, el relieve fuertemente quebrado, la disección fuerte, la susceptibilidad a la erosión y la

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

pedregosidad abundante en el perfil. Las características descritas en campo se presentan en la Tabla 3.2.3.14.

Tabla 3.2.3.14 Características del perfil de la Asociación Santafé

Fecha	10-03-2010	Unidad Cartográfica	Asociación Santafé (SFe3)			Perfil No.	4
Departamento	Antioquia	Municipio	Olaya	Vereda	El Penal		
Localización geográfica		Margen izquierda de la carretera que de Liborina conduce a Medellín, 500 m antes del puente sobre la quebrada la Barbuda.					
Localización fisiográfica		Parte media					
Pendiente		0 - 3%					
Uso actual del suelo		Potreros abandonados, enmalezados.					
Evidencias de erosión		Laminar					
Limitantes de profundidad		Piedra y pedregón	Profundidad efectiva (m):		0.10		
Drenaje: Externo	Bueno	Interno	Bueno	Natural	Bien drenado		
CARACTERÍSTICAS		HORIZONTES					
Nomenclatura		A			Depósito aluvial.		
Espesor (cm)		80			Se presenta gravilla, cascajo y pedregón aproximadamente en un 50%. Se observa un depósito aluvial con los fragmentos más gruesos hacia la base y los más pequeños en superficie; es una depositación lenta por la presencia de limo en el perfil.		
Marcación laboratorio		SP9951					
Textura	A% L% Ar%	60 30 10					
	Clase	FA					
Color	Notación	2.5Y5/3					
Munsell	Nombre	Light olive brown					
Estructura	Tipo	Bloques subangulares					
	Clase	Finos					
	Grado	Débiles					
Raíces	Tamaño	Finas a medias					
	Cantidad	Regulares					
Actividad de macroorganismos		No hay					
pH		7.2					
M.O (%)		1.1					
Ca (meq 100 g)		8.3					
Mg (meq 100 g)		1.2					
K (meq 100 g)		0.06					
P (ppm)		30					
Al (meq 100 g)							
CICE (suma de cationes de cambio)		9.6					

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Esta unidad se localiza en los municipios de Santa Fé de Antioquia, Sopetrán, Olaya y Liborina, en clima cálido seco y corresponde a la zona de vida bosque seco tropical (bs-T). Tiene una extensión total de 458,7 en el área de influencia directa del embalse.

Geomorfológicamente, la unidad corresponde al paisaje de montaña y al tipo de relieve lomas y colinas fuertemente disectadas en relieve fuertemente ondulado a

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

moderadamente escarpado, con pendientes del 7 hasta el 75%; presenta erosión laminar y en surcos moderada a severa. Algunos sectores están afectados por pedregosidad superficial.

Los suelos se han desarrollado a partir de rocas sedimentarias (areniscas, arcillas pizarrosas) y metamórficas (esquistos); son bien drenados, de texturas medias moderadamente finas; moderadamente profundos a muy superficiales limitados por fragmentos de roca.

Las tierras están utilizadas en ganadería extensiva con pastos naturales y en rastrojos. La vegetación es escasa; predominan matarratón, cañafístula, tachuelo, higo, indio desnudo, laurel, algarrobo, y penca.

Estos suelos tienen muy baja evolución genética, presentan epipedón ócrico, régimen de humedad del suelo ústico y contacto lítico dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

- Asociación Margarita (GM)

Geomorfológicamente la unidad se desarrolla sobre lomas y colinas del paisaje de lomerío con diferente grado de disección, lo cual ha originado relieves ondulados a quebrados. Las pendientes son variadas en longitud, forma y gradiente, las hay cortas, medias y largas, convexas y rectilíneas y de ligeramente inclinadas a fuertemente escarpadas, las cuales no superan el 25%.

El material parental de los suelos corresponde a rocas sedimentarias del Terciario: arcillolitas, areniscas y conglomerados estratificados. Los suelos son bien drenados, profundos, de texturas moderadamente finas y finas, reacción muy fuerte a fuertemente ácida, con alta saturación de aluminio y fertilidad muy baja y baja. En algunas áreas se presenta erosión ligera a moderada y frecuentes a moderados movimientos en masa, principalmente por pata de vaca y deslizamientos muy localizados.

La vegetación natural en gran parte de la asociación ha sido talada, la que aún existe ocupa áreas de pendientes escarpadas, los linderos de los potreros y los rebordes de algunas corrientes de agua.

El uso dominante es la ganadería de tipo extensivo, en pastos introducidos y naturales, siguen las explotaciones forestales y en áreas reducidas los cultivos de pancoger como maíz, arroz y frutales.

- Asociación Gemelos (GA)

Geomorfológicamente, la unidad corresponde al paisaje de montaña y tipo de relieve espinazos. Las pendientes varían de 12 a 75%, con relieve fuertemente inclinado a

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

moderadamente escarpado. Se presenta erosión laminar ligera a severa, movimientos en masa tipo terracetas y cárcavas; en algunos sectores hay pedregosidad superficial.

Los suelos se derivan de rocas sedimentarias (areniscas, arcillolitas y conglomerados). Son bien a excesivamente drenados, superficiales limitados por pedregosidad o directamente por la roca; texturas moderadamente finas y finas; la fertilidad es alta a moderada.

La escasa vegetación natural se encuentra como pequeños cordones a lo largo de las corrientes hídricas; el uso más generalizado es la ganadería extensiva.

- Asociación Poblano (PO)

Geomorfológicamente, la unidad se encuentra en el paisaje de montaña, en tipo de relieve glacis y coluvios de remoción, el relieve es ligera a fuertemente ondulado con pendientes hasta del 25%; en algunos sectores hay erosión o movimientos en masa, además, piedras de diferentes tamaños en superficie.

Los suelos se han desarrollado a partir de depósitos heterométricos con materiales mixtos coluviales y coluvioaluviales; son profundos a moderadamente profundos limitados por presencia de fragmentos de roca como gravillas, cascajos y piedras en el perfil; con drenaje natural bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas, algunos suelos presentan alta saturación de aluminio que producen toxicidad a la mayoría de las plantas. Los suelos de esta unidad presentan desde muy baja hasta muy alta evolución pedogenética, con estructura especialmente en los horizontes superiores y de fertilidad muy baja a alta.

Gran parte de los suelos de esta unidad están cubiertos por pastos naturales o introducidos para ganadería extensiva y semi-intensiva.

- Complejo Girardota (GS)

Geomorfológicamente, se encuentran en el paisaje de montaña en el tipo de relieve correspondiente a vallecitos en los cuales se pueden encontrar pequeñas terrazas, vegas, diques y coluvios. El relieve es plano a fuertemente ondulado con pendientes hasta del 12%.

Los suelos se han desarrollado de sedimentos heterogéneos mixtos coluvioaluviales recientes de diferentes tamaños, son superficiales a moderadamente profundos limitados por factores físicos y químicos (nivel freático, fragmentos de roca en el perfil y toxicidad por aluminio).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El drenaje natural es pobre a bueno; la mayoría son suelos de muy baja a moderada evolución pedogenética, presentan desarrollo estructural en los horizontes superiores, las texturas son moderadamente finas a gruesas y de fertilidad baja a alta.

Los suelos están utilizados en pastos para ganadería y algunos cultivos propios del clima templado como plátano, yuca, caña de azúcar, café, frutales. Las especies forestales más comunes son el carbonero, chagualo, flor amarillo, yarumo, guayabos, sauce, cañabrava, guadua, zarzas, platanillos y helechos.

- Consociación Ventanas (VC)

Geomorfológicamente pertenece al paisaje de montaña y al tipo de relieve de filas y vigas. El relieve es fuertemente inclinado a moderadamente escarpado, con pendientes mayores del 12%. Se presenta erosión laminar ligera a moderada y movimientos en masa tipo terracetos; también se encuentra pedregosidad superficial localizada.

Los suelos, desarrollados a partir de rocas metamórficas (esquistos de diferente clase) con intrusiones de neiss; son profundos y superficiales, limitados por la roca compacta. Son bien drenados (en algunas áreas es excesivo), texturas moderadamente gruesas a finas y fertilidad baja a muy baja.

Estas tierras tienen como uso principal la ganadería de tipo extensivo y pequeños cultivos de papa, maíz y hortalizas. También se encuentran bosques primario y secundario y algunos lotes reforestados con ciprés y pino.

- Asociación Aldana (AL)

Se presentan en el paisaje de montaña y en tipo de relieve de glacis y coluvios aislados, a veces en forma de abanico. El relieve es plano a fuertemente quebrado con pendientes que oscilan entre 1 y 25%; son suelos profundos a moderadamente profundos, a veces limitados por la presencia de una capa endurecida de óxidos de hierro.

Se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre diferentes tipos de rocas, de coluviones y aluviones heterogéneos y heterométricos; son de texturas medias a finas, el drenaje natural es bueno, se observa erosión ligera a moderada por escurrimiento difuso, surcos y pequeños movimientos en masa.

Hay depósitos ocasionales de nuevos materiales bien sea por gravedad o por el agua y en la superficie pueden encontrarse piedras de diferentes tamaños.

El uso más generalizado es la ganadería extensiva.

- Asociación Zulaibar (ZL)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Ocupa posiciones de lomas y colinas ligeramente disectadas, en relieve que varía ampliamente de plano a escarpado del paisaje de Altiplanicie. Las pendientes son cortas y largas, rectas y convexas, de gradientes entre 7 y 75%.

Los suelos desarrollados de materiales ígneos (granodioritas, granitos, cuarzodioritas y cenizas volcánicas), son profundos, bien a moderadamente bien drenados, de texturas moderadamente finas, finas y moderadamente gruesas a veces con fragmentos de roca; la reacción dominante varía de muy fuerte a fuertemente ácida, en algunos suelos es moderadamente ácida, la saturación de aluminio fluctúa de alta a muy alta y la fertilidad de baja a moderada.

En algunos sectores se presentan afloramientos rocosos y erosión ligera a moderada, acompañada de frecuentes a abundantes movimientos en masa, principalmente pata de vaca.

Parte de la asociación se encuentra en bosques primario y secundario, algunas áreas están reforestadas, el resto en ganadería extensiva.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.3.15 Uso potencial y actual de las unidades cartográficas presentes en el AID del Proyecto.

Unidad cartográfica	Uso principal (vocación)	Uso actual	Pendiente (%)	Erosión	Drenaje natural	Limitantes de uso	Prof. efectiva (cm)	Fertilidad
ASOCIACIÓN TUNTUNA (TGcp, TGdp)	III (agroforestal, plantaciones, protección)	Ganadería con pastoreo extensivo	25-50	Moderada	Moder. drenados	Estructura masiva, pedregosidad (abundante)	53 (moderadamente profundos)	Moderada
ASOCIACIÓN SANTA FE (SFe)	III (Agroforestal, silvopastoril)	Recuperación	0-3	Laminar	Bien drenados	Piedra en el perfil (abundante)	80 (moderadamente profundos)	Moderada
ASOCIACIÓN CONCORDIA (CNd2, CNdp, CNe1, CNe2, CNf2, CNfp3)	VI (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	12 - 25	Laminar y patas de vaca	Bien drenados	Pedregosidad (abundante)	10 (muy superficiales)	Moderada
COMPLEJO TARAZÁ (TRa, TRb)	III (agricultura semi-intensiva)	Agricultura	0 - 12	Laminar	Moder. drenados	Estructura masiva y pedregosidad (poca)	30 (superficiales)	Baja
CONSOCIACIÓN CALDERAS (CLb, CLc, CLcp1)	III. (agricultura semi-intensiva; agroforestales)	Protección, conservación	3 - 12	Laminar	Bien drenados	Piedra en el perfil (abundante)	43 (superficiales)	Baja
ASOCIACIÓN RAUDAL (Rve1, Rve2, RVf2, RVf3)	IV (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	50 - 75	Laminar	Bien drenados	Piedra en el perfil (abundante)	69 (moderadamente profundos)	Baja
ASOCIACIÓN EL CINCO (EC)	IV (ganadería semi-intensiva, silvopastoriles)	Ganadería con pastoreo extensivo	50 - 75	Patas de vaca	Moder. drenados	Ninguna	60 (moderadamente profundos)	Baja

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Unidad cartográfica	Uso principal (vocación)	Uso actual	Pendiente (%)	Erosión	Drenaje natural	Limitantes de uso	Prof. efectiva (cm)	Fertilidad
ASOCIACIÓN SANTA BÁRBARA (SBf1, SBf2)	VIII (Conservación)	Ganadería con pastoreo extensivo	50-75	Laminar	Moder. drenados	Estructura masiva, piedra (poca)	34 (superficiales)	Moderada
ASOCIACIÓN ITUANGO (ITe1, ITe2, ITf1, ITf2)	VII (Protección – conservación)	Ganadería con pastoreo extensivo	50 - 75	Laminar	Moder. drenados	Estructura masiva, piedra (poca)	59 (moderadamente profundos)	Baja
ASOCIACIÓN MARGARITA (GMd1)	VI (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	12 - 25	Patas de vaca	Moder. drenados	Fertilidad, relieve pendiente, susceptibilidad a la erosión	80 cm (profundos)	Baja
ASOCIACIÓN GEMELOS (GAep)	IV (ganadería semi-intensiva, silvopastoriles)	Ganadería con pastoreo extensivo	50-75	Laminar y patas de vaca	Moder. drenados	Pedregosidad	Superficiales	Moderada
ASOCIACIÓN POBLANCO (POdp)	IV (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	0-25	Laminar	Bien drenados	Pedregosidad y toxicidad por aluminio	Moderadamente profundos	Baja
COMPLEJO GIRARDOTA (GSa)	IV (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	0-12	Ninguna	Pobre	Pedregosidad, nivel freático y toxicidad por aluminio	Superficiales a moderadamente profundos	Baja

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Unidad cartográfica	Uso principal (vocación)	Uso actual	Pendiente (%)	Erosión	Drenaje natural	Limitantes de uso	Prof. efectiva (cm)	Fertilidad
CONSOCIACIÓN VENTANAS (VCe1, VC f1)	VI (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	12 - 50	Laminar terracetas	Bien drenados	Pedregosidad y roca	Superficiales	Baja
ASOCIACIÓN ALDANA (ALc, ALd1)	IV (silvopastoril, plantaciones protectoras – productoras)	Ganadería con pastoreo extensivo	1 - 25	Laminar	Bien drenados	Plintita	Moder. profundos	Moderada
ASOCIACIÓN ZULAIBAR (ZLd1, ZLe1, ZLf2)	VII (Protección – conservación)	Bosque natural fragmentado y bosque natural fragmentado con arbustos y matorrales	7-75	Movimientos en masa	Bien drenados	Pedregosidad y toxicidad por aluminio	Profundos	Baja

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.3.2.2 Uso actual y potencial del suelo

Con la información proveniente de los muestreos de campo y complementando con información secundaria como la revisión de los POT⁶ del área del Proyecto y del Estudio de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia (IGAC, 2007) se construyeron el uso actual y potencial para el AID del Proyecto (ver Tabla 3.2.3.15 y los mapas relacionados con los códigos D-PHI-110-LB-PR-UAC y D-PHI-110-LB-PR-UPO, respectivamente).

De acuerdo con la Tabla 3.2.3.16 el principal uso actual del suelo es la ganadería con sistema de explotación extensiva la cual ocupa 23.542,0 ha, que equivalen al 83,1% del área de influencia directa del Proyecto. Este tipo de actividad se realiza con un sistema de manejo agrotecnológico que demanda bajo capital, poca mano de obra, escasa o nula fertilización de los potreros, pastos de bajo rendimiento y sin variedades mejoradas.

La agricultura es muy localizada; se observó en especial hacia la zona del municipio de San Andrés de Cuerquia y en la vía que conduce hacia el corregimiento de El Valle (municipio de Toledo), pequeñas parcelas (no cartografiables a la escala del estudio, inferiores a 6,25 ha) con cultivos permanentes de café, asociación de café – plátano y café – plátano – caña de azúcar. En total esta actividad solo representa el 2,7% del área del Proyecto que equivalen a 768,4 ha.

Así mismo, las áreas dedicadas en la actualidad para protección y/o conservación son los relictos de bosques riparios localizados en pequeñas áreas en las cimas de las montañas o colinas, pero que presentan una estructura de bosque tanto en altura como en composición que difiere de la original; los árboles son de porte más bajo, con una composición de especies más homogénea y con predominio de especies de espacios abiertos o colonizadoras (pioneras). En términos de área estos usos ocupan 2.088,4 ha que representan el 7,4%.

De acuerdo con las características descritas en la Tabla 3.2.3.15, se determinaron los factores limitantes: pendiente, erosión, profundidad efectiva, drenaje natural, fertilidad y acidez para poder establecer los usos potenciales. La clasificación se realizó de acuerdo con las categorías propuestas por el IGAC. Para el área de influencia directa se calificaron los factores limitantes de la siguiente manera:

- Pendiente: A partir de este criterio se delimitan las áreas que se pueden utilizar en cultivos, pastoreo o bosques. En el AID del proyecto las pendientes varían desde planas (cola de embalse y algunos sitios de depósitos en el municipio de Valdivia), hasta pendientes mayores del 50% en relieves muy escarpados.

⁶ En este numeral se hace alusión al término genérico Plan de Ordenamiento Territorial (POT), pero la Ley 388, Capítulo III, artículo 9, define además, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) y el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) dependiendo del tamaño de la población.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Erosión: En el área de influencia del Proyecto el grado de erosión que se presenta es diverso, varía entre ligero, principalmente laminar, ocasionado por el pisoteo de los vacunos, hasta severo, con movimientos o deslizamientos en masa.
- Drenaje natural: En general y de acuerdo con el estudio del IGAC 2007, los suelos de la zona son bien drenados. Profundidad efectiva: Teniendo en cuenta todas las unidades cartográficas los suelos varían de profundos a muy superficiales (cola de embalse), lo cual equivale a una profundidad efectiva del suelo entre 150 cm y 20 cm respectivamente.
- Fertilidad: Para los suelos del Área de influencia directa del proyecto, la fertilidad varía entre media a muy baja.
- Acidez: Los suelos del AID presentan una variación en la reacción del suelo de extremadamente ácida a alcalina, lo que corresponde a rangos de pH entre 4,5 y 8,4 (rectificación cartográfica).

A partir de la calificación de los factores limitantes, se definieron los usos potenciales de los suelos del AID del Proyecto, como aparece en la Tabla 3.2.3.15, con el fin de establecer alternativas sostenibles de utilización de la tierra.

- Unidades de zonificación de tierras

La mayor parte de las tierras se encuentran localizadas en los paisajes de Montaña y Lomerío, con suelos aptos para el establecimiento de sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y forestales, principalmente.

- Tierras con vocación agrícola

De acuerdo con la Tabla 3.2.3.16 las tierras cultivables tienen una extensión aproximada de 1.732,8 hectáreas, que corresponden al 6,1% del área total del Proyecto. Desde el punto de vista biofísico las actividades productivas más recomendables pueden ser agrícolas con cultivos de diferente ciclo de vida. A este tipo de vocación corresponden las categorías de cultivos transitorios intensivos (CTI), Cultivos transitorios semiintensivos (CTS), Cultivos permanentes intensivos (CPI) y Cultivos permanentes semiintensivos (CPS). Entre ellos se encuentran los cultivos de café, asociaciones de café –plátano, café-plátano-maíz; algunos cultivos de frutales como el tomate de árbol que es propio de municipios como los del altiplano norte de Antioquia.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.3.16 Relación del uso actual, el uso potencial y el conflicto generado en el AID del proyecto.

Clase agrológica (uso potencial)	Conflicto	Uso actual						Total	Total Clase agrológica	%
		Agricultura	Conservación	Ganadería pastoreo intensivo	Ganadería pastoreo intensivo	Otros usos	Protección conservación			
III	Bajo				112,9			112,9		
	Sin Conflicto	768,4		42,7			808,8	1619,9		
Total III		768,4		42,7	112,9		808,8		1732,8	6,1
IV	Medio			152,3	4874,2			5026,5		
	Sin Conflicto			4,4	472,0			476,4		
Total IV				156,6	5346,3				5502,9	19,4
VI	Alto			1050,1	11512,7			12562,8		
Total VI				1050,1	11512,7				12562,8	44,4
VII	Alto				3632,2			3632,2		
	Sin Conflicto		1279,6					1279,6		
Total VII			1279,6		3632,2				4911,8	17,3
VIII	Alto				2937,9			2937,9		
Total VIII					2937,9				2937,9	10,4
Urbano	N/A					674,9		674,9		
Total urbano									674,9	2,4
Total		768,4	1.279,6	1.249,5	23.542,0	674,9	808,8	28.323,2	28.323,2	100

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Tierras con vocación pecuaria

Las tierras con vocación ganadera son aquellas cuyas características de suelos, presentan limitaciones moderadas, especialmente para el desarrollo de una agricultura intensiva y semiintensiva. Corresponden al 19,4% del área total del proyecto que equivale a 5.502,9 hectáreas. A este tipo de vocación pertenecen las categorías pastoreo semiintensivo (PSI) y el pastoreo de tipo extensivo (PEX). En la Tabla 3.2.3.15, es el área que aparecen en la Clase agrológica IV y cuyo uso actual es la ganadería extensiva; sin embargo no se recomienda solo el desarrollo de la ganadería, sino acompañado de prácticas de conservación de suelos, pues en general, presentan limitantes por pedregosidad, pendiente o erosión, por lo tanto aunque el uso actual es coincidente en general con el potencial, la diferencia está en el sistema de manejo agrotecnológico que se da a la actividad y se genera en parte del área un conflicto medio por el uso del suelo.



Fotografía 3.2.3.11 Paisaje característico de las tierras apropiadas para sistemas de pastoreo semi-intensivo, localizadas en el municipio de San Andrés de Cuerquia

- Tierras con vocación forestal

Las tierras con vocación agroforestal son aquellas que por sus características biofísicas no permiten la utilización exclusiva de usos agrícolas o ganaderos. Estas tierras deben ser utilizadas bajo sistemas combinados, donde, deliberadamente, se mezclen actividades agrícolas, ganaderas y forestales, en arreglos tanto espaciales como temporales.

Las tierras con esta vocación tienen una extensión de 17.474,7 hectáreas, que corresponden al 61,7% del total del área del Proyecto. Los usos principales contenidos en esta vocación son el agrosilvícola, el agrosilvopastoril y el silvopastoril.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estas tierras son las que presentan el conflicto por el uso del suelo más alto, porque presentan fuertes restricciones para un uso exclusivo en agricultura o en ganadería y los usos propuestos responden a la necesidad de proteger, conservar y manejar racionalmente los recursos en forma simultánea con la producción y extracción de productos cultivados por el hombre, en donde, además de propender por el mantenimiento de las funciones ecológicas de las tierras, también se pueden producir cosechas en beneficio de la población allí asentada..

- Tierras para la conservación

Las tierras destinadas a la conservación son aquellas que, debido a sus características biofísicas e importancia ecológica, tienen como función principal la protección de los recursos naturales; permiten intervención antrópica limitada y dirigida principalmente a actividades de investigación, ecoturismo, protección de flora y fauna silvestre o de recuperación para la protección.

La recomendación general en estas unidades es conservarlas en su estado natural, en el caso de que no haya sido intervenida, o la de inducir o permitir la recuperación natural y rehabilitación ecológica, cuando hayan sido degradadas, como es el caso de las 2.937,9 ha que corresponden al 10,4 % del área total del proyecto que por sus características biofísicas pertenecen a la clase agrológica VIII y actualmente se encuentran bajo ganadería extensiva, lo cual genera un conflicto alto por el uso del suelo.

3.2.3.2.3 Conflictos por el uso del suelo

Para determinar los conflictos por usos del suelo se superpusieron los mapas de uso actual y uso potencial y se evaluaron las prácticas de manejo y conservación de acuerdo con la presencia o no de éstas y de los requerimientos de implementación de las mismas para mantener el uso actual sin deteriorar el recurso.

Al conflicto por el uso del suelo se calificó en cinco rangos, los cuales se presentan en la Tabla 3.2.3.16 y describen a continuación, así mismo su espacialización para toda el área del Proyecto se puede observar en los mapas relacionados con el código D-PHI-110-LB-PR-CNF.

- Sin conflicto (SC)

El uso actual está en concordancia con el uso potencial, es decir, los suelos presentan un uso adecuado y no requieren prácticas especiales de manejo. Las características del suelo no son limitantes y permiten cualquier uso.

- Conflicto ligero (CB)

Los suelos presentan el uso adecuado para sus características, pero requieren de prácticas sencillas de manejo y de bajo costo como rotación de potreros, trazado de cultivos a través de la pendiente (con curvas a nivel) y control del aprovechamiento en el caso de las plantaciones, para conservarlo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Conflicto moderado (CM)

Por sus características, los suelos presentan restricciones de uso y en ellos se localizan coberturas que no corresponden a estas restricciones. Por ejemplo: cultivos limpios en pendientes superiores al 12%, con susceptibilidad a la erosión; cultivos permanentes sin prácticas de manejo en pendientes superiores al 50% y con susceptibilidad a la erosión. Estos suelos requieren de selección de usos y de prácticas de manejo más complejas y de mayor costo como el trazado de terrazas.

- Conflicto fuerte (CF)

Estos suelos por sus características exigen estricta selección de usos y requieren prácticas de manejo factibles pero muy costosas. Sin embargo, en ellos se localizan coberturas que no cumplen con la selección estricta.

- No aplica (N.A)

Cuando se evalúan áreas que tienen una cobertura terrestre a la cual no se le puede evaluar el uso potencial para el desarrollo agropecuario como son playas, arenales, ríos, vías existentes.

En la Tabla 3.2.3.16 se observa que el 67,6% del área presenta un conflicto alto porque se encuentra bajo cobertura de pastos para dedicarlos a la ganadería extensiva y su vocación o uso potencial de acuerdo con las limitaciones para el desarrollo de las tierras es forestal, es decir, tierras que deben estar bajo una cobertura permanente de especies arbóreas que se pueden dedicar a la explotación maderera o a la protección.

3.2.4 Hidrología

Para este componente se lleva a cabo la descripción del área de influencia directa desarrollando el ítem de obras principales, donde se incluye la información de la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquía y los Ajustes Cartográficos.

3.2.4.1 Área de influencia directa (AID)

3.2.4.1.1 Metodología

A continuación se presenta un resumen de los análisis y resultados desde el punto de vista de caudales y niveles en el río Cauca. Dichos resultados se basan en la información secundaria oficial suministrada por el IDEAM, los cuales permiten describir las condiciones actuales del entorno sin Proyecto. El objetivo principal de este estudio es predecir el impacto sobre la evolución que se espera, dadas las características encontradas. El estudio completo se presenta en el Anexo (D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-B-C0003 Datos de Caudales para el Sitio de presa), que hace parte del Informe Técnico de la Complementación de la Factibilidad Técnica, Económica y Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En los mapas D-PHI-110-HS-PR-SEC-010, D-PHI-110-HS-AB-SEC-010, D-PHI-110-HS-PR-CUE-010, D-PHI-110-HS-SO-CUE-010, se presenta la ubicación de las estaciones seleccionadas con respecto al sitio del Proyecto, así como las cuencas principales y algunas secciones del río Cauca.

Los análisis de caudales y niveles se desarrollaron para el tramo del río Cauca en la zona comprendida entre las estaciones de La Virginia y Las Flores (en el municipio de Nechí) con lo cual se logra un cubrimiento total de la zona de influencia directa e indirecta del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, donde existen 11 estaciones limnigráficas operadas por el IDEAM (ver Tabla 3.2.4.1), localizadas a lo largo de algo más de 500 km del cauce, seis de las estaciones se localizan aguas arriba del sitio de presa y las cinco restantes aguas abajo del mismo. Hay que indicar que de las 11 estaciones se emplearon 8 de ellas, para los análisis de caudales máximos o medios mensuales y se consideraron para evaluar el comportamiento de caudales diarios a lo largo del río Cauca.

La información hidroclimatológica para el estudio fue obtenida con el IDEAM y complementada con algunos registros disponibles en Integral, utilizados en estudios anteriores del Proyecto. Dicha información comprende registros de caudales y niveles de las estaciones hidrométricas La Virginia, La Pintada, Puente Iglesias, Bolombolo, Cañafisto, Pescadero, Valdivia, Apaví, La Coquera, Margento y Las Flores ubicadas a lo largo del río Cauca (ver Tabla 3.2.4.1).

Para identificar los sistemas lóticos de la vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa, se utilizó la cartografía proporcionada por la unidad de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de Integral, en la cual se identificó la red hidrográfica del proyecto vial, así mismo esta cartografía permitió establecer el patrón de drenaje que predomina en la zona del Proyecto.

- Caudales característicos del río Cauca

El análisis de los caudales característicos del río Cauca se realizó con base en los registros de varias estaciones localizadas a lo largo del cauce del río, sobre las cuales se llevaron a cabo estudios de depuración y homogenización de las series, que permitieran estimar de manera confiable las series de caudales máximos, medios y mínimos en la zona del Proyecto. A continuación se muestran algunos de los resultados del estudio de caudales retomando lo expresado en el Estudio de Actualización de la Factibilidad del año 2007.

- Información disponible

Para el análisis de los caudales característicos del río Cauca se emplearon 11 estaciones limnigráficas las cuales en su gran mayoría presentan una amplia longitud de registro. En la Figura 3.2.4.1, se presenta la localización de las mismas y en la Tabla 3.2.4.1 sus características de ubicación principales, donde se incluye la distancia de la estación respecto al sitio de presa. En el anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-B-C0003 Datos de Caudales para el Sitio de presa se presenta algunos datos de caudales medios

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

diario y promedios mensuales estimados para el sitio de presa luego de una depuración y complementación de la información.

Tabla 3.2.4.1 Características generales de las estaciones con registros de caudal

Código	Nombre	Área de drenaje (km ²)	Distancia desde el punto de referencia (km)	Elevación (msnm)
2617703	La Virginia	22.605	-317	900
2618711	La Pintada	27.175	-189	600
2620703	Puente Iglesias	29.890	-172	570
2620708	Bolombolo	31.730	-146	515
2621705	Cañafisto	33.110	-93	466
2623705	Pescadero	36.240	-7,9	425
N/A	Sitio de Presa	36.820	0	220
2623704	Valdivia	38.280	37	129
2624703	Apaví	38.930	65	102
2624702	La Coquera	41.400	137	49
2502705	Margento	41.870	176	45
2502727	Las Flores	56.590	203	40

Notas: El código corresponde al asignado por el IDEAM

El punto de referencia asumido es la desembocadura del río Ituango. La distancia negativa quiere decir que el sitio o la estación está ubicado aguas arriba del punto de referencia.

La elevación corresponde a la cota oficial que tiene el IDEAM para las estaciones, según las tablas donde se registra la información. Estos datos difieren un poco con los niveles de agua medio reales.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

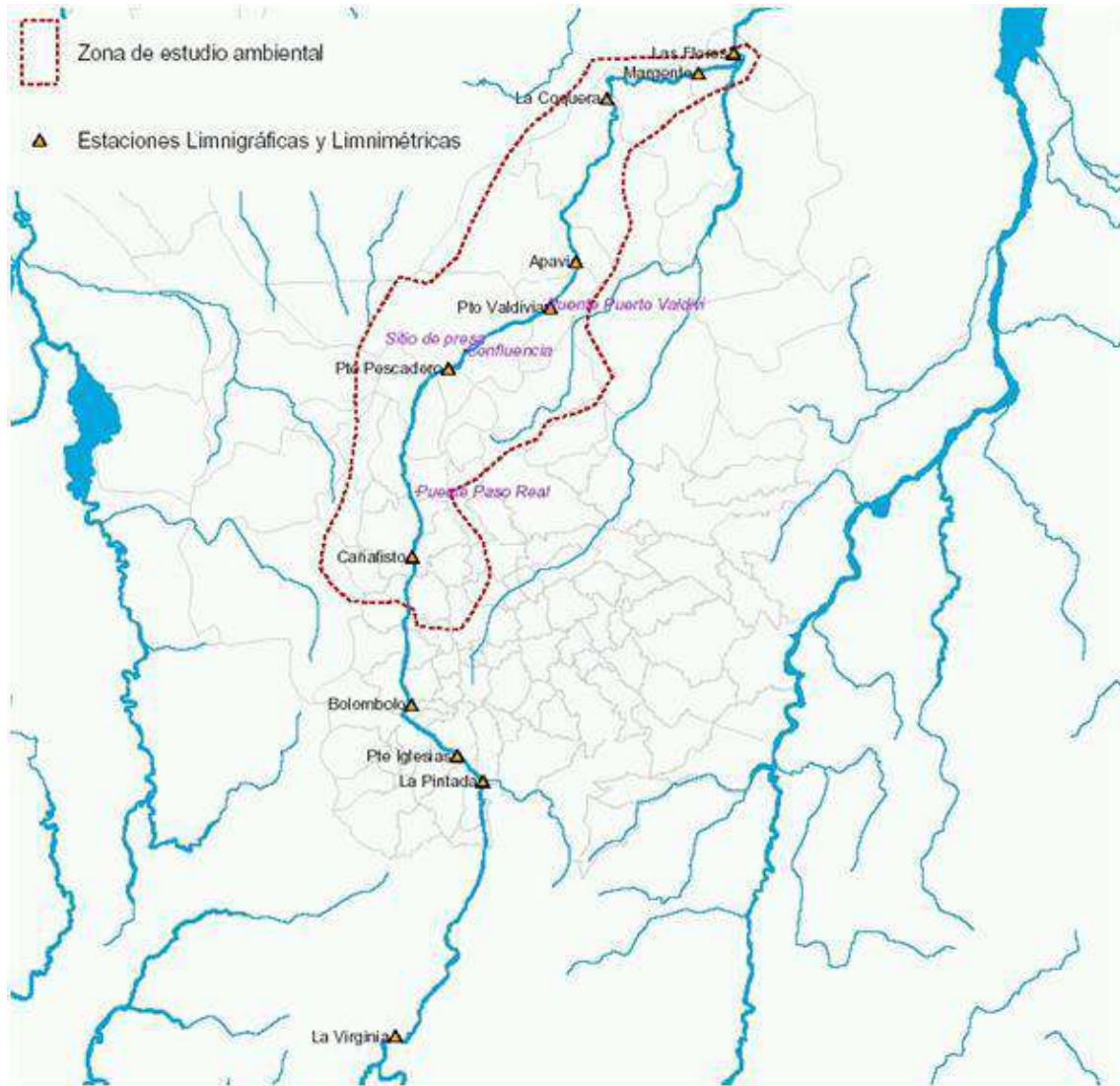


Figura 3.2.4.1 Estaciones limnigráficas y limnimétricas en el río Cauca

◆ Caudales medios

Antes de entrar en detalle con los resultados vale la pena señalar que los fenómenos macroclimáticos “El Niño Oscilación del Sur” (ENSO) es el principal modulador en la región tropical del continente Americano, y tiene gran influencia en la hidrología Colombiana donde se ha encontrado que la fase caliente del fenómeno tienen como consecuencia un descenso pronunciado en la pluviosidad y la fase fría un aumento de las mismas, convirtiéndose en un modulador de la hidrología Colombiana.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En la Figura 3.2.4.2, se presenta la variación diaria de caudales del río Cauca para dos años consecutivos, uno de los periodo presentados está asociado al ENSO el Niño (fase cálida), ocurrida en el año 1992 y la otra a un periodo ENSO la Niña (fase fría) del año 1999, en los cuales se puede ver como los caudales en el año Niño son casi la mitad de los registrados en el año Niña. Para el sitio de presa los caudales mínimos en este año Niño son inferiores a los 500 m³/s, para el año Niña varían entre los entre 900 – 1.000 m³/s, por otro lado, los caudales máximos en el año Niño son menores que 1.500 m³/s, para el año Niña alcanzan los 3.000 m³/s.

Con el fin de dar un idea más amplia sobre la relación del ENSO en el régimen de caudales del río Cauca, en la Figura 3.2.4.3, se presenta la relación del caudal medio anual del río Cauca estimados en el sitio de presa con la Temperatura Superficial del Mar en el Pacífico para el periodo 1950 a 2005, donde se señalan los años 1992 y 1999.

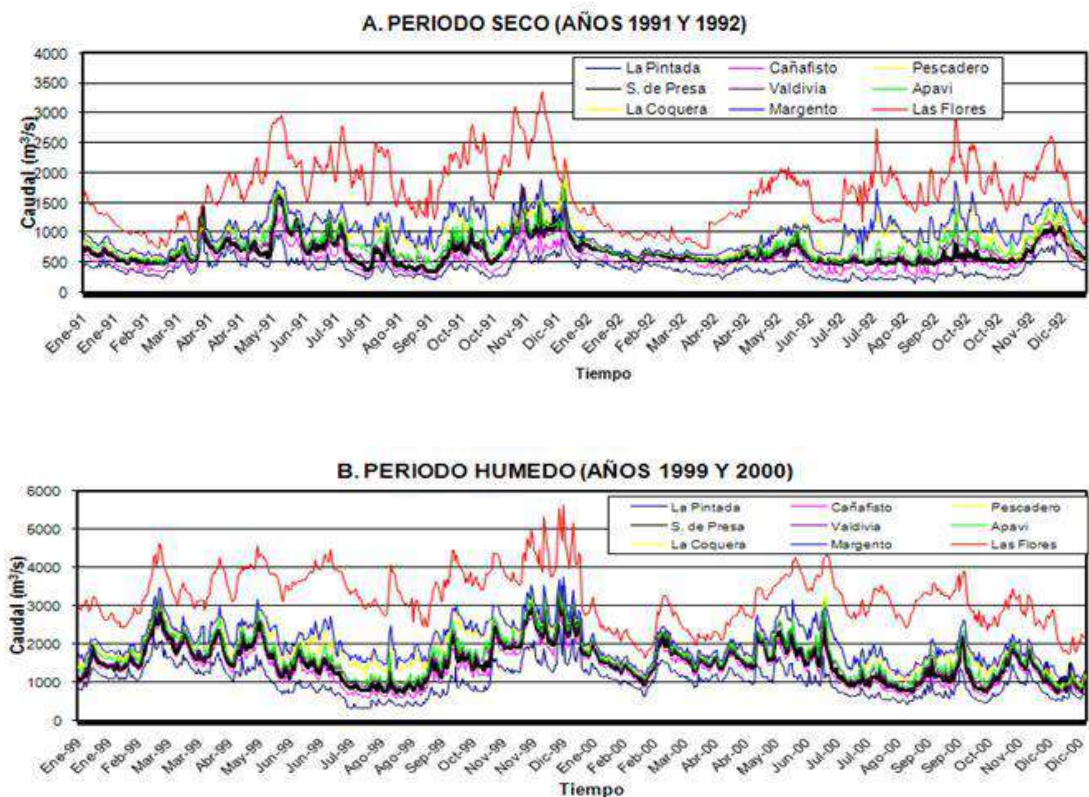


Figura 3.2.4.2 Hidrógrafas típicas de caudales en años Niño (1991-1992) y Años Niña (1999-2000)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

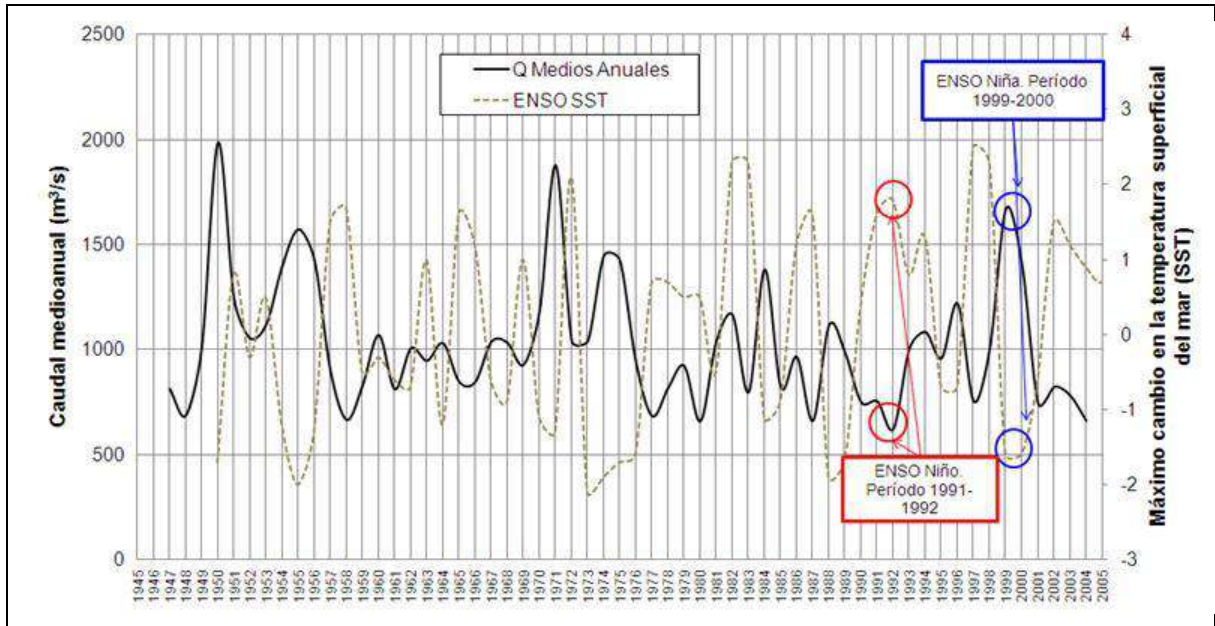


Figura 3.2.4.3 Relación Caudal medio anual vs. Temperatura Superficial del mar

El caudal medio multianual del río Cauca en el sitio del Proyecto, se estima en 1.010 m³/s con variación entre 600 y casi 2.000 m³/s. Desde el punto de vista de variación interanual se evidencia un comportamiento bimodal con dos temporadas de bajos caudales en los períodos de enero a marzo y julio a agosto, y dos de caudales altos, de mayo a junio y de octubre a noviembre. A continuación en la Figura 3.2.4.4 se presentan los caudales medios anuales en casi 60 años y en la Figura 3.2.4.5 se muestra los caudales medios mensuales multianuales estimados para el sitio de presa.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

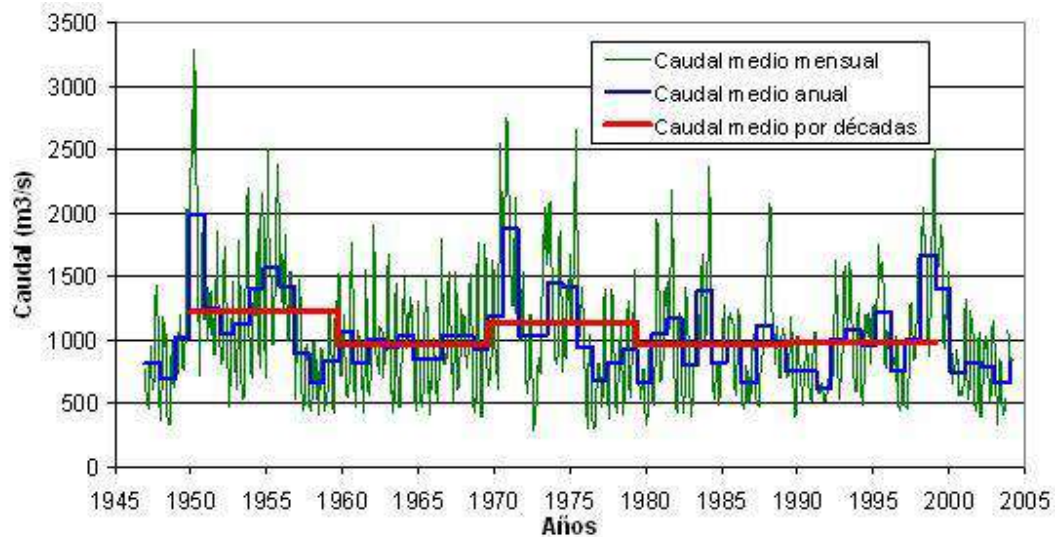


Figura 3.2.4.4 Variación del caudal medio histórico en el sitio de presa

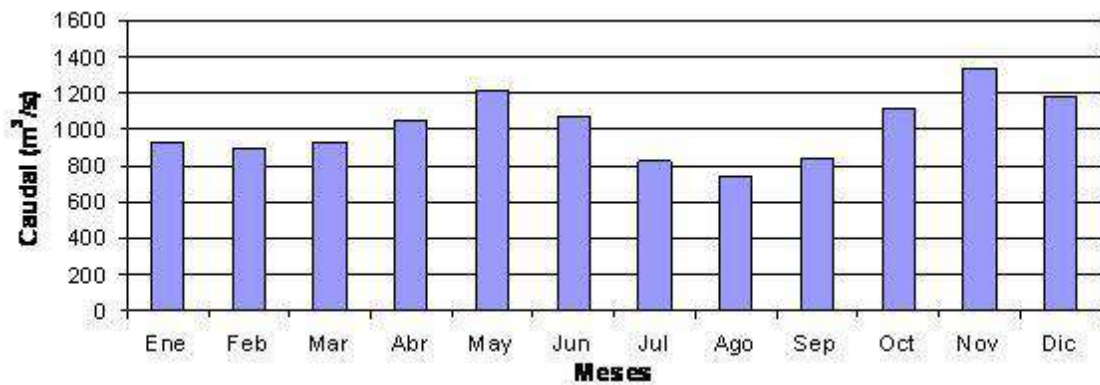


Figura 3.2.4.5 Variación del caudal medio mensual en el sitio de presa

En la Figura 3.2.4.6 se muestran las curvas de duración de caudales de cada una de las estaciones y la estimada para el sitio de presa, en la cual se establece el porcentaje de tiempo en que valor de caudal de excedido; por ejemplo, en el sitio de presa un caudal de 2.000 m³/s es superado sólo el 5 % del tiempo.

Como se aprecia en la Figura 3.2.4.6, la curva de estimación de Las Flores muestra un comportamiento diferente a las demás estaciones, esto debido a que en este caso los caudales del río Cauca están influenciados por la descarga del río Nechí.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

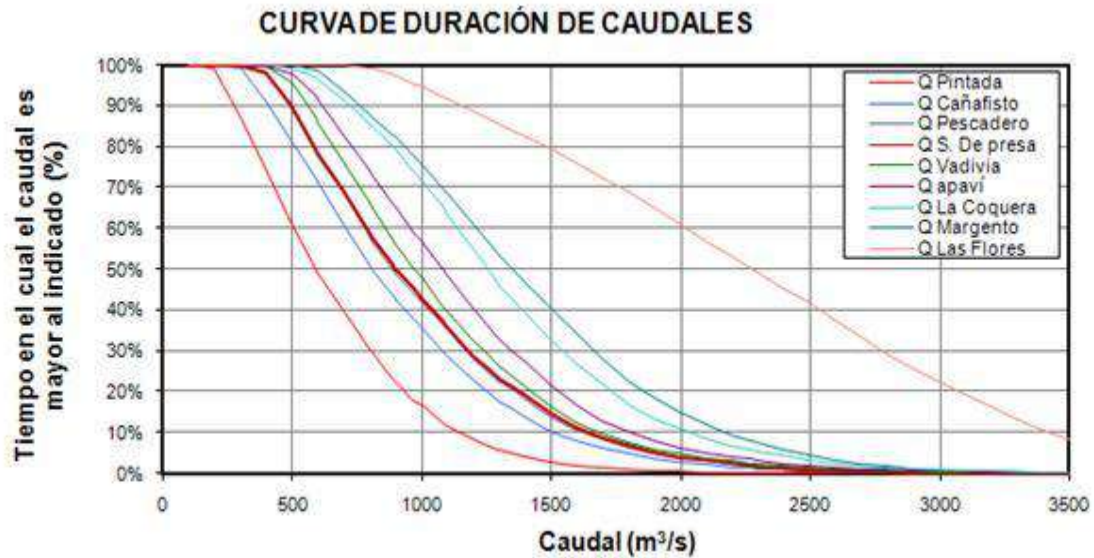


Figura 3.2.4.6 Curva de duración de caudales

◆ Crecientes de diseño

Las crecientes de diseño permiten dimensionar la mayoría de las obras principales que componen el Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Como se mencionó anteriormente, las crecientes del río Cauca se estimaron con base en más de 50 años de registro histórico de varias estaciones a lo largo del río. En la Figura 3.2.4.7 se presentan los datos y las curvas de frecuencia de caudales máximos estimadas para las distintas estaciones localizadas a lo largo del río; así como la curva de frecuencia de caudales máximos finalmente adoptada para el sitio de las obras del Proyecto, luego de haber hecho un estudio de depuración y homogenización de la información registrada en las distintas estaciones.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

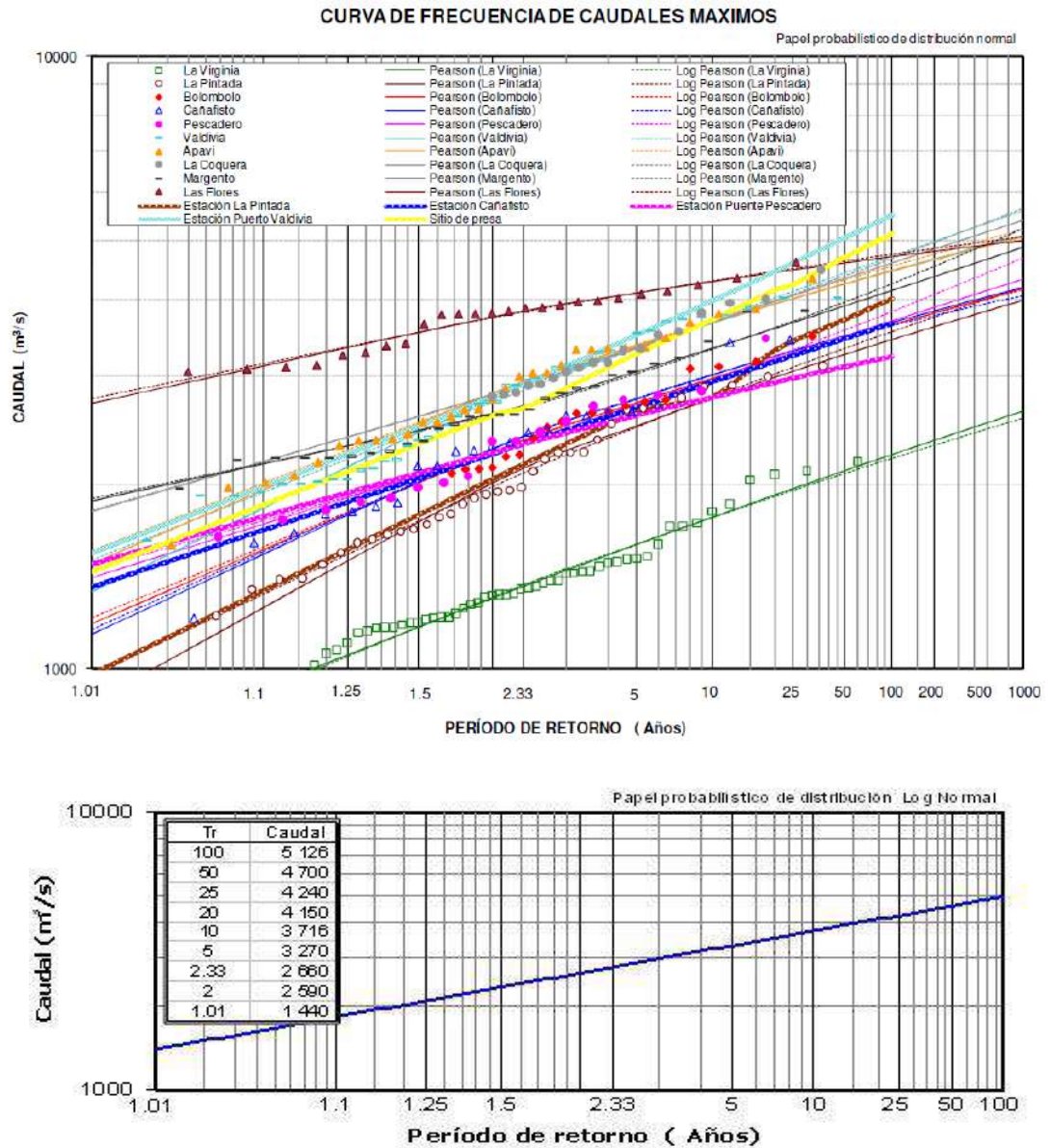


Figura 3.2.4.7 Curva de frecuencia de caudales máximos

Por otra parte, en la Figura 3.2.4.8, se presentan las hidrógrafas de las crecientes asociadas a diferentes períodos de retorno, que permitieron entre otros análisis definir la altura de la ataguía del Proyecto por efecto de una posible regulación de caudal pico.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

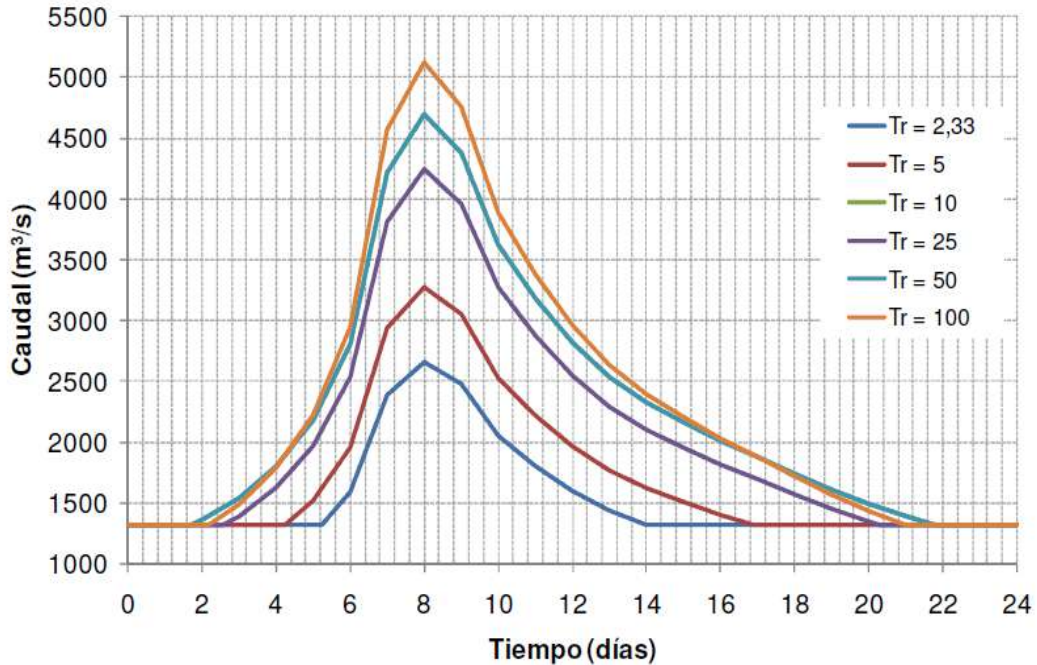


Figura 3.2.4.8 Hidrógrafas asociadas a diferentes periodos de retorno

La creciente máxima probable (CMP) para el sitio de presa tiene un valor de 25.300 m³/s. Este valor proviene de los estudios de factibilidad del año 1982, en los cuales se estimó la CMP, mediante un modelo desagregado que tenía en cuenta la geomorfología de la cuenca del río Cauca y las condiciones más desfavorables desde el punto de vista meteorológico. Para verificar dicho valor se determinó la relación potencial existente entre el área y la Creciente Máxima Probable en diferentes proyectos hidroeléctricos, donde se observa como el valor estimado en el año 1982 es razonable y ajustado a la tendencia de la curva (ver Figura 3.2.4.9).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

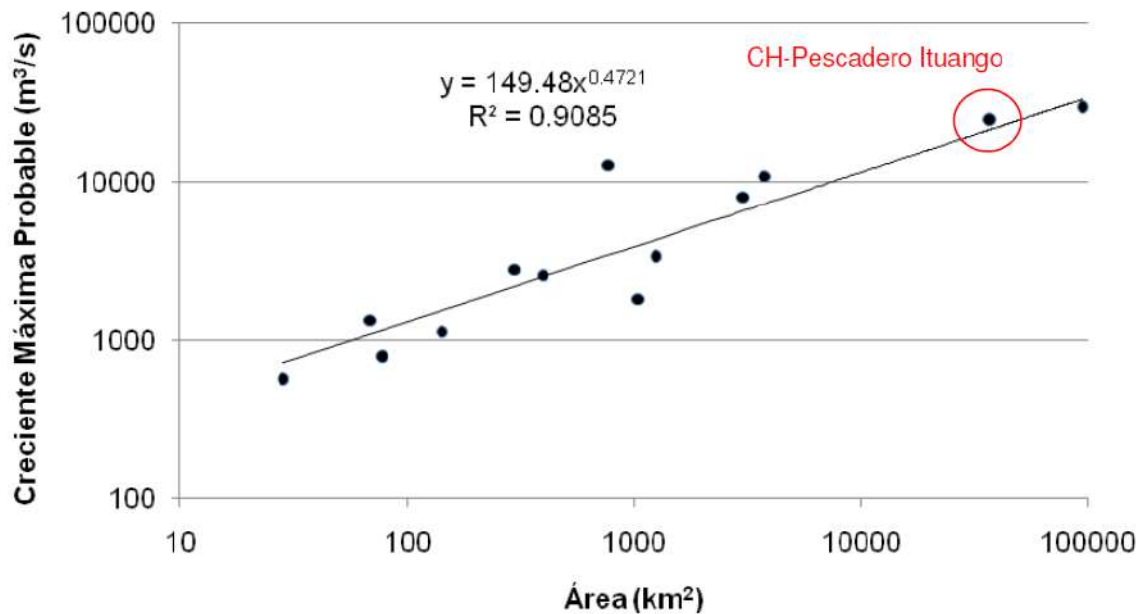


Figura 3.2.4.9 Relación Área vs. CMP diferentes proyectos hidroeléctricos

◆ Caudales mínimos

En la Figura 3.2.4.10, se presentan las curvas de frecuencia de caudales mínimos estimadas para las distintas estaciones y la deducida para el sitio del Proyecto, con base en los datos de caudales mínimos históricos disponibles en cada estación y publicados por el IDEAM.

Vale la pena señalar que de acuerdo al Estudio de Restricciones Ambientales (ERA) del proyecto, realizado en el año 2004, se ha considerado indispensable establecer un sistema de cierre de túneles y llenado de embalse que permita garantizar por lo menos un caudal de 300 m³/s, que corresponde a un valor cercano al caudal mínimo histórico registrado en el río Cauca en la zona del Proyecto; sin embargo, este valor fue finalmente fijado por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial durante el llenado en 450 m³/s, el cual está asociado a una período de retorno cercano a los 2,33 años.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

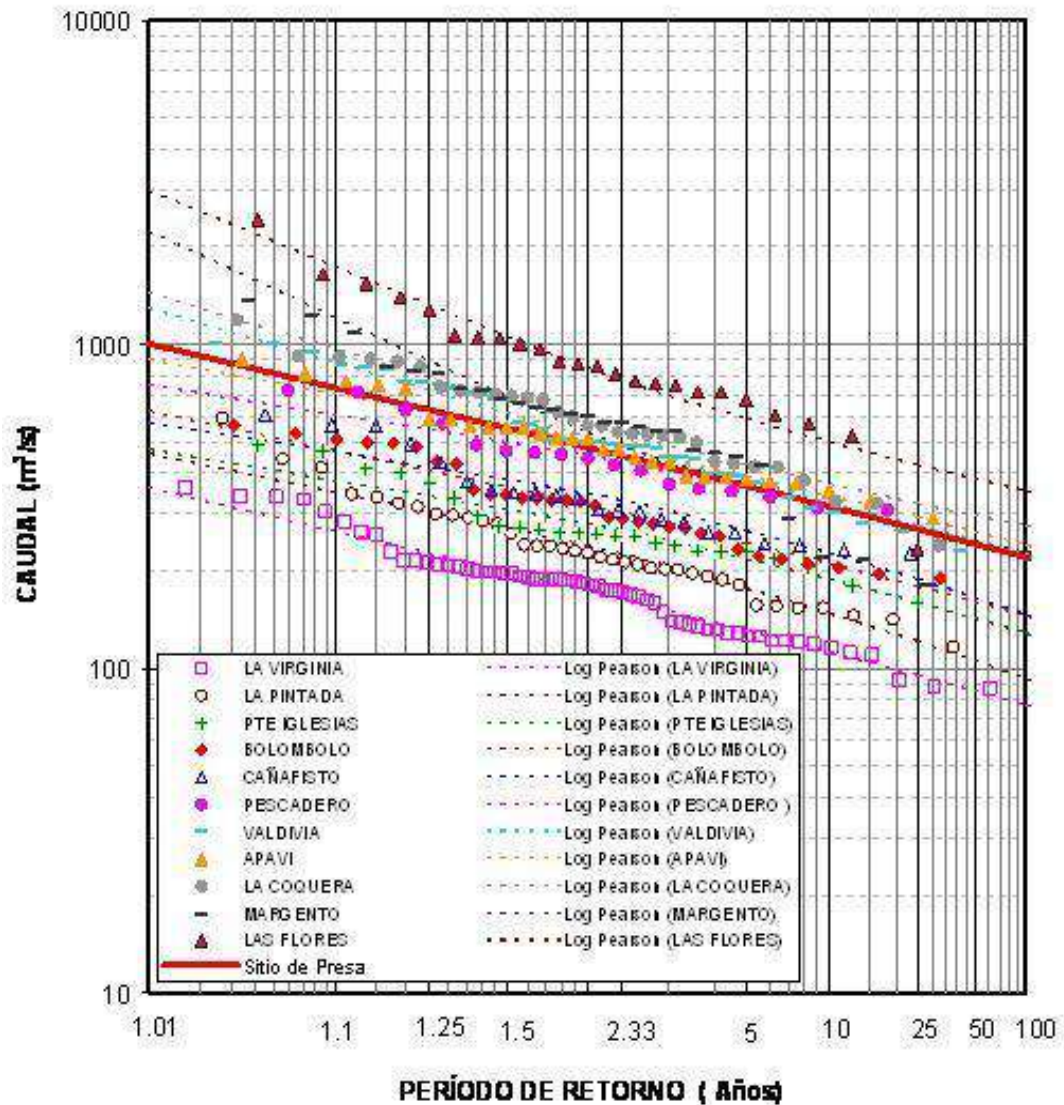


Figura 3.2.4.10 Curva de frecuencia de caudales mínimos

- Sedimentos
 - Estudio de dinámica del cauce

En este se realiza un análisis multitemporal de la divagación del cauce del río Cauca desde la confluencia del río Tonusco (municipio de Santa Fé de Antioquia) hasta el corregimiento de Margento (municipio de Cauca). El primero localizado aguas arriba y el segundo aguas abajo del sitio propuesto para la presa del Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Para este análisis se realizó una superposición cartográfica del canal del río en

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

tres épocas diferentes: 1961 (planchas IGAC escala 1:25.000), 1980 (planchas IGAC escala 1:25.000) y una imagen de satélite SPOT (2005) (ver Mapa D-PHI-110-LB-AB-DIV-010).

- Geomorfología general

El río Cauca a pesar de corresponder a una cuenca de montaña, que divide geográficamente las cordilleras Central y Occidental, presenta una configuración variable en su cauce, mostrando una compleja secuencia de zonas de fondo amplio, caracterizados por procesos de acumulación de sedimentos; alternando con tramos encañonados, de valles en “V”, rectilíneos, con mínima acumulación de sedimentos y modelados en general sobre roca fresca. Esta configuración refleja un fuerte control tectónico (sistema de fallas Cauca y satélites) así como un condicionamiento litológico. De manera genérica, desde el Puente de Occidente (municipio de Santa Fé de Antioquia) hasta el sector El Doce (municipio de Valdivia), el canal del río Cauca transcurre por un valle profundo, con fondo estrecho y vertientes montañosas largas (superiores a 3 km). De manera contrastante, aguas abajo de El Doce y hasta el límite de la zona analizada (Margento), esta corriente transcurre por un valle amplio, poco profundo y en medio de un relieve colinado, con desarrollo de un fondo plano cuya amplitud aumenta aguas abajo. A partir de la información cartográfica, el análisis granulométrico de los sedimentos activos y la configuración morfodinámica del cauce se identificaron y describieron siete trayectos mayores.

- **Trayecto 1.** Confluencia río Tonusco (km 93+800 US) – Puente de Occidente (km 85+000 US). Zona amplia de acumulación de sedimentos, con gran aporte de material grueso granular por el río Tonusco y las quebradas La Sopetrana y La Noarque. Corresponde a un canal aluvial trezado, con abundantes islas barrera.
- **Trayecto 2.** Puente de Occidente (km 85+000 US) – Confluencia quebrada La Seca (km 77+100 US). Zona moderadamente amplia. Corresponde a un canal aluvial trezado, con desarrollo de pequeñas y separadas islas barrera.
- **Trayecto 3.** Confluencia quebrada La Seca (km 77+100 US) – Hacienda Canarias (km 55+500 DS). Zona estrecha, valle encañonado. Corresponde a un canal aluvial rectilíneo en roca.
- **Trayecto 4.** Hacienda Canarias (km 55+500 DS) – sector El Doce (km 60+500 DS). Zona amplia con importante acumulación de sedimentos gruesos granulares aportados por el río Puquí y las quebradas Nerí y Purí. Corresponde a un canal aluvial trezado.
- **Trayecto 5.** Sector El Doce (km 60+500 DS) – confluencia quebrada Tunaco (km 69+500 DS). Zona estrecha correspondiente a un canal rectilíneo en roca.
- **Trayecto 6.** Confluencia quebrada Tunaco (km 69+500 DS) – corregimiento Guarumo – municipio de Cáceres (km 126+000 DS). Zona amplia de acumulación de sedimentos. Canal aluvial trezado.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- **Trayecto 7.** Corregimiento Guarumo (km 126+000 DS) – Margento (km 182+275 DS). Zona amplia de acumulación de sedimentos. Canal aluvial mixto entre meándrico y trezado.

A continuación se hace la descripción de cada uno de los trayectos

- **Trayecto 1.** Confluencia río Tonusco (km 93+800 US) – Puente de Occidente (km 85+000 US)

Localizado en inmediaciones del municipio de Santa Fé de Antioquia, y corresponde a un trayecto de 9,5 km de longitud, con dirección N-S y caracterizado por un fondo suave, con una amplitud máxima de 2,5 km, presencia de terrazas aluviales y aluviotorrenciales en ambas márgenes, además de una extensa llanura de inundación por donde el río ha divagado libremente. El caudal en este trayecto transcurre por un canal que alcanza hasta 1 km de longitud, entre islas barrera y varios brazos activos.

Esta llanura aluvial corresponde a una potente zona de agradación de sedimentos, predominantemente grueso granulares, aportados por el río Cauca, el río Tonusco y las quebradas La Sopetrana, La Nuarque, entre otras; todas ellas con un claro comportamiento torrencial. En el caso del río Tonusco, el aporte de material grueso granular hacia la confluencia es tan abundante, que los abanicos asociados han deflectado el cauce del río Cauca en casi 90° hacia su margen derecha. Actualmente el río Tonusco continúa aportando una importante cantidad de sedimentos gruesos (bloques, gravas y arenas gruesas) al cauce del río Cauca.

En este trayecto del río Cauca, el canal presenta un patrón trezado, con desarrollo de varios ramales en su interior, que dan lugar al desarrollo de isla barrera de formas elongadas. En este sector la espesa acumulación de gravas y arenas aluviales con bajo contenido de finos, favorece los procesos de erosión durante los eventos de crecientes, desplazando el curso del río y a su vez generando nuevos canales secundarios.

Para el año 1961, entre la quebrada La Sopetrana y el puente de Occidente, se configuraron islas-barrera muy largas y continuas, de hasta 1.500 m de longitud por 250 m de amplitud; en algunos casos hasta dos islas paralelas, con formación de tres brazos en el río. Para el año 2005, estas islas-barrera ya habían sido removidas completamente o desplazadas aguas abajo; ninguna de ellas conserva la forma de los años anteriores.

El movimiento lateral del cauce es poco durante las cuatro décadas analizadas, a pesar de transcurrir en una llanura aluvial amplia. Las islas-barrera se desplazan al interior del canal principal, el cual tiene 1 km aproximadamente de amplitud.

- **Trayecto 2.** Puente de Occidente (km 85+000 US) – Confluencia quebrada La Seca (km 77+100 US)

Trayecto localizado entre los municipios de Santa Fé de Antioquia y Olaya, con 8 km de longitud y una dirección predominante de N30°W. Allí el río, con un cauce principal de unos 200 m de amplitud aproximadamente, transcurre por el fondo de un valle amplio que alcanza amplitudes entre 400 y 500 m. El canal presenta un patrón ligeramente sinuoso a

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

rectilíneo, con desarrollo de pequeñas islas barrera, en general espaciadas entre sí más de un kilómetro y con tamaños de 80 por 250, 80 por 500 y 200 por 450 m. La sinuosidad del río en este trayecto está relacionada con el relieve colinado presente en ambas márgenes, generando una alternancia de sitios de agradación con otros de erosión. Los primeros con formación de playones amplios de material, principalmente grueso granular como gravas y arenas, en lugares como las orillas cóncavas de las sinuosidades, así como en los sitios de confluencia de quebradas de orden mayor. Los sitios de erosión se observan en las orillas convexas, cerca de la base de las colinas.

El análisis multitemporal muestra una divagación mínima del canal del río en este sector, así mismo, las islas-barrera presentan poco desplazamiento; sin embargo, el no desarrollo de vegetación sobre ellas indica una continua circulación de sedimentos.

- **Trayecto 3.** Confluencia quebrada La Seca (km 77+100 US) – Hacienda Canarias (km 55+500 DS)

Corresponde al trayecto del río Cauca en jurisdicción de los municipios de Liborina, Buriticá, Sabanalarga, Peque, Toledo, Ituango, Briceño, Valdivia y Cáceres. En este sector, el río presenta varias orientaciones N30°W desde la quebrada Cuití hasta la confluencia de las quebradas La Honda y La Clara; N10°E hasta la quebrada Peque; N45°E hasta el río San Andrés; de nuevo N10°E hasta el río Ituango y por último N45°E hasta la Hacienda Canarias.

Este trayecto corresponde a un valle en “V” estrecho, con un fondo que coincide casi exclusivamente con el cauce del río. Allí el patrón es rectilíneo con amplitud del cauce entre 70 a 150 m, y una dinámica predominante de erosión y socavación lateral del lecho. El canal se encuentra modelado en roca fresca de la siguiente manera: hasta la confluencia de la quebrada La Peña, corresponden a tonalitas del Batolito de Sabanalarga y basaltos del miembro volcánico de la Formación Barroso y aguas abajo de este lugar se presentan rocas metamórficas del Complejo Cajamarca (esquistos verdes y cuarzo sericíticos, gneises aluminicos, cuarzo feldespáticos y micáceos y la metatonalita de Puquí).

Este canal, controlado por la resistencia de la roca, no presenta en su lecho una cobertura continua de material aluvial grueso. En los sectores donde se presentan acumulaciones de gravas, éstas son temporales, removidas y transportadas continuamente por las crecientes. En este sector el río tiene mayor velocidad con respecto a los tramos trezados o meándricos.

Parte de este trayecto, entre las confluencias de los río Espíritu Santo y Pescado, está alineado con estructuras tectónicas regionales, especialmente con la Falla Espíritu Santo con dirección N45°E.

La divagación del río en todo este tramo es prácticamente nula, debido al entallamiento rocoso del cauce.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- **Trayecto 4.** Hacienda Canarias (km 55+500 DS) – sector El Doce (km 60+500 DS)

Hace parte de los municipios de Cáceres y Tarazá. Corresponde a un trayecto de 5 km, de dirección N-S, donde se observa un ensanchamiento local de fondo del valle del río Cauca, configurándose una llanura aluvial con amplitudes entre 0,8 y 1,2 km.

Este trayecto se caracteriza por ser una zona de agradación de sedimentos grueso granulares, aportados por el río Purí, quebradas Nerí y Purí, y por el propio río Cauca, el cual se ensancha en este sector y deposita parte de la carga de fondo y en suspensión que trae desde el canal rectilíneo y estrecho descrito anteriormente.

Por el alto contenido de sedimentos, el canal se ramifica, configurando un patrón fluvial trenzado, con aparición de islas barrera de formas elongadas en la dirección del río y de varios tamaños (desde 100 m por 250 m hasta 400 m por 1.000 m).

Los sedimentos acumulados en las islas barrera son poco cohesivos, fácilmente erodables durante las crecientes. Para el año 1961, el patrón trenzado del cauce y las islas-barrera se distribuían principalmente hacia la margen oeste (izquierda) de la llanura aluvial. Para el año 1980, este sistema de barras y trenzamiento ocupaba la totalidad de la llanura. Para el año 2005, el movimiento continuó con migración del trenzamiento hacia la margen derecha de la llanura aluvial. En consecuencia, el trenzamiento del río en este tramo es activo, involucrando la totalidad de la llanura aluvial, restringido solo por los respaldos rocosos del valle.

- **Trayecto 5.** Sector El Doce (km 60+500 DS) – confluencia quebrada Tunaco (km 69+500 DS)

Corresponde a un trayecto de 9 km, en dirección general N30°W, localizado en jurisdicción de los municipios de Cáceres y Tarazá. En este sector el fondo del valle nuevamente se estrecha para dar lugar a un patrón lineal a ligeramente sinuoso, por las limitaciones que encuentra al transcurrir contiguo a un relieve colinado en ambas márgenes.

Se caracteriza por ser un valle en “V” estrecho, poco profundo, de amplitud del cauce entre 100 a 150 m, que transcurre en medio de un relieve colinado alto, modelado en roca fresca de la Metatonalita de Puquí.

Se observa un predominio de la socavación lateral hacia la base de las colinas respecto a los escasos sitios de agradación de sedimentos, los cuales son fácilmente removidos y transportados en épocas de creciente.

La divagación del río en todo este tramo es prácticamente nula, debido al entallamiento rocoso del cauce.

- **Trayecto 6.** Confluencia quebrada Tunaco (km 69+500 DS) – corregimiento Guarumo – municipio de Cáceres (km 126+000 DS)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Se localiza hacia los municipios de Cáceres, Tarazá y Caucasia, en un trayecto de 56,5 km, con una tendencia N20°-30°W hasta el área urbana del municipio de Cáceres; allí hace un giro al este, para alcanzar una dirección N30°-40°E hasta el corregimiento de Guarumo.

Corresponde a una zona donde el fondo del valle oscila entre 2 y 4 km, compuesto por terrazas aluviales y una extensa llanura aluvial, en medio de un relieve colinado, modelado en rocas sedimentarias del Terciario. En este trayecto el cauce activo del río Cauca ocupa una franja con una amplitud variable entre 300 – 400 m, llegando a sobrepasar más de 1 km en lugares con presencia de islas barrera y varios cauces secundarios y/o brazos.

Este trayecto está asociado a una zona de agradación de sedimentos gruesos (gravas) y medios (arenas) aportados por el propio río Cauca, gracias al cambio de gradiente y régimen que allí se observa, puesto que el río hace transición entre un valle montañoso, estrecho y rocoso y una zona amplia de relieves suaves. Igualmente los ríos Rayo, Tarazá, Corrales, Tamaná y las quebradas de orden mayor como La Noe, Dentón, Dentoncito, Caracolí, Dantas, La Ceiba, Pilonés y El Saino, aportan gran cantidad de sedimentos.

El alto aporte de sedimentos al río ha generado en este tramo un canal fluvial trenzado, con desarrollo de islas barrera, de diferentes tamaños, donde las de mayor tamaño se observan más estables en el tiempo. En ellas sólo se perciben cambios ligeros en los bordes por socavación lateral.

De acuerdo al análisis multitemporal, se observa que entre la abscisa km 69+500 y la km 80+000, para los años 1961 y 1980 era muy similar, mientras que para el período 1980 – 2005, el canal presenta una importante variación, así:

Entre la abscisa km 69+500 y km 71+500 continúa el mismo canal, pero la isla La Cuatro se desplaza hacia la margen derecha y aumenta su extensión a 1,5 x 0,4 km.

Entre la abscisa km 71+500 y km 72+000 se fragmenta la isla La María, y sus remanentes se constituyen como núcleos de nuevas islas más grandes que la inicial.

Entre la abscisa km 72+000 y km 74+000, el río se desplazó 800 m hacia la margen derecha, inunda parte de la Hacienda Tamaco, genera nuevos canales trenzados y tres nuevas islas-barrera pequeñas.

Entre la abscisa km 74+000 y km 76+000 el canal se estrecha hacia la margen derecha, dejando abandonadas en la margen izquierda las islas-barrera La Envidia, Nicopita, entre otras de menor extensión. Adicionalmente, se desplazó el caño del Matadero 300 – 500 m, pero continúa su forma sinuosa.

Entre las abscisas km 76+000 a la km 80+000, el canal del río pasa de tener un cauce principal definido y dos brazos en el 2005 a un fuerte trenzamiento con seis islas-barrera, remodelando las islas La Lucía, Méjico y Caracolí.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Entre las abscisas km 80+000 y km 87+000 el canal del río es semejante en las cuatro décadas analizadas; solo se identifica un ligero desplazamiento lateral en las islas barrera La Bonilla y otras de menor tamaño.

En el tramo entre las abscisas km 87+000 y km 90+500, el canal claramente trezado del año 1961, con una amplitud de 800 m, se transforma para el año 1980 en un canal lineal, con 400 m de amplitud. Para el año 2005 se desplaza de nuevo 400 m hacia la margen derecha, recupera el canal del año 1961 y conforma un nuevo brazo de forma sinuosa hacia la margen izquierda.

Entre las abscisas km 102+500 y km 105+500, el cambio fundamental se observa entre 1980 y 2005, definido por el desplazamiento hacia la margen izquierda de la isla barrera La Raya.

Para el año 2005, entre las abscisas km 105+500 y km 108+000, el canal típicamente trezado del río se concentra hacia la margen izquierda, hasta conformar un claro canal principal de 400 m de ancho.

Entre las abscisas km 108+000 y km 126+000, el canal del río continúa un trayecto similar para todo período estudiado, con variaciones menores en cuanto a migración de islas barrera y desplazamiento lateral del canal entre 100 y 200 m por socavación lateral en terrazas y barras. Los cambios más marcados en este trayecto se presentan entre las abscisas km 113+500 y km 115+000, donde el canal abandona el brazo derecho del año 1980 y transcurre solo por el brazo izquierdo, y entre la abscisa km 120+500 y km 124+500 donde la isla Santa Rosa es dividida por un nuevo brazo del río.

En conclusión, el tramo entre la abscisa km 69+500 y la abscisa km 126+000 corresponde a un canal fluvial con un patrón sinuoso trezado, muy fluctuante, con frecuentes inundaciones ocasionadas por desbordamiento del río en épocas de creciente del cauce. Estas inundaciones colmatan los canales abandonados y superficies planas aledañas, configurando ciénagas y pantanos permanentes o efímeros. Algunas de estas zonas susceptibles a la inundación se localizan en la parte baja de la quebrada El Toro, cerca de la Hacienda Alemania, en los alrededores del corregimiento Puerto Antioquia (municipio de Tarazá), parte baja del río Tarazá, sector La Plata (corregimiento Puerto Bélgica) y en las ciénagas Cachúa y López del corregimiento El Jardín (municipio de Cáceres).

- **Trayecto 7.** Corregimiento Guarumo (km 126+000 DS) – Margento (km 182+275 DS)

Corresponde al último trayecto analizado del río Cauca y se localiza entre los municipios de Caucasia y Nechí. Se caracteriza por presentar una superficie muy suave y amplia (4 a 8 km) de acumulación de sedimentos aluviales finogranulares (arenas y limos). En este trayecto el río desplaza fácilmente su canal principal de una margen a otra, aprovechando la extensa llanura aluvial mencionada. Allí son comunes los eventos de inundación en épocas de creciente, que dejan ciénagas y pantanos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El canal se comporta con un patrón fluvial meandriforme, con desplazamiento de meandros en toda la llanura aluvial, algunos de ellos abandonados por estrangulamiento. En ocasiones, al interior de los meandros, se genera un patrón trenzado con una dinámica de brazos activos e inactivos.

En este trayecto se identificaron varios tramos de interés:

Entre las abscisas km 126+000 y km 133+500, el canal del río presenta una amplia divagación desde el año 1961 hasta el 2005, con formación de varios canales nuevos por estrangulamiento de meandros o desplazamiento de brazos del río; este movimiento se da en una zona de 3 km de amplitud y afecta ambas márgenes del río.

Entre las abscisas km 133+500 y km 136+000, de 1961 a 1980, se estrangula un meandro (con algo de trenzamiento) de 2 km de amplitud por 2,5 km de longitud de onda. En el año 2005 se consolida un canal principal como la unión de las dos curvas del meandro.

Entre las abscisas km 139+000 y km 143+500, en los años 1961 – 1980, se desplaza la curva del meandro 600 m afuera de la margen izquierda, y para el año 2005 la curva se desplaza de nuevo hacia la margen derecha 600 – 700 m.

Entre las abscisas km 143+500 y km 146+500, el canal del río se desplaza 500 m hacia al margen derecha, entre los años 1961 y 2005.

Entre las abscisas km 146+500 y km 162+000, corresponde al trayecto del río con mayor divagación en el tiempo analizado, con desplazamientos de hasta 9 km, formando grandes meandros de gran dinámica.

Para el año 1961, entre las abscisas km 146+500 y km 150+000, el canal del río transcurría por un meandro de 3,4 km de amplitud por 3,3 km de longitud de onda, con varios brazos activos a su interior, para 1980 solo se generan desplazamientos pequeños en las orillas del meandro y en sus brazos internos. En el año 2005 se observa un estrangulamiento entre estas dos abscisas, dejando el meandro abandonado (lago en cuello de buey), el cual fue invadido por asentamiento humanos (cerca del área urbana del municipio de Caucasia).

Más adelante en este trayecto, los meandros están en constante desplazamiento desde el año 1960 hasta la actualidad, asociado a éste proceso tan dinámico del canal, se forman extensas áreas de inundación que configuran ciénagas o zonas pantanosas en los meandros abandonados.

Finalmente entre las abscisas km 162+000 hasta el sector de Margento (km 182+275), el canal del río divaga con un patrón meándrico, fluctuante, con formación de extensas ciénagas y pantanos en zonas de inundación de los canales abandonados del río.

- Análisis de sedimentos

A continuación se muestran los resultados del estudio de sedimentos llevado a cabo en el Estudio de Actualización de la Factibilidad (2007), con base en los registros de aforos de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

sedimento y granulometrías de las estaciones de La Pintada, Cañafisto y Puerto Valdivia; la geometría del embalse; y la información sobre la operación estimada en los estudios de simulaciones de energía de donde se estableció el comportamiento de los caudales y niveles del embalse. Al igual que en el tema de caudales esta información se considera apropiada y confiable para los diseños las obras principales de la presa.

- Transporte de Sedimentos

El transporte anual de los diferentes tipos de sedimento es estimó a partir de la elaboración de regresiones entre el caudal del río y los distintos tipos de cargas, las cuales se integraron con las curvas de duración de caudales promedios diarios (ver ANEXO F-PHI-HYS-ANC-AP3-Memorias Estudio Sedimentos). A continuación se explican los cálculos de los diferentes tipos de sedimento y de modos de transporte efectuados, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3.2.4.2.

Sedimento muestreado en suspensión: Para el cálculo del transporte de sedimento en suspensión muestreado, se ajustó una curva a los datos de caudal del río y carga suspendida medida en los aforos, sin efectuar correcciones o ajustes para considerar la carga en la zona no muestreada. Luego se efectuó la integración de la curva de duración de caudales promedio diario. En la Tabla 3.2.4.2, se indican los valores del sedimento muestreado que se estimaron en los sitios de interés y las estaciones de aforo.

Transporte en la zona no muestreada: El transporte de sedimento se corrigió para incluir la cantidad de la zona no muestreada, empleando el método de Einstein Modificado el cual evalúa la cantidad de sedimentos suspendidos que viajan en la zona adyacente al lecho a partir de los datos tomados en la zona muestreada. Para lograr esto, el método utiliza un procedimiento de extrapolación basado en la función de carga de lecho de Einstein y en una modificación al método introducida por Einstein & Barbarossa (1952). Para los cálculos se utilizaron los parámetros hidráulicos y las características del sedimento, determinados a partir de los aforos. El estimativo del transporte de sedimento en la zona no muestreada para las diferentes estaciones se indica en la Tabla 3.2.4.2.

Transporte de sedimento fino y de material de lecho en suspensión: El sedimento suspendido se dividió en sedimento fino y en material de lecho en suspensión, considerando como sedimento fino el conformado por partículas con diámetro menor o igual a 0,125 mm en la curva granulométrica promedio de cada aforo. El material de lecho en suspensión se obtuvo al sustraer de la carga total de sedimentos, la carga de finos y la carga de fondo.

Transporte de fondo: El método de Einstein Modificado permitió la estimación de este tipo de transporte de manera directa. Este transporte depende básicamente de las características hidráulicas de la corriente y del material de lecho.

Transporte total: El transporte total del sedimento en las diferentes estaciones se obtuvo sumando el transporte medido con el no muestreado, o agregando de sedimento fino o carga lavada, el transporte de material de lecho en suspensión. La carga de fono hace parte del material de lecho.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.4.2 Transporte de sedimentos para las diferentes estaciones

Estación	Tasa de transporte de caudal sólido (ton/año)					
	Medido	No muestreado	Total	Fino	Material Lecho	Fondo
La Pintada	15,4	12,2	27,6	13,7	13,9	0,5
Cañafisto	25,8	6,2	32	14,2	17,8	0,9
Sitio Presa			46,1	19,1	25,6	1,4
Puerto Valdivia	40,6	11,5	52,1	22	30,1	1,7

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

El transporte total de sedimento en el sitio de presa se estimó en 46,1 millones de toneladas anuales, de los cuales 1,4 corresponden al transporte de fondo y los 44,7 restantes corresponden al transporte en suspensión, el cual, a su vez, está conformado por 25,6 millones de toneladas de material del lecho en suspensión y 19,1 de sedimento fino. El transporte anual estimado corresponde a una tasa de producción anual de sedimentos en suspensión de 0,76 mm en toda la cuenca, considerando un peso específico de los suelos de 1,6 ton/m³.

Al embalse entrarán, como ya se indicó 46,1 millones de toneladas anualmente, que corresponden a 28,8 millones de m³, considerando un peso unitario de 1,6 ton/m³ para los depósitos de arenas y gravas. Por lo tanto, los volúmenes del delta serán de 409 millones de m³ al cabo de 25 años y de 935 millones de m³ a los 50 años de operación.

- Depositación de sedimentos en el embalse

La forma como se depositaría el sedimento en el embalse se estimó por medio de un modelo numérico usando el HEC-6 propuesto por el U. S. Army Corps Of Engineers. En la Figura 3.2.4.11, se muestra el perfil longitudinal del delta de sedimentos para períodos de operación de 25 y 50 años del embalse del Proyecto con un nivel máximo normal de operación en la cota 420 m (la abscisa cero corresponde al sito de presa). En el Anexo F-PHI-HYS-ANC-Sedimento y dinámica fluvial se encuentran las premisas y resultados del modelo de depositación.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

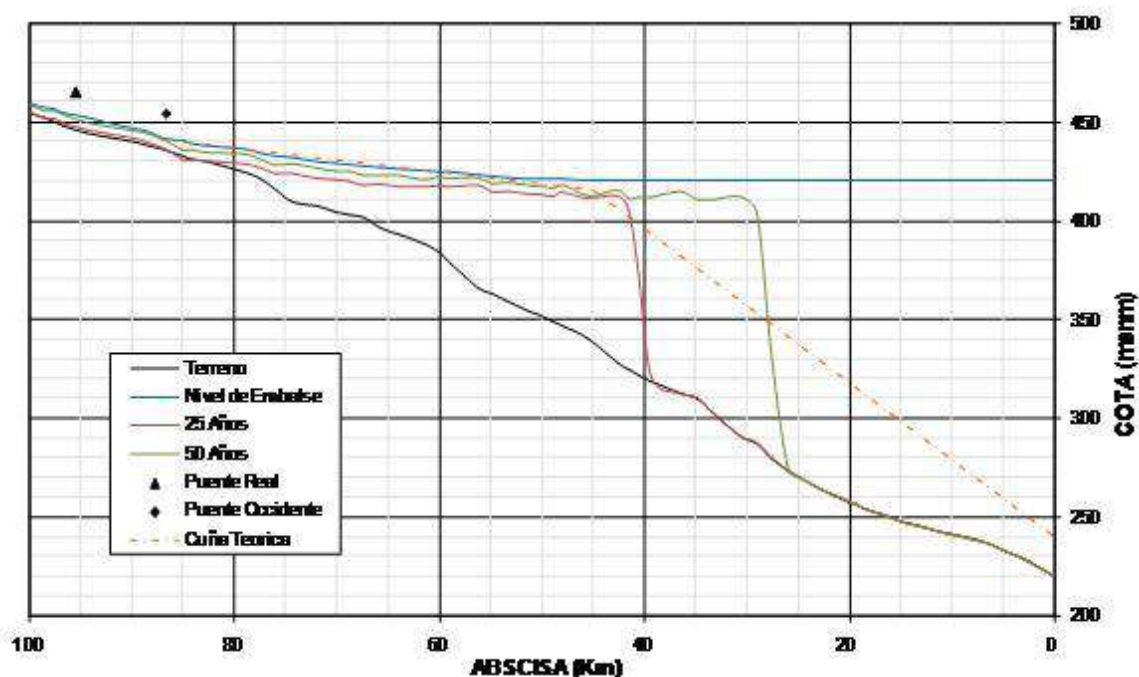


Figura 3.2.4.11 Perfil del Delta de Sedimentos para períodos de 25 y 50 años de operación del embalse

Debe aclararse que al presentarse la depositación de sedimentos en la cola del embalse estos suben el nivel del fondo del terreno pero a su vez la superficie del agua también lo hace, formándose canales preferenciales de flujo pudiéndose evidenciar barras de sedimento como las que se observan actualmente en la zona del Puente Real, dejando una profundidad de flujo mayor de 2 metros, permitiendo la navegabilidad de embarcaciones pequeñas como se realizan en la actualidad.

- Hidráulica del río Cauca

En este aparte se muestra un análisis global de la variación de niveles del río Cauca según los registros reportados por las distintas estaciones; y se presenta un resumen del análisis hidráulico basado en batimetrías del río levantadas en la zona de las obras principales.

- Fluctuación de los niveles a lo largo del río

De acuerdo con los análisis realizados en estudios anteriores, los registros de niveles en las distintas estaciones, presentan una clara diferencia entre los valores mínimos dados en condiciones de estiaje y los valores máximos que se presentan en condiciones de crecientes. En la estación Pescadero esta diferencia es mayor, por tener una sección del

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

río menos ancha, ubicada en una zona sin ningún tipo de amortiguamiento por desbordamiento; esta variación de niveles disminuye a medida que se desplaza del sitio del Proyecto hacia aguas abajo donde se amplían las secciones y aparece la zona de desbordamiento que atenúa la fluctuación de niveles. En el caso de las estaciones de La Pintada y Cañafisto el cauce del río Cauca es un poco más amplio que la estación Pescadero por lo que la variación de niveles disminuye.

En la Tabla 3.2.4.3 se muestra la variación de niveles, donde se comparan los valores máximos y mínimos promedios multianuales, y el valor extremo, registrado en cada una de las estaciones durante el periodo 1990 - 2000. Esta misma información se presenta de manera gráfica en la Figura 3.2.4.12, donde se incluyen los valores máximos y mínimos reportados.

De esta información se concluye que las mayores variaciones de nivel del río Cauca se dan en la estación Pescadero, que presenta unas características similares al sitio de presa, toda vez que se ubica en el mismo cañón estrecho que tiene el río en esa zona. De acuerdo con el reporte de nivel, el río Cauca en la zona de la estación Pescadero ha fluctuado su nivel del orden de hasta 15 m, como se puede observar en la Figura 3.2.4.12, donde para la estación Pescadero se observará variación desde casi 10 m por encima del valor medio (valor 0.00 en el gráfico), hasta algo más de 5 m por debajo del mismo nivel. Y algo similar es de esperar en la zona del proyecto.

Tabla 3.2.4.3 Variación de niveles del río en las distintas estaciones

Estación	Valores de la mira (cm)			Diferencia de niveles (cm)		
	Media de mínimos (1)	Promedio (2)	Media de máximos (3)	(2)-(1)	(3)-(2)	(3)-(1)
Pintada	175	268	417	93	149	242
Cañafisto	95	214	404	119	190	309
Pescadero	178	380	691	202	311	513
Valdivia	145	269	462	124	193	317
Apaví	138	268	479	130	211	341
La Coquera	99	206	351	107	145	252
Margento	336	482	634	146	152	298
Las Flores	419	589	750	170	161	331

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

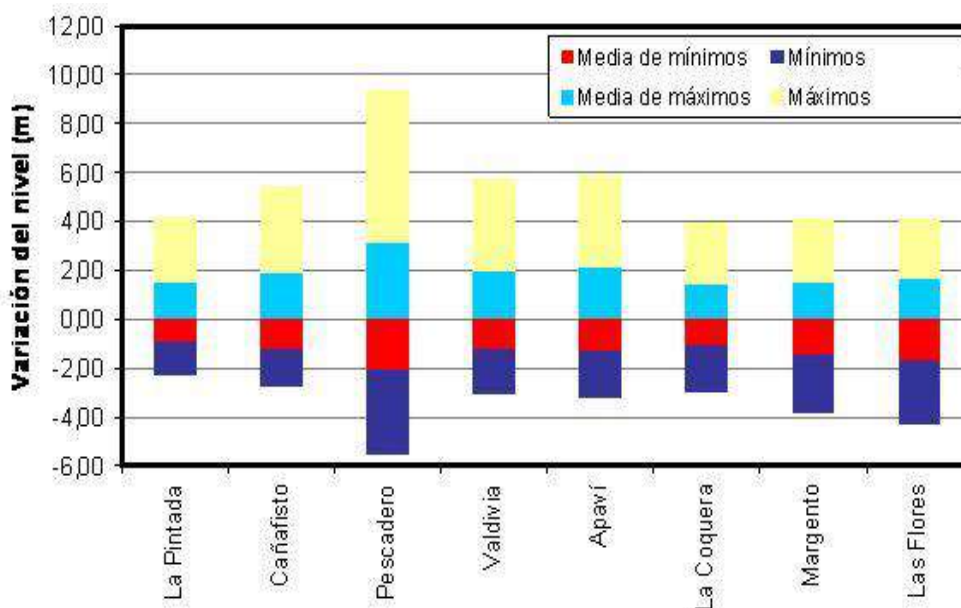


Figura 3.2.4.12 Variación de niveles respecto al nivel medio en las distintas estaciones

- Hidráulica en el sitio de obras principales

El objeto principal en este aparte es mostrar la estimación de las características hidráulicas del río Cauca (niveles y velocidades), en la zona próxima a las obras principales.

- Información básica

Para el estudio se contó con la información de varias secciones batimétricas del río Cauca realizadas en la zona de las obras, las cuales fueron tomadas en dos campañas realizada en Enero de 2009 y otra en Febrero 2010, esta última aprovechando el período de estiaje que existía en el momento. Esta información se complementó con levantamientos topográficos de las orillas del río y las laderas del cauce, que servirán entre otras para la calibración del modelo. En la Figura 3.2.4.13, se presenta la ubicación de las secciones batimétricas levantadas y en el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-C-C0003 Perfil de las secciones hidrográficas, se presenta el perfil de cada una de las secciones hidrográficas. En la Fotografía 3.2.4.1 se aprecian las condiciones generales del cauce del río Cauca en la zona de las obras.

Las simulaciones hidráulicas se hicieron con base en los caudales característicos del río. Para realizar la simulación se utilizó el HEC-RAS desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers, que utiliza el método estándar por pasos. En la Figura 3.2.4.14, se muestra el esquema tridimensional del modelo hidráulico, el cual consta de 86 secciones de las cuales 18 corresponden a los levantamientos batimétricos realizados. La modelación se

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

extendió a lo largo de 5 km sobre el río Cauca (3.000 m aguas arriba de la confluencia del río Ituango y 2.050 m aguas abajo de la misma) y además involucró unos 870 m del río Ituango, donde las secciones se tomaron de la restitución cartográfica.



Fotografía 3.2.4.1 Cauce del río Cauca

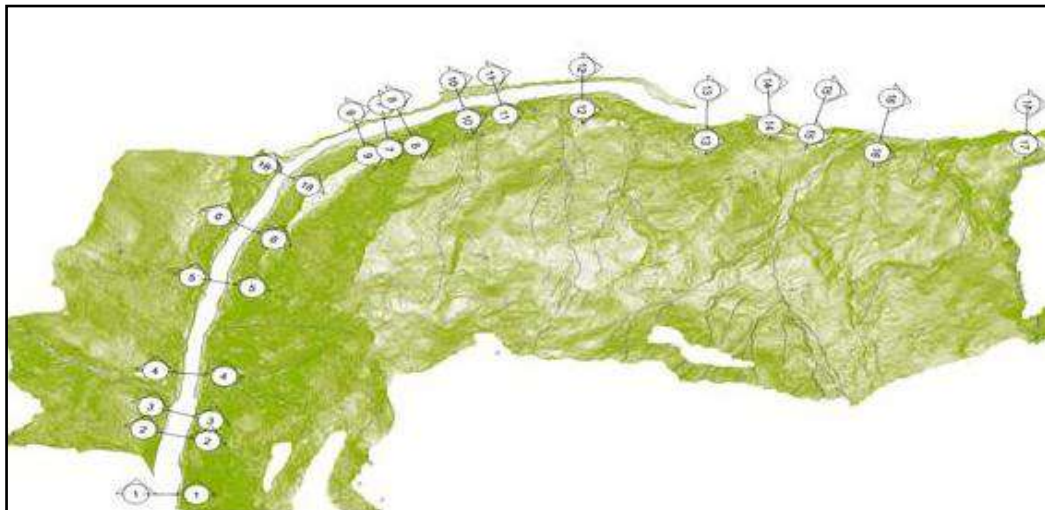


Figura 3.2.4.13 Secciones batimétricas levantadas en la zona de las obras principales

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

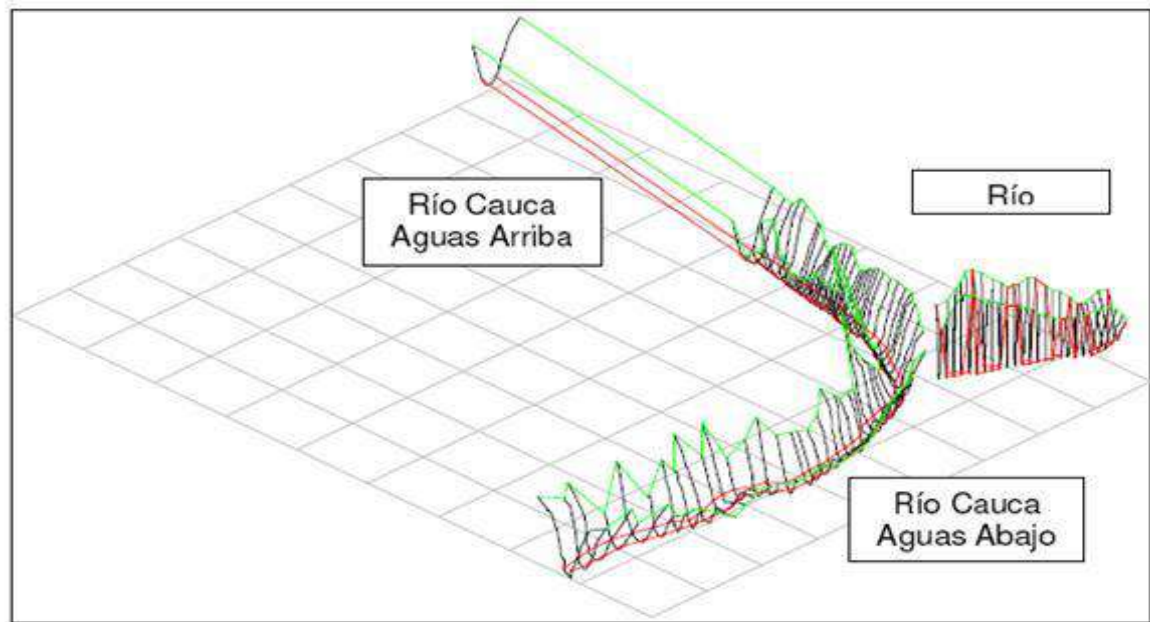


Figura 3.2.4.14 Esquema tridimensional del modelo hidráulico

En la Figura 3.2.4.15 y Figura 3.2.4.16 se presentan los resultados gráficos de la simulación hidráulica a lo largo del río Cauca, donde vale la pena señalar que la abscisa cero (0) corresponde a la confluencia del río Ituango en el río Cauca y las negativas hace referencia al tramo de aguas arriba de esta confluencia. De este análisis se estimaron los datos para establecer los niveles de máximos de excavación y protección contra inundaciones para la construcción de algunas obras como los portales de los túneles de desviación y la descarga de la central; así como para verificar el salto de la central; de otra parte, se observa como la velocidad media del río en la zona donde se construirá la ataguía (más o menos en la absc -1.000) es cercana a los 4 m/s.

Vale la pena resaltar que los cálculos hidráulicos son sensibles, no solo a la suposiciones de los coeficientes de fricción, sino que también a la geometría del fondo del lecho; pues las dificultades para desarrollar los levantamiento batimétricos generaron algunos problemas para tomar secciones en sitios específicos donde pueden haber variaciones importantes en el fondo del lecho que incidan en la simulación hidráulica, especialmente en el caso de caudales pequeños, esto se ve reflejado en la comparación que se muestra en la Figura 3.2.4.17, se presentan los resultados de los perfiles de flujo para diferentes crecientes y los niveles de agua levantados a lo largo del río durante desarrollo de los diferentes levantamientos topográficos desarrollados.

Los perfiles de flujo se calcularon para una condición de flujo permanente. En el proceso de calibración se variaron las rugosidades entre los valores sugeridos por la metodología

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

del U.S. Geological Survey (1973) y Chow (1983); también se analizó la influencia de los coeficientes de expansión y contracción, encontrándose poca variación en los resultados de nivel de lámina de agua y de velocidad. Adicionalmente se realizó una sensibilidad del nivel de la superficie del agua en el sitio de confluencia, respecto a la solución numérica de las ecuaciones de Saint Venant por el método de energía o por el método de momentum, encontrándose más adecuado este último por la calidad de los resultados obtenidos y porque tiene en cuenta directamente la influencia de los caudales del río San Andrés en la descarga al río Cauca.

El modelo se calibró comparando los niveles de la superficie del agua, simulados con los observados de acuerdo a la batimetría levantada.

La calibración también incluyó un análisis de sensibilidad en las condiciones de frontera, en la que se evidenció que la condición de borde aguas arriba influenciaba los resultados en el tramo de estudio, por lo que se optó por desplazar dicha condición de borde una distancia hacia aguas arriba del tramo de estudio, para evitar falsos forzamientos a lo largo del mismo. Es por esta razón que en la figura Figura 3.2.4.14, se observa una sección separada del tramo de análisis.

El modelo se consideró confiable en este tramo, ya que como se observa en los resultados de la Figura 3.2.4.17, los niveles modelados teniendo en cuenta el caudal promedio diario y el caudal medio del río, son muy similares a los que se levantaron en las campañas de topografía de los años 2007, 2009 y 2010.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

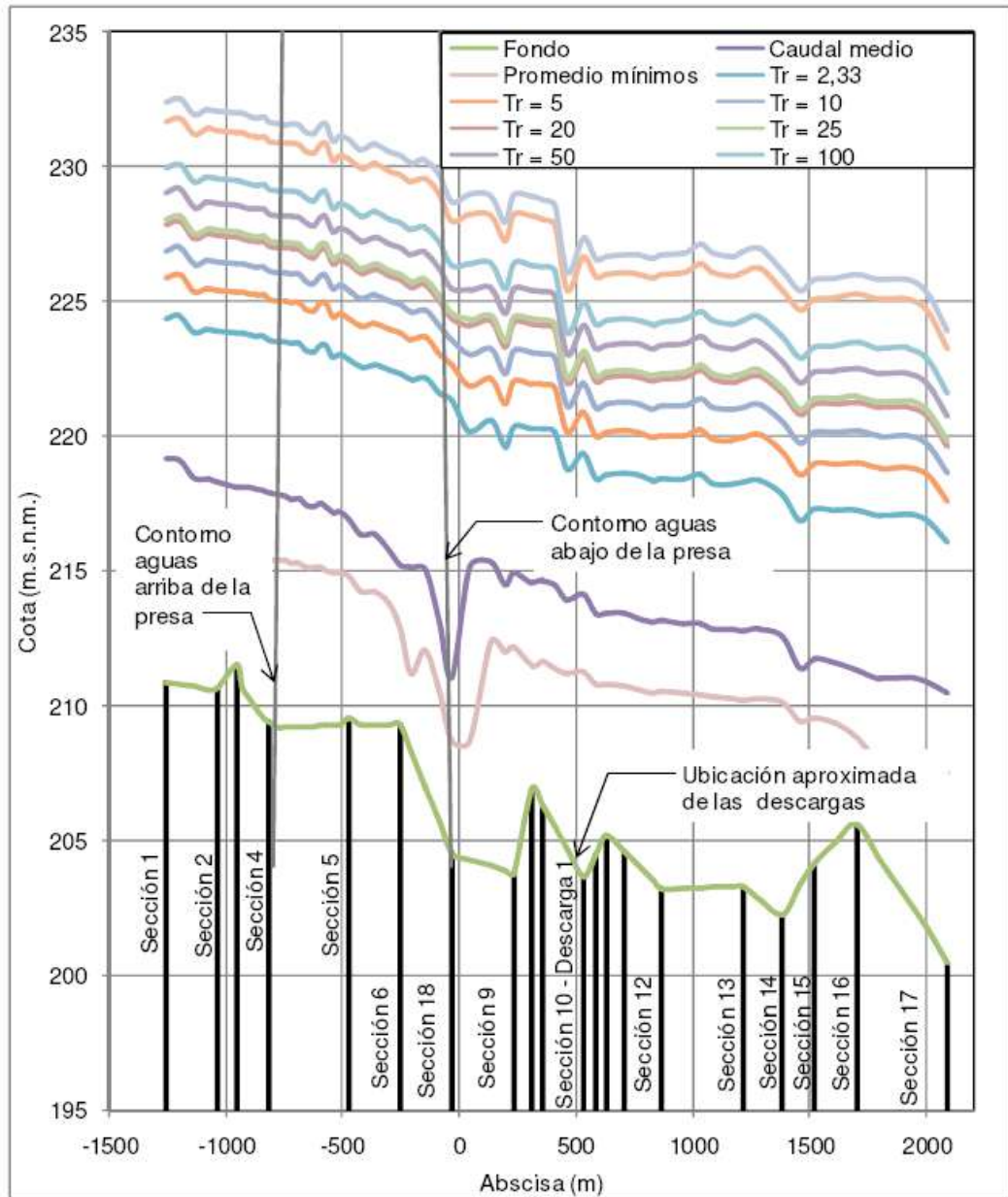


Figura 3.2.4.15 Perfil de flujo a lo largo del tramo de estudio para diferentes caudales

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

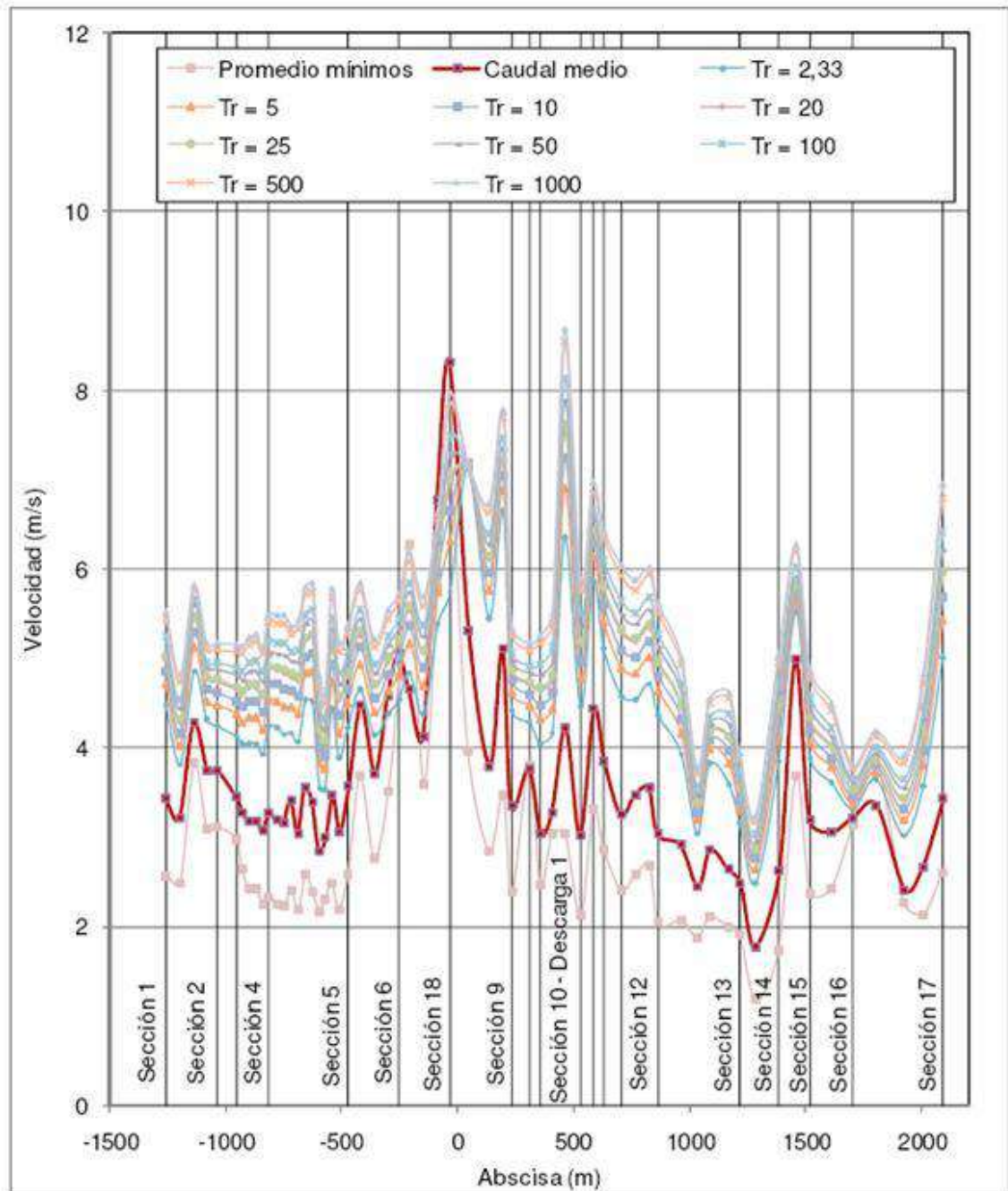


Figura 3.2.4.16 Perfil de velocidades a lo largo del tramo de estudio.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

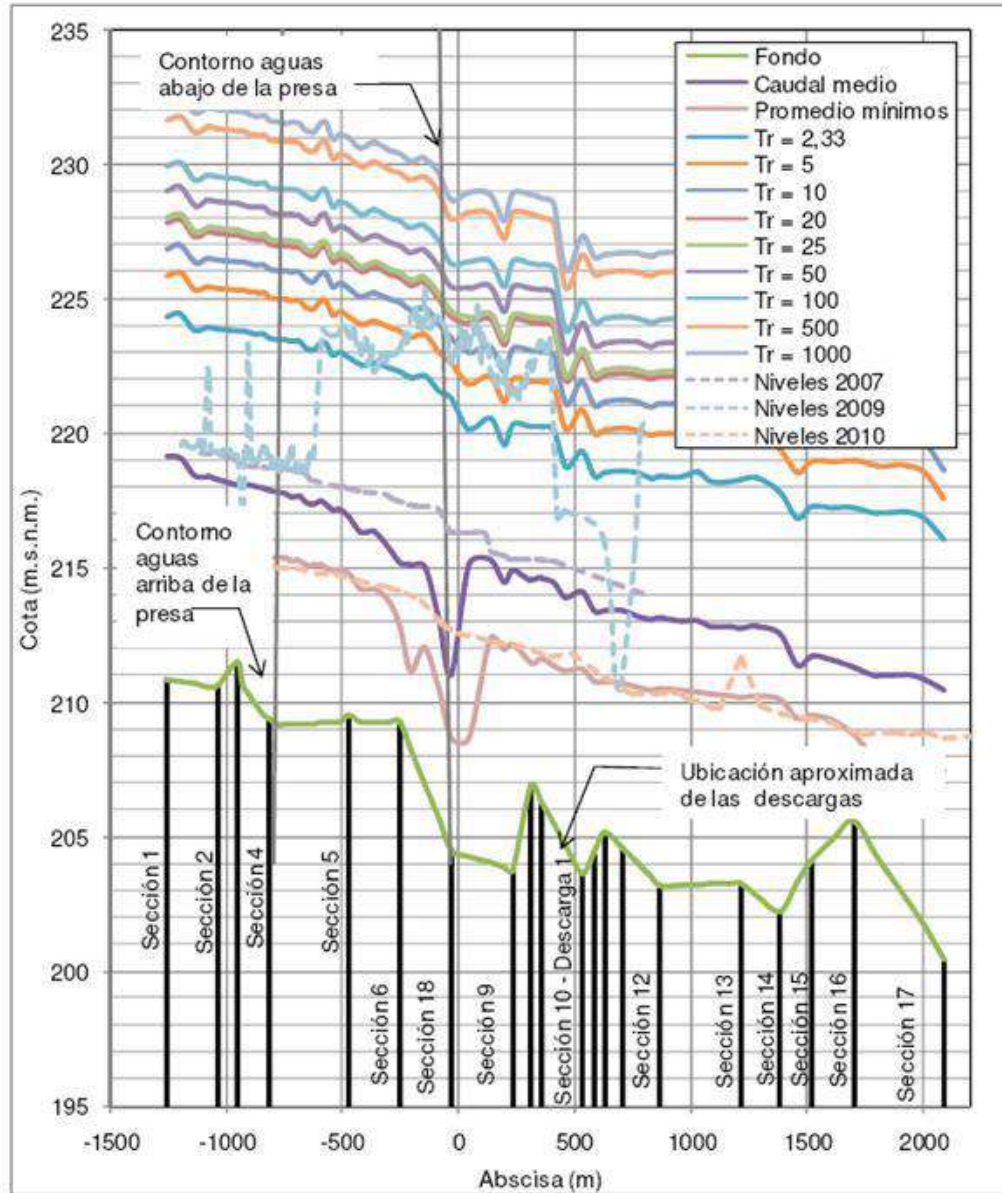


Figura 3.2.4.17 Comparación de los perfiles de flujo con niveles de orilla levantadas en los trabajos de topografía

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Apertura vía Puerto Valdivia - Sitio de presa

En este numeral se presentan los resultados de la caracterización de las corrientes hídricas a intervenir para la construcción de la vía. Además se hace la descripción de los patrones de drenaje, el régimen hidrológico, las fuentes contaminantes, y los caudales máximos. En la zona no se identificaron sistemas lénticos.

En el área de influencia se encuentran los siguientes sistemas lóticos, todos ellos afluentes del río Cauca: río Sinitavé; las quebradas: Arroceras, Las Tapias, Remolino, Vagamentón, De Irsi, La Roca, Santa Bárbara, Arenales, La Mona, Achirá, Guamera, Tamara, Las Pavas, Ventanas, Organi, Caracolí, Tigrera, La Floresta, Organi 2, El Cocal, El Aro, El Arito, La Honda, El Pital, Los Rodríguez, Agua Rica, El Guaico, La Golondrina y El Pescado; y las Cañadas: San Jacinto, Sevilla y La Mina (Ver mapa D-PHI-110-CB-LG-LOC-020).

- Patrones de drenaje

La cuenca del río Cauca en la zona del proyecto vial Puerto Valdivia – Sitio de Presa presenta un patrón de drenaje sub-paralelo, ya que las corrientes presentan cierto paralelismo entre sí. Las características que influyen este patrón de drenaje son: alta a mediana permeabilidad, control estructural, moderada cobertura vegetal, laderas altas y pendientes fuertes (Ver mapa D-PHI-110-CB-LG-LOC-020).

- Régimen hidrológico

La zona del Proyecto se encuentra localizada en un cañón profundo y cálido conformado por las cordilleras Central y Occidental, con un régimen de lluvia variado, en el cual se presenta una larga temporada lluviosa, con algunos meses un poco más húmedos que otros. Aunque el principal fenómeno que determina la precipitación en el área es el paso de la ZCIT (zona de convergencia intertropical), las características de los registros obtenidos de las estaciones meteorológicas, permiten afirmar que existe una gran influencia de fenómenos orográficos y de recirculación de vapor proveniente de la parte baja del valle del río Cauca en la zona del Caribe Colombiano, disminuyendo el efecto de otros fenómenos macroclimáticos como EL ENSO (El Niño Oscilación del Sur) y corrientes húmedas provenientes del Pacífico y eventualmente algunos frentes de humedad que atraviesan el país desde la Amazonía.

Para el análisis se recopilieron datos de dos estaciones meteorológicas para determinar la precipitación media, como lo muestra la Tabla 3.2.4.4.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.4.4 Precipitación media y estaciones meteorológicas en el área de interés

Estación	Municipio	Elevación (msnm)	Coordenadas	
			X	Y
Puerto Valdivia	Valdivia	150	854.026	1.297.011
El Palmar	Ituango	580	824.476	1.278.667

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

La Tabla 3.2.4.5 y Tabla 3.2.4.6 presentan los registros de los valores totales mensuales de precipitación (mm) de las estaciones El Palmar y Puerto Valdivia.

Tabla 3.2.4.5 Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación climatológica El Palmar

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1983					248	209,3	281,3	292,7	213,2		66	33
1984	7	15	20	235	134,8	358,4	294,9	177,8	166,2	168,1	87	49,3
1985		31,8	64,1	19,4	197,9	202,2	257,4	127,1	186,9	194	43,1	4,3
1986	7,5	9,5	29,6	107,9	113	385,8	306,1	222,7	231,9	180,4	91,7	40,2
1987	25,3	26,2	72,1	142,6	207,6	300,8	324,6	240,7	250,4	197,7	108,6	56,1
1988	41,1	41	87,8	157,4	222,6	314	339,1	254,7	254	245	80	79
1989	87	37	66	143,4	249	298	449	302	519	689		18
1990	38	36	197	138	321	281,3	334,3	292	428	204	99,2	17
1991	10	5					251	166,6	144,7	159,4	153,2	73,2
1992	3,5	10	10,9	160,1	95,4							
Medio	27,43	21,15	68,4	138	198,8	293,7	315,3	230,7	266	254,7	91,1	41,12

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.4.6 Valores totales mensuales de precipitación (mm) de la estación pluviográfica Puerto Valdivia

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1979											335,7	186
1980	29,6	5	55	363	492	539	472	528	586	406	554	361
1981	62	232	460	555	709	556	389	635	428	491	535	384
1982	166	297	125	399	768	488	548	648	552,5	440	308	102
1983	185	172	156	561	352	408	304	405	770	572	600	355
1984	310	472	156	221	393	483	348	137	312	635	397	110
1985	10	133	149	321	230	442	479,4	459,3	396,1	466		11
1986	232	412	189	405	224	465	335,3	373,3	388,4	383,8	168,2	83,8

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1987	42,6	178,7	10	914	444	465	598	448	501	377	390	226
1988	109	60	48	417	421	472	520	759	560	384	313	115
1989	402	54	184	224	565	318	753	440	483	284	340	73
1990	205	160	174	441	624	496	722	830	533	759	425	148
1991	95	214	159	237	654	445	632	481	796	461	385	268
1992	71	192	111	522	540,2	419	713	473	595	430	257	145
1993	147	113	196	473	861	690	485	375	692	608	448	204
1994	99	149	57	538	448	460,5	310	760	498,3	413,7	351	174,7
1995	203	78	256	356	514	517	430	518	498	155	296	122
1996	122	414	541	418	489	595	659	623	476	459	392	189
1997	67	424	66	281	230	377	425	657	348	397	241	178
1998	1	205	199	332	469	550	806	842	689	421	423	477
1999	442	427	275	612	782	756	626	625	700	675	207	573
2000	121	432	119	363	519	597	612	381	631	691	377	345
2001	282	95	289	367	596	540	492	409	536	464	554	340
2002	168	115	319	435	399	462	467	567	389	475	270	97
2003	39	80	67	451	461	406	430	382	363	456	298	302
2004	30	10	164	139	289	512	542					
2005	149	72	143	372	343	717	613	517	306			
2006	121	78	514	429	856	514	475	749	514	938	832	160
2007	30	15	1059	930	881	536	350	647				
2008	341	174				943	885	479	605	1401	998	371
2009	238,2	352	468	547								
Medio	150,6	193,8	231	435,3	519,8	523,1	531,8	541	523,9	524,7	411,3	225,9

Fuente: IDEAM

Con los valores de precipitación media, obtenidos estos para cada mes como el promedio de los caudales de todos los meses comunes de cada año (por ejemplo, promedio de los eneros de todos los años de la serie), graficados contra los meses del año, se obtiene la Figura 3.2.4.18 para la estación El Palmar.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

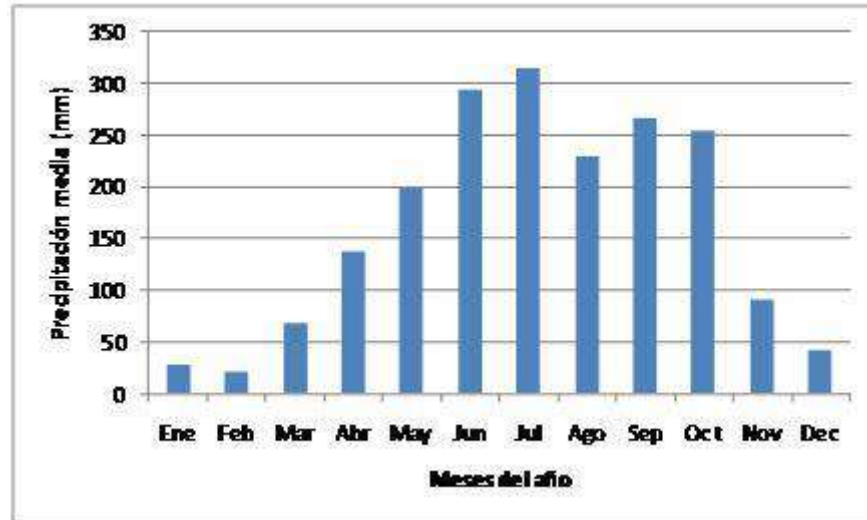


Figura 3.2.4.18 Precipitación promedio mensual en la zona de la estación El Palmar

De acuerdo con la Figura 3.2.4.18, se puede decir que aunque tiene tendencia a incrementar los valores de precipitación a partir del mes de Junio, no se presenta un comportamiento monomodal, debido a que en el mes de agosto se presenta un descenso en el valor de la precipitación, por lo que se puede concluir que en esta zona se presenta un régimen de carácter bimodal, que comprende dos épocas de lluvia, una de junio a julio, y septiembre a octubre y un período seco comprendido de noviembre a marzo.

Figura 3.2.4.19, presenta la precipitación media obtenida con los datos de la estación de Puerto Valdivia, esta figura al igual que la anterior relaciona los datos de precipitación media calculados como se explicó anteriormente, y los meses del año.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

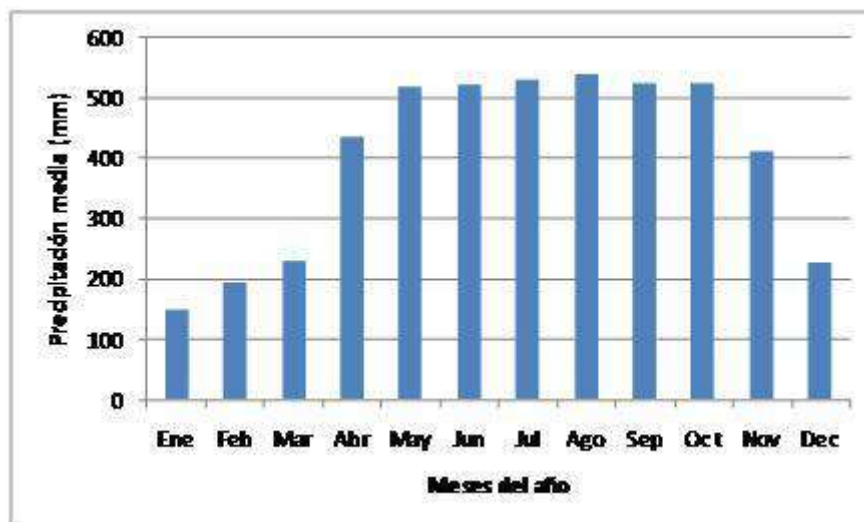


Figura 3.2.4.19 Precipitación promedio mensual en la zona de la estación Puerto Valdivia

Con respecto a la Figura 3.2.4.19 se puede decir que en la zona de la estación de Puerto Valdivia se presenta un régimen de lluvias monomodal comprendido entre los meses de abril a noviembre, dentro de este rango se encuentran valores máximos de precipitación en los meses de julio y agosto, y un período seco comprendido entre los meses de diciembre y marzo.

◆ Descripción y localización de la red hidrográfica

La red hidrográfica la componen las aguas que circulan por la cuenca del río Cauca, desde el inicio de la vía en el corregimiento de Puerto Valdivia hasta el sitio de presa del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, este trayecto es de aproximadamente 38 km.

El río Cauca en este tramo recibe los afluentes de los sistemas lóticos (ríos, quebradas y cañadas) anteriormente mencionados.

La red hidrográfica se encuentra localizada en jurisdicción de los municipios de Ituango, Briceño y Valdivia.

A continuación se describen las características físicas de los sistemas loticos presentes en el área de estudio.

- **Río Sinitavé:** Posee un cauce sinuoso de curvas amplias, con forma de U, acorozado. La corriente ha removido el material suelto de la parte baja de las márgenes, además induce flujo altamente torrencial de gran capacidad de arrastre y tiene como cualidad el transporte y la degradación de sedimentos. Este río recibe vertimientos de aguas residuales industriales provenientes de actividades agrícolas, minería y extracción de material de playa, lo cual representa una fuente importante de contaminación para esta corriente hídrica.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- **Quebrada Arrocerá:** Esta quebrada es de alta torrencialidad, posee gran cantidad de material en la desembocadura producto de crecientes, formando un abanico compuesto por material fino y principalmente por bloques y cantos angulares. Los bloques observados en el abanico alcanzan tamaño hasta de 3,0m.

Esta quebrada recibe vertimientos tanto de agua residual doméstica proveniente de los pobladores cercanos a su cauce, como de agua residual industrial generada en las actividades agrícolas como riego de cultivos.

- **Quebrada Las Tapias:** La quebrada se encuentra bastante encañonada, presenta una alta velocidad de flujo y sección transversal de forma trapezoidal. Los márgenes de esta corriente son aparentemente estables y poseen vegetación abundante, donde predominan los árboles y el rastrojo alto.

En esta quebrada se presentan vertimientos de agua residual doméstica proveniente de los pobladores que utilizan esta misma fuente hídrica para abastecerse. Los vertimientos en esta quebrada se realizan cerca a la confluencia de esta en el río Cauca.

- **Quebrada De Irsi:** Quebrada torrencial, de alta capacidad de arrastre, de cauce muy amplio, encañonada y de márgenes altas. Las márgenes están totalmente cubiertas por vegetación, aparentan ser estables y no muestran procesos erosivos.

El agua de esta quebrada es utilizada para consumo humano y recibe vertimientos de agua residual doméstica.

- **Quebrada Arenales:** El cauce de la quebrada es acorozado, encañonado, rectilíneo con saltos en su lecho de alturas mayores a 15 m. La corriente posee alta capacidad de arrastre y transporta arenas y gravas provenientes de las márgenes.

El agua de esta quebrada es utilizada para consumo humano y recibe vertimientos de agua residual doméstica

- **Quebrada Achirá:** Esta quebrada tiene alta capacidad de arrastre y es muy torrencial. El cauce es amplio y las márgenes de gran altura.

El agua de esta quebrada es utilizada para consumo humano y recibe vertimientos de agua residual doméstica.

- **Quebrada La Guamera:** La quebrada corre por un cañón compuesto por laderas rocosas, con una amplia cuenca donde se observan pequeños afluentes. Posee una alta capacidad de arrastre y su cauce está conformado por materia aluvial en el lecho, roca en las orillas y un cono de deyección en la desembocadura. Las márgenes de esta quebrada se encuentran cubiertas por árboles y arbustos.

El agua de esta quebrada es utilizada para consumo humano y recibe vertimientos de agua residual doméstica.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- **Quebrada Las Tapias - Quebrada Remolino:** Esta quebrada recibe vertimientos de agua residual doméstica proveniente de los habitantes cercanos a este cauce.
- **Quebrada Vagamentón:** Esta quebrada recibe vertimientos tanto de agua residual doméstica, ya que es utilizada para consumo humano y en ella misma se realiza los vertimientos de este tipo de agua, como de agua residual industrial proveniente de actividades de riego de cultivos. A orillas de esta quebrada se practica la minería de barequeo.

A continuación se presenta la información de las cuencas a ser ocupadas por la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa (ver Tabla 3.2.4.7).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.4.7. Cuencas a ser intervenidas por la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Cuenca			Parámetros geomorfológicos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
Tramo 1 Desde Puerto Valdivia hasta la cuenca anterior al Río Sinitave										
1	km 0+183	Cañada Los Múneras	0,04	445	0,83	1,10	1,26	1,42	1,57	Puente L=10,00 m
2	km 0+260	Cañada Arrocerero	0,62	1895	9,42	12,52	14,29	16,16	17,82	Puente L=26,00 m
3	km 0+690	Quebrada Las Tapias	2,20	3018	27,25	36,21	41,33	46,73	51,54	Puente L=32,00 m
4	km 1+092	Cañada Remolinos	0,43	1455	7,31	9,71	11,08	12,53	13,82	Puente L=21,00 m
5	km 1+812	Cañada Vagamentón	1,07	2372	14,98	19,90	22,72	25,69	28,33	Puente L=28,00 m
6	km 2+055	Quebrada Las Ciruelas	0,14	1012	2,70	3,59	4,09	4,63	5,11	Puente L=30,00 m
7	km 2+412	Cañada El Derrame	0,15	949	2,92	3,88	4,43	5,01	5,52	Puente L=14,00 m
8	km 2+700	Quebrada de Irsi	7,91	5376	116,71	161,14	180,53	193,55	205,22	Puente L=50,00 m
9	km 3+370	Quebrada La Fusta	0,11	719	2,29	3,05	3,48	3,93	4,34	Tubería 1,20
10	km 3+615	Quebrada La Roca	0,32	1495	5,36	7,12	8,13	9,20	10,14	Puente L=18,00 m
11	km 3+745	Quebrada Santa Bárbara	0,85	2388	11,92	15,83	18,07	20,43	22,54	Puente L=21,00 m
12	km	Quebrada Arenales	0,23	1155	4,30	5,71	6,52	7,37	8,13	Puente L=23,65 m

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfológicos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
	3+988									
13	km 4+210	Quebrada La Mona	0,10	806	2,06	2,73	3,12	3,53	3,89	Puente
14	km 4+371	Cauce permanente	0,07	631	1,52	2,03	2,31	2,61	2,88	Tubería 1,20
15	km 5+400	Quebrada Achira	4,78	5475	72,98	100,86	112,92	120,87	127,98	Puente
16	km 6+203	Quebrada Astilleros	0,04	467	0,99	1,31	1,49	1,69	1,86	Tubería 0,90
17	km 6+273	Quebrada El Atraso	0,05	462	1,20	1,59	1,81	2,05	2,26	Pontón
18	km 6+373	Quebrada Astillero 2	0,10	554	2,11	2,81	3,21	3,63	4,00	Tubería 1,20
19	km 6+468	Quebrada	0,06	558	1,42	1,89	2,16	2,44	2,69	Tubería 1,20
20	km 6+749	Quebrada	0,05	567	1,07	1,42	1,62	1,83	2,02	Tubería 0,90
21	km 6+797	Quebrada	0,01	199	0,27	0,36	0,41	0,46	0,51	Tubería 0,90
22	km 6+885	Quebrada Silocargo	0,10	705	2,09	2,78	3,17	3,59	3,96	Pontón
23	km 7+118	Quebrada Escondido Puerto	0,33	1315	6,01	7,98	9,11	10,30	11,36	Puente
24	km 7+278	Quebrada Escondido 2 Puerto	0,21	1241	3,92	5,21	5,94	6,72	7,41	Puente

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfométricos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
25	km 7+336	Quebrada	0,04	479	0,99	1,31	1,49	1,69	1,86	Tubería 0,90
26	km 7+482	Quebrada	0,16	822	3,33	4,42	5,05	5,71	6,29	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
27	km 7+700	Quebrada	0,04	335	0,85	1,12	1,28	1,45	1,60	Tubería 0,90
28	km 8+020	Quebrada La Guamera	32,81	17524	220,81	302,29	337,45	360,58	381,29	Puente
29	km 8+335	Quebrada El Tanque	0,10	696	2,04	2,71	3,09	3,50	3,86	Tubería 1,20
30	km 8+488	Quebrada	0,10	665	2,19	2,91	3,32	3,75	4,14	Tubería 1,20
31	km 8+725	Cañada San Jacinto	0,48	1600	8,08	10,74	12,25	13,86	15,28	Alcantarilla de cajón 2,00 x 2,00
32	km 9+049	Quebrada	0,10	707	2,03	2,70	3,08	3,48	3,84	Tubería 1,20
33	km 9+289	Quebrada Tamara	0,16	939	3,20	4,25	4,85	5,48	6,05	Puente
34	km 9+425	Quebrada	0,32	1425	5,71	7,59	8,66	9,79	10,80	Alcantarilla de cajón 1,75 x 1,75
35	km 9+715	Cañada Mojaculo	0,90	2186	13,46	17,88	20,41	23,08	25,46	Puente
36	km 10+055	Quebrada Pavas	1,27	2326	18,51	24,59	28,07	31,74	35,01	Puente
37	km 10+811	Quebrada	0,22	1299	4,01	5,33	6,08	6,88	7,58	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfométricos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
38	km 11+005	Quebrada Seca	0,15	763	3,19	4,23	4,83	5,46	6,02	Puente
39	km 11+268	Quebrada Organi	5,97	5743	93,09	128,60	143,95	154,05	163,11	Puente
40	km 12+110	Quebrada La Tigresa	0,71	1686	11,64	15,46	17,65	19,95	22,01	Puente
41	km 12+273	Quebrada	0,04	375	0,82	1,09	1,24	1,40	1,55	Tubería 0,90
42	km 12+459	Quebrada	0,20	1091	3,78	5,02	5,73	6,48	7,15	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
43	km 12+802	Quebrada	0,12	782	2,50	3,32	3,79	4,29	4,73	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
44	km 13+033	Quebrada	0,12	819	2,47	3,28	3,74	4,23	4,66	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
45	km 13+841	Quebrada	0,05	446	1,02	1,36	1,55	1,75	1,93	Tubería 0,90
46	km 13+932	Quebrada Sevilla	1,03	2166	15,30	20,32	23,19	26,23	28,92	Puente
47	km 14+303	Quebrada	0,07	550	1,61	2,13	2,44	2,76	3,04	Tubería 1,20
48	km 14+640	Quebrada	0,30	1007	5,91	7,85	8,95	10,13	11,17	Alcantarilla de cajón 1,75 x 1,75
49	km 14+940	Quebrada La Floresta	1,69	2487	23,75	31,55	36,01	40,72	44,91	Puente
50	km 15+464	Quebrada	0,24	1336	4,29	5,69	6,50	7,35	8,11	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfológicos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
51	km 15+928	Quebrada El Cocal	0,28	1064	5,37	7,13	8,14	9,21	10,15	Puente
52	km 16+380	Quebrada El Aro	14,82	6327	217,17	300,81	337,03	360,90	382,29	Puente
53	km 17+190	Quebrada El Arito	6,35	5404	102,27	141,43	158,85	170,35	180,66	Puente
54	km 18+247	Quebrada Honda	4,89	4719	83,29	115,90	130,04	139,36	147,72	Puente
55	km 19+058	Quebrada El Pital	0,87	2209	13,15	17,47	19,94	22,54	24,86	Puente
56	km 19+354	Quebrada	0,40	2004	6,26	8,32	9,50	10,74	11,85	Puente
57	km 19+685	Quebrada	0,82	1991	12,86	17,08	19,50	22,05	24,32	Alcantarilla de cajón 2,25 x 2,25
58	km 20+099	Quebrada	0,21	1042	4,16	5,52	6,30	7,13	7,86	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
59	km 20+438	Quebrada	0,55	1576	9,49	12,60	14,38	16,26	17,94	Puente
60	km 20+780	Quebrada	0,25	1126	4,87	6,46	7,38	8,34	9,20	Puente
61	km 21+358	Quebrada	0,06	463	1,50	1,99	2,28	2,57	2,84	Puente
62	km 21+540	Quebrada	0,09	777	1,82	2,42	2,76	3,12	3,44	Túnel, no requiere obra de cruce
63	km 21+675	Quebrada	0,48	1783	7,81	10,38	11,85	13,40	14,77	Puente

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfométricos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
64	km 21+980	Quebrada	0,06	570	1,33	1,77	2,02	2,28	2,52	Pontón
65	km 22+048	Quebrada	0,11	824	2,33	3,09	3,53	3,99	4,40	Puente
66	km 22+466	Quebrada	0,19	1130	3,69	4,90	5,59	6,32	6,98	Puente
67	km 22+633	Quebrada La Volcanera	0,14	872	2,88	3,83	4,37	4,95	5,45	Pontón
68	km 23+016	Quebrada Los Rodríguez	7,30	4568	122,42	170,60	191,50	205,29	217,65	Puente
69	km 23+587	Quebrada	0,06	526	1,46	1,94	2,22	2,51	2,76	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
70	km 23+884	Quebrada	0,09	775	1,84	2,44	2,79	3,15	3,48	Puente
71	km 24+262	Quebrada Agua Rica	1,41	2194	21,21	28,17	32,16	36,36	40,11	Puente
72	km 24+633	Quebrada	0,09	586	2,07	2,75	3,14	3,55	3,92	Tubería 1,20
Tramo 2 Desde la cuenca del río Sinitave hasta la presa										
73	km 25+150	Río Sinitavé	201,00	29226	225,93	478,50	605,65	690,36	767,60	Puente
74	km 25+726	Quebrada	0,06	537	0,79	1,30	1,59	1,87	2,12	Tubería 0,90
75	km 25+847	Quebrada	0,13	702	1,64	2,69	3,30	3,87	4,40	Tubería 1,20

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfométricos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
76	km 26+015	Quebrada	0,23	928	2,72	4,47	5,47	6,43	7,31	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
77	km 26+619	Quebrada	0,26	1178	2,89	4,75	5,82	6,84	7,78	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
78	km 26+945	Quebrada	0,14	922	1,66	2,73	3,34	3,93	4,47	Tubería 1,20
79	km 27+097	Quebrada Arenales	0,94	1944	8,79	14,44	17,69	20,78	23,63	Puente
80	km 27+411	Quebrada	0,14	778	1,76	2,89	3,54	4,16	4,73	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
81	km 27+955	Quebrada	0,22	986	2,61	4,29	5,25	6,17	7,02	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
82	km 28+301	Quebrada	1,01	2087	9,40	15,43	18,90	22,21	25,25	Puente
83	km 28+489	Cañada La Mina	1,87	3143	14,66	24,07	29,49	34,64	39,40	Puente
84	km 28+724	Quebrada	0,07	517	0,94	1,54	1,88	2,21	2,51	Tubería 1,20
85	km 28+971	Quebrada	0,25	1058	2,90	4,76	5,84	6,86	7,80	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
86	km 29+157	Quebrada	1,07	2161	9,86	16,19	19,83	23,30	26,50	Puente
87	km 29+733	Quebrada	0,15	643	1,96	3,22	3,94	4,63	5,26	Puente
88	km 30+273	Quebrada (Humaga)	Guaico 25,79	9765	104,37	220,76	279,12	317,93	353,28	Puente

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfológicos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
89	km 30+600	Caño seco	0,03	362	0,39	0,64	0,79	0,93	1,05	Tubería 0,90
90	km 30+913	Quebrada	0,09	645	1,13	1,85	2,27	2,66	3,03	Tubería 1,20
91	km 31+095	Quebrada	0,11	687	1,37	2,25	2,76	3,24	3,69	Tubería 1,20
92	km 31+457	Quebrada	0,35	1514	3,48	5,72	7,01	8,23	9,36	Puente
93	km 31+712	Quebrada	0,62	2234	5,26	8,64	10,59	12,44	14,14	Puente
94	km 31+854	Quebrada	0,11	667	1,34	2,20	2,69	3,16	3,60	Tubería 1,20
95	km 31+898	Quebrada	0,05	476	0,67	1,10	1,35	1,58	1,80	Tubería 0,90
96	km 32+568	Quebrada Golondrina	3,96	5094	25,57	54,27	68,97	78,76	87,69	Puente
97	km 33+005	Quebrada	0,05	407	0,70	1,15	1,40	1,65	1,88	Tubería 0,90
98	km 33+368	Quebrada	0,05	444	0,68	1,12	1,37	1,61	1,83	Tubería 0,90
99	km 33+486	Quebrada	0,37	1187	4,05	6,64	8,14	9,56	10,88	Puente
100	km 33+682	Quebrada	0,06	538	0,82	1,34	1,64	1,93	2,20	Tubería 0,90
101	km 34+119	Quebrada	0,16	812	1,92	3,16	3,87	4,55	5,17	Puente

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuenca			Parámetros geomorfométricos de la cuenca		Caudales asumidos (para diferentes Tr)					Obra Propuesta
Número de identificación de la cuenca	Abscisa	Nombre del cauce	Área (km ²)	Long (m)	2,33	10	25	50	100	
102	km 34+642	Quebrada El Pescadito	5,08	4685	33,39	71,39	90,55	103,56	115,54	Puente
103	km 35+144	Quebrada	0,61	1766	5,70	9,35	11,46	13,47	15,31	Puente
104	km 35+417	Quebrada	0,14	1007	1,60	2,62	3,21	3,77	4,29	Puente
105	km 35+766	Quebrada	0,07	736	0,80	1,32	1,62	1,90	2,16	Tubería 0,90
106	km 35+848	Quebrada	0,06	581	0,75	1,23	1,51	1,78	2,02	Tubería 0,90
107	km 36+027	Quebrada	0,04	468	0,57	0,93	1,14	1,34	1,52	Tubería 0,90
108	km 36+379	Quebrada	0,26	1258	2,77	4,54	5,56	6,54	7,43	Alcantarilla de cajón 1,50 x 1,50
109	km 36+629	Quebrada	0,13	807	1,60	2,63	3,22	3,78	4,30	Tubería 1,20
110	km 37+036	Quebrada	0,38	1653	3,72	6,10	7,48	8,78	9,99	Alcantarilla de cajón 1,75 x 1,75
111	km 37+232	Quebrada Ticuitá	1,32	2322	11,32	18,58	22,77	26,75	30,42	Puente
112	km 37+722	Quebrada	0,05	340	0,73	1,20	1,46	1,72	1,96	Tubería 0,90
113	km 37+848	Quebrada	0,06	715	0,74	1,21	1,48	1,74	1,98	Tubería 0,90

Finaliza Tramo 2, en este sector la vía cruza el río Cauca para llegar a la margen derecha

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.5 Calidad del agua

Para establecer la calidad del recurso en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se identificaron los afluentes más importantes de la zona pertenecientes al área de influencia directa, o que son afectados directamente por las obras o actividades del Proyecto, cuyas características de ubicación y tamaño de la cuenca fueran relevantes; así mismo, se definieron puntos específicos a lo largo del río Cauca, que permitieran caracterizar su calidad. Se incluye la caracterización del Proyecto Hidroeléctrico, así como las obras complementarias que han sido objeto de modificación de licencia ambiental desde la obtención de la misma en el 2009 (Resolución 0155): la vía sustitutiva El Valle – Ituango, la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle, la apertura de la vía Puerto Valdivia sitio de presa y los ajustes respectivos por la corrección por cola de embalse.

3.2.5.1 Área de influencia directa (AID)

3.2.5.1.1 Metodología

Los muestreos hasta el 2010 fueron llevados a cabo por Integral S.A., con profesionales idóneos en toma y recolección de muestras fisicoquímicas e hidrobiológicas. Con equipos portátiles previamente calibrados, se determinó *in situ* en cada uno de los sitios de muestreo: temperatura ambiente, temperatura del agua, pH, conductividad y oxígeno disuelto; el levantamiento de dicha información se consignó en un formato diseñado para tal fin y se complementó con registro fotográfico.

Los demás análisis realizados hasta el 2010 se ejecutaron en los laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA), ambos acreditados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Las muestras se recolectaron siguiendo todas las indicaciones del IDEAM en cuanto a toma de muestras, preservación, refrigeración y transporte⁷.

El muestreo realizado en mayo de 2011 como complemento de la línea base de la apertura de la vía Puerto Valdivia –presa, se realizó sobre las quebradas El Polvillo, Gurimán y El Guaico, debido a que dichas fuentes serán empleadas según diseños como suministro de agua para los campamentos asociados a dicha obra y como receptores de vertimiento de las mismas. Dicho muestreo fue llevado a cabo por el laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, acreditado por el IDEAM en toma de muestras. Los parámetros se determinaron en el mismo laboratorio y en ANTEK (como laboratorio subcontratado) asegurando la cadena de custodia de la muestra como lo exige la metodología (Decreto 2820 de 2010), ambos laboratorios acreditados

⁷ Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y aguas subterráneas. IDEAM. www.ideam.gov.co (consultado: junio 2007).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

por el IDEAM igualmente en análisis de laboratorio de los parámetros. Las muestras, se recolectaron siguiendo todas las indicaciones en cuanto a toma de muestras, preservación, refrigeración y transporte de las Guías para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del IDEAM (ver ANEXO 3.2.5.1- D-PHI-EIA-CALB informe de Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica de Cuerpos de Agua Superficiales. Modificación Licencia Ambiental Hidroeléctrica Ituango, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental).

Los parámetros evaluados en cada una de las zonas del Proyecto se presentan en la Tabla 3.2.5.1. Los parámetros evaluados son los recomendados en los términos de referencia para proyectos hidroeléctricos, para vías o para fuente de abastecimiento de agua potable o vertimientos según sea el caso.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.1 Parámetros medidos en cada zona del Proyecto

Parámetro	Lugar de medición				
	EIA	Otros estudios objeto de modificación de licencia			
		Rectificación San Andrés de Cuerquia	Vía Puerto Valdivia – Presa	Vía Sustitutiva El Valle - Ituango	Corrección por cola del embalse
Oxígeno Disuelto (OD)	X	X	X	X	X
% Saturación de oxígeno disuelto		X	X	X	X
pH	X	X	X	X	X
Conductividad eléctrica	X	X	X	X	X
Temperatura del agua	X	X	X	X	X
Acidez			X	X	X
Alcalinidad Total	X	X	X	X	X
Cloruros	X	X			X
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	X	X	X	X	X
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	X	X	X	X	X
Dureza Total	X	X			X
Fenoles			X	X	
Fósforo total	X	X	X	X	X
Fósforo reactivo (fosfatos)	X	X			X
Fósforo orgánico					X
Nitratos (NO ₃)	X	X	X	X	X
Nitritos (NO ₂)	X	X	X	X	X
Amonio (NH ₃)	X	X	X	X	X
Nitrógeno total (NTK: N Total Kjeldahl)	X	X			X
Grasas y aceites			X	X	X
Sólidos Suspendidos	X	X	X	X	X
Sólidos Disueltos	X	X	X	X	X
Sólidos Totales	X	X	X	X	X
Sólidos Sedimentables			X	X	X
Sulfatos (SO ₄)	X	X			X
Turbidez	X	X	X	X	X
Calcio					X
Hierro	X	X			X
Magnesio					X
Mercurio					X
Potasio			X	X	X
Sodio					X
Organolépticos			X		
Coliformes Totales (NMP)	X	X	X		X
Coliformes Fecales (NMP)	X	X	X		X

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Indicadores Ambientales

“En su sentido más amplio, un índice o indicador ambiental es un número o una clasificación descriptiva de una gran cantidad de datos o información ambiental cuyo propósito principal es simplificar la información para que pueda ser útil a los decisores y al público”⁸.

Se analizaron algunos índices con base en las variables evaluadas: Índice de calidad NFS-WQI, Índice de calidad Objetivo (ICA Obj), Índice de Langelier, que indiquen la calidad de los cuerpos de agua muestreados, simplificando en un solo número las características de cada cuerpo de agua. Se pretende reconocer problemas de contaminación de una forma ágil, sin tener que recurrir a la observación de cada una de las numerosas variables fisicoquímicas determinadas; esto se resalta cuando hay que realizar una gran cantidad de evaluaciones de forma periódica.

Los índices de calidad dependen de las variables incluidas, de la importancia sanitaria de cada una de ellas de acuerdo al uso específico a que se destine el agua, y de los objetivos para los cuales son aplicados.

Los indicadores analizados fueron los siguientes:

- Índice de calidad NFS-WQI

El índice de calidad de agua WQI fue desarrollado a principios de los años 70 por la fundación para la Sanidad Nacional de los Estados Unidos (NSF en sus siglas en inglés), como resultado de la conciliación de criterios de 142 expertos de ese país. Permite tener una idea general de los problemas que puede tener el agua y del enfoque que debe darse a posteriores estudios; además, sirve como base de comparación espacial y temporal de calidad en diferentes cuerpos de agua.

La determinación de índice WQI requiere de la medición de las variables: oxígeno disuelto, coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, cambio de temperatura, turbiedad y sólidos totales, y se calcula como:

$$WQI = \sum_{i=1}^9 W_i \times Q_i$$

Donde W_i de nota el factor de importancia de la variable i , respecto a las restantes variables involucradas en el índice, y Q_i corresponde al factor de escala de la misma. Este último depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes. En la Tabla 3.2.5.2 se presentan los pesos de cada variable y la Figura 3.2.5.1, esquematiza la obtención de Q para la cada una de éstas.

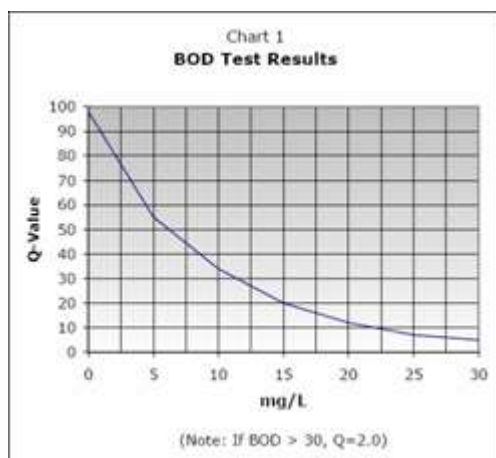
⁸ Canter W. Larry, 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Pág 149.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

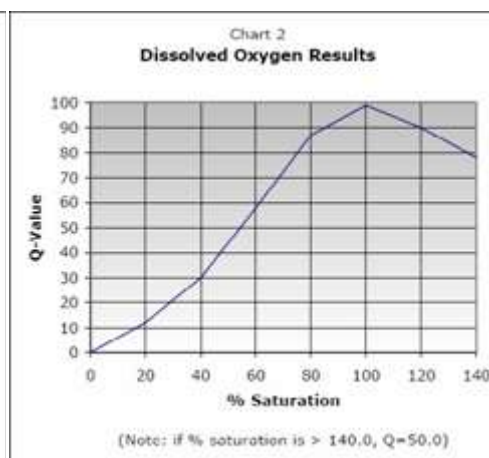
Tabla 3.2.5.2 Factores de ponderación NSF (tomada de <http://www.nsf.org>)

Variable	Factor Wi
% Saturación de oxígeno	0,17
Coliformes fecales	0,16
pH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Temperatura ΔT	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos totales	0,07

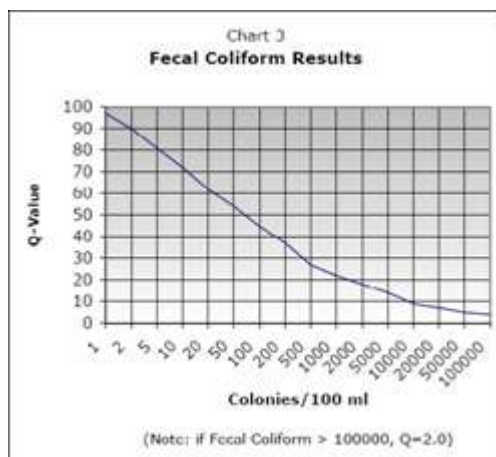
Fuente: Consorcio Generación Ituango.



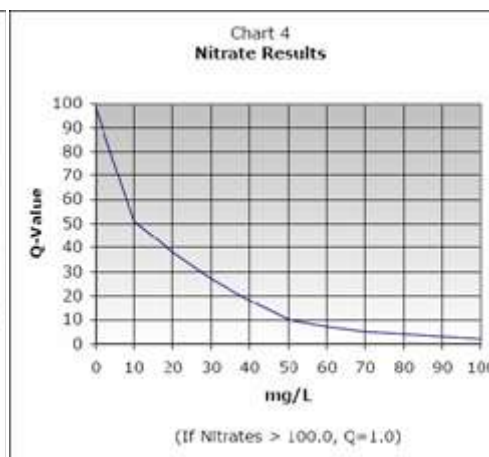
(a)



(b)

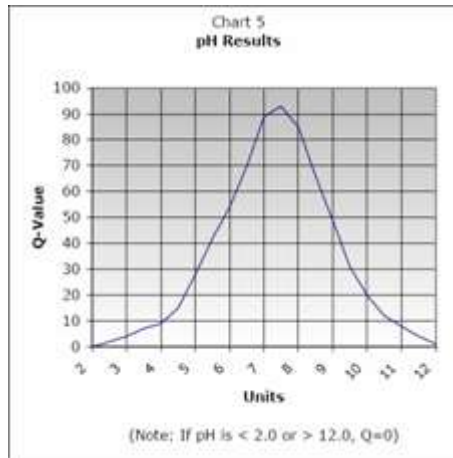


(c)

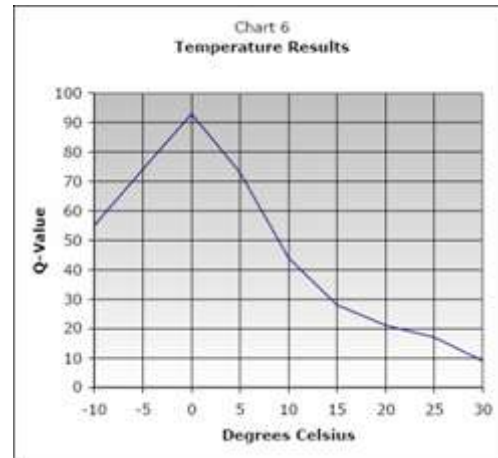


(d)

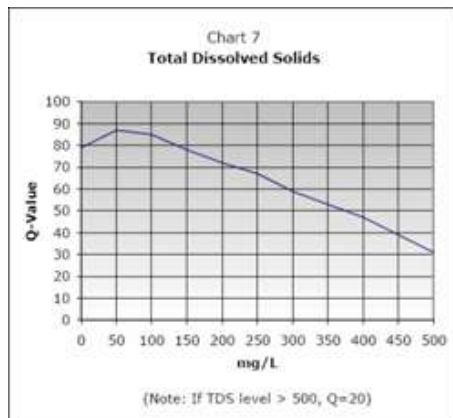
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



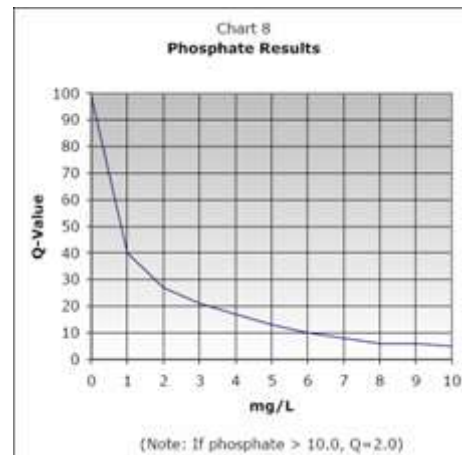
(e)



(f)

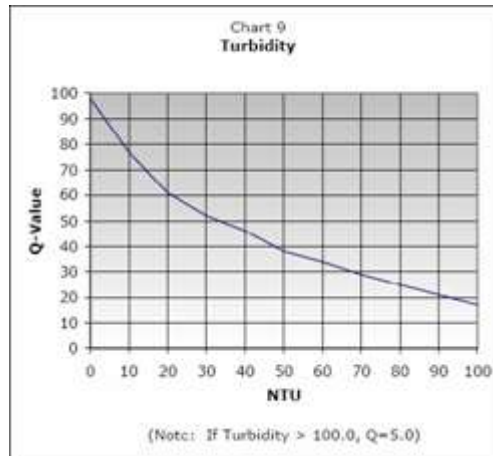


(g)



(h)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



(i)

Figura 3.2.5.1 Factores de escala Q para los parámetros involucrados en el WQI-NSF

Una vez determinado el índice WQI en un punto determinado, puede clasificarse la fuente de acuerdo con los rangos que se señalan en la Tabla 3.2.5.3

Tabla 3.2.5.3 Clasificación de calidad del agua en función del índice NSF

Valor del índice	Clasificación
0 – 25	Calidad muy mala (MM)
26 – 50	Calidad mala (M)
51 – 70	Calidad media (R)
71 – 90	Calidad buena (B)
91 – 100	Calidad excelente (E)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Para calcular el % de saturación de oxígeno disuelto, se utiliza el oxígeno disuelto de la muestra y el oxígeno de saturación, o sea el oxígeno disuelto en el agua pura, sin ninguna contaminación. Para calcular el oxígeno de saturación a diferentes alturas, se emplea la siguiente ecuación.

$$\text{Oxígeno de saturación} = Kh * (60 - 0,833 * h)$$

Donde:

Kh: constante de Henry para diferentes temperaturas; se determina a partir de la curva de la Figura 3.2.5.2.

h: altura sobre el nivel del mar de la estación de muestreo

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

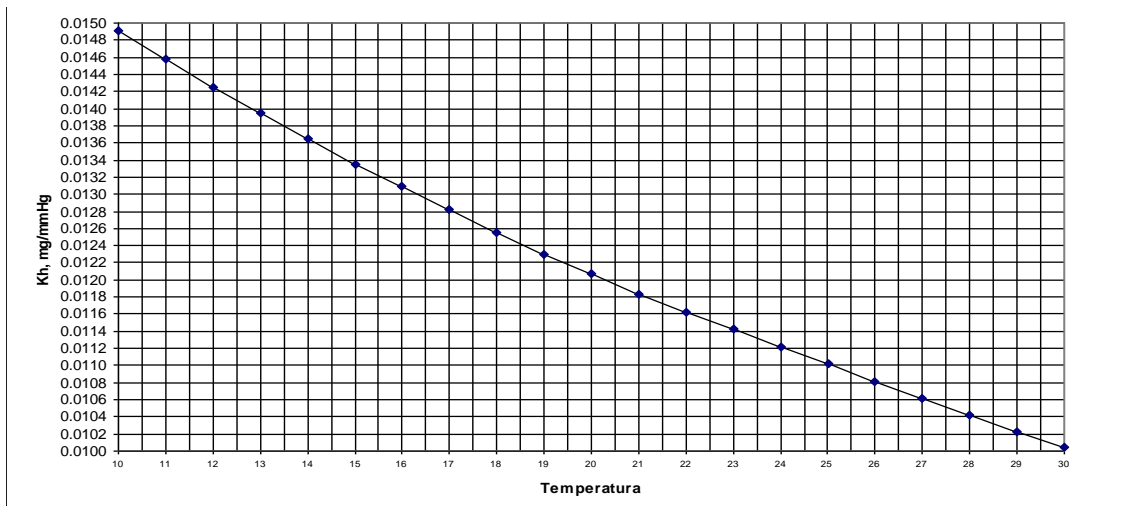


Figura 3.2.5.2 Variación de la constante de Henry con la temperatura

Las curvas de oxígeno de saturación mostradas en la Figura 3.2.5.3 se construyen a partir de la constante de *Henry* a diferentes temperaturas y alturas.

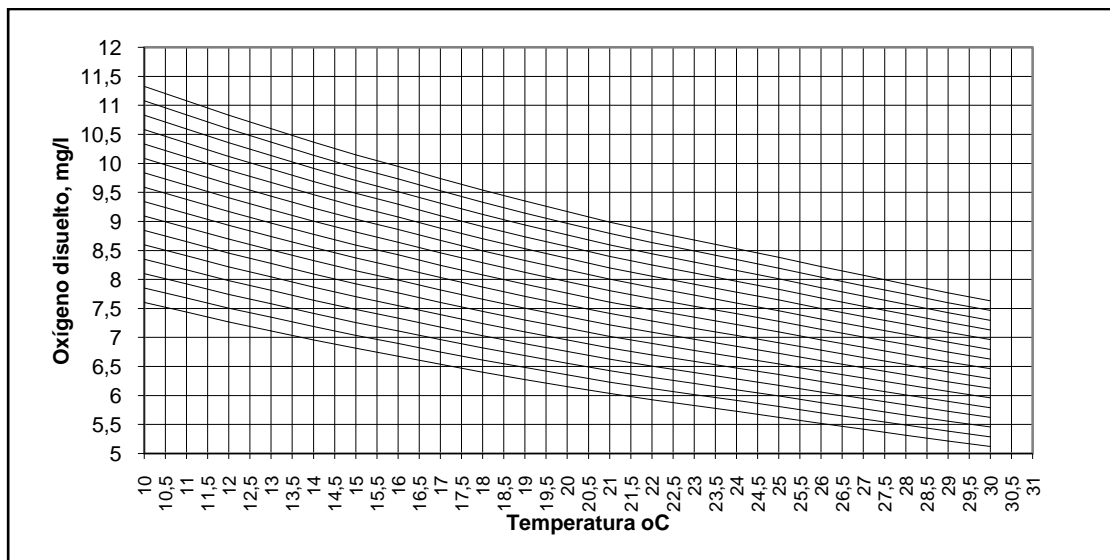


Figura 3.2.5.3 Variación del oxígeno de saturación con la temperatura y la altura sobre el nivel del mar

En la Tabla 3.2.5.4 se presentan los usos potenciales del agua de acuerdo al índice de calidad (WQI o ICA, por sus siglas en inglés).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.4 Usos potenciales de un cuerpo de agua de acuerdo al índice de calidad (WQI o ICA)

ICA	Criterio General	Abastecimiento público	Recreación	Pescar y vida Acuática	Industrial y Agrícola
100	No contaminado	No requiere purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	No requiere purificación
90		Ligera purificación			Ligera purificación para algunos procesos
80	Aceptable	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable no recomendable	Aceptable excepto especies muy XXXX Dudoso para especies	Sin tratamiento para industria normal
70	Poco contaminado				
60					
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
40		No aceptable	Sin contacto con el agua		
30	Señal de contaminación		No aceptable	Uso muy restringido	
20	Altamente contaminado				No aceptable
10					

Fuente

ICA	Criterio General	Abastecimiento Público	Recreación	Pesca y Vida Acuática	Industrial y Agrícola
100		No requiere			No requiere
90	No contaminado	Purificación	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	Purificación Ligera
80	Aceptable	Mayor			
70	Poco contaminado	Necesidad de	Aceptable no	Aceptable excepto especies muy	Sin tratamiento
60	Contaminado	Tratamiento	Recomendable	Dudoso para especies sensibles	para industria normal
50	Contaminado	Dudoso	Dudoso para contacto directo	Solo organismos muy resistentes	Tratamiento en la mayor parte de la industria
40			Sin contacto con el agua		
30		No	Señal de contaminación		Uso muy restringido
20	Altamente contaminado	Aceptable		No	
10			No Aceptable	Aceptable	No Aceptable

- Índice de calidad Objetivo (ICA Obj)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El Departamento de Investigación y Desarrollo de la Universidad de Chile, diseñó el denominado ICA Objetivo, basados en los parámetros Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Coliformes Fecales (CF).

Este índice se calcula de la siguiente forma:

$$ICA_{OBJ} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (ICA)_i$$

Donde:

n = número de parámetros

P_i = peso atribuido al parámetro i ,

$(ICA)_i$ = índice de calidad ambiental para el parámetro i , el cual se calcula de acuerdo con la establecido en la Tabla 3.2.5.5

Tabla 3.2.5.5 Índices de Calidad Ambiental para cada parámetro

(ICA) _i	OD mg/l	DBO ₅ mg/l	Coliformes Fecales NMP/100 ml
1	OD > 5	DBO ₅ < 2	10° < CF < 103
2	3 < OD < 5	2 < DBO ₅ < 60	103 < CF < 104
3	0 < OD < 3	60 < DBO ₅ < 100	104 < CF < 105
4	OD = 0	DBO ₅ > 100	CF > 105

Fuente: Sancha, A.; Espinoza, C. y Castillo, G.V. 1998. Proyecto OTAS I y II Etapa.

El peso asignado a cada uno de los parámetros considerados en el ICA_{OBJ}, que se presentan en la Tabla 3.2.5.6 se basó en:

- La concentración del parámetro en aguas limpias y contaminadas
- El impacto del contaminante en el ecosistema (vida acuática)
- El impacto del contaminante en el tratamiento posterior del agua
- El impacto del contaminante en el uso riego y recreación

Tabla 3.2.5.6 Ponderación de Parámetros del ICA Objetivo (ICA_{OBJ})

Parámetros	Peso Ponderado
Oxígeno Disuelto (OD)	0,33
Demanda de Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	0,33
Coliformes Fecales	0,33

Fuente: Sancha, A.; Espinoza, C. y Castillo, G.V. 1998. Proyecto OTAS I y II Etapa.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Finalmente, la valoración de cada parámetro y su agregado posterior permite obtener el Índice de Calidad Ambiental Objetivo, cuyo valor se clasifica de acuerdo con lo establecido en la Tabla 3.2.5.7.

Tabla 3.2.5.7 Rangos para el valor (ICAobjetivo)

Valor ICA	Calidad del Agua Superficial
0 < ICA < 1,5	Alta. Apta para uso potable con filtración directa en lecho granular y desinfección. Uso en riego sin restricción.
1.5 < ICA < 2,5	Media. Requieren procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Uso en riego restringido.
2.5 < ICA < 3,0	Baja. Su uso potable requiere tratamientos avanzados (membranas, carbón activado y ozono) adicionales a los convencionales. Inadecuada para riego de hortalizas de consumo crudo.
3.0 < ICA < 4,0	Muy Baja. No apta para ningún uso.

Fuente: Sancha, A.; Espinoza, C. y Castillo, G.V. 1998. Proyecto OTAS I y II Etapa.

- Índice de Langelier

El índice de Langelier indica la tendencia de las aguas, bien sean naturales o tratadas, a ser corrosivas o incrustantes, así mismo permite conocer el grado de saturación del agua en carbonatos de calcio. Este Índice solo se calculó para la caracterización de línea base del 2006, es decir para las aguas que serán embalsadas.

Para determinar este índice se deben analizar los siguientes parámetros fisicoquímicos:

- pH
- Dureza cálcica, mg/l de CaCO₃
- Alcalinidad total, mg/l de CaCO₃
- Sólidos disueltos mg/l

El índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_l = pH(A) - pH(s),$$

En donde:

- pH(A) = pH del agua
- pH(s) = A + B - log (Ca+2) - log (alcalinidad)

A y B se determinan a partir de las curvas presentadas en la Figura 3.2.5.4 y en la Figura 3.2.5.5.

De acuerdo con el valor del índice, se define la tendencia del agua en la siguiente forma: Si el Índice de Langelier es negativo, indica que el agua disuelve el Carbonato de calcio (CaCO₃) y por lo tanto es corrosiva. Si el Índice de Langelier es positivo, indica que el agua está saturada con carbonato de calcio y por lo tanto es probable que forme depósitos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

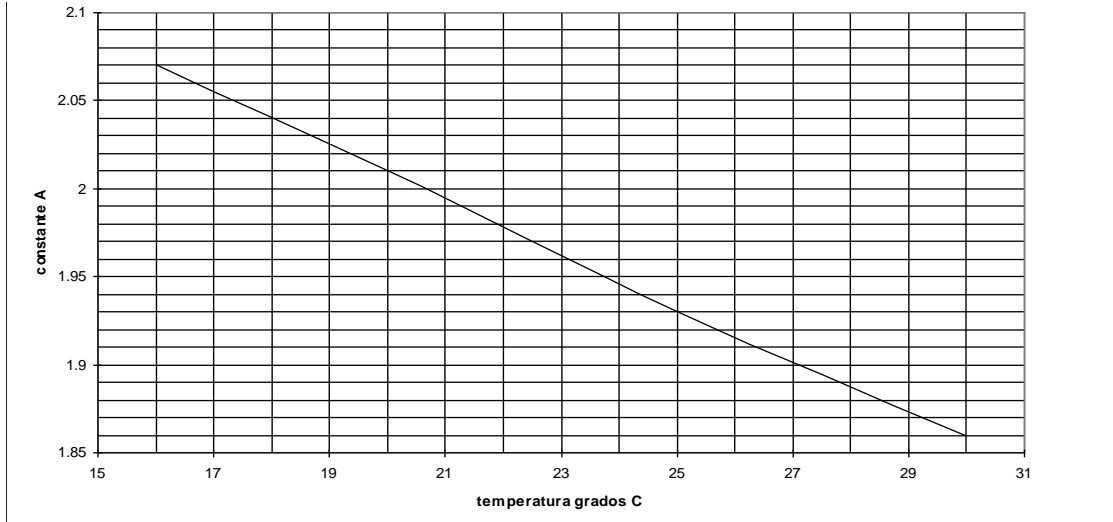


Figura 3.2.5.4 Constante A - Cálculo Índice de Langelier

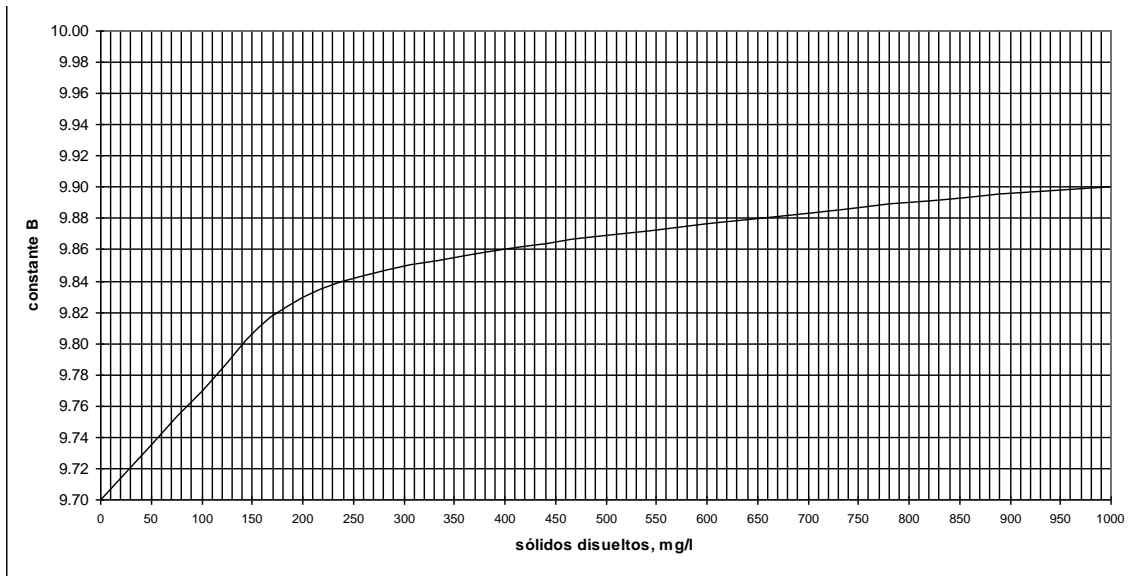


Figura 3.2.5.5 Constante B, Cálculo del Índice de Langelier

- Puntos y fechas de muestreo

A continuación se describe cada una de las campañas de muestreo para cada frente dentro del Proyecto Hidroeléctrico Ituango con sus respectivos puntos de muestreo en

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

coordenadas, la descripción detallada de los mismos y sus respectivas fechas de campo.

- Estudio de Impacto Ambiental con el que se otorgó Licencia Ambiental, Resolución 155 de enero 30 de 2009

Para la caracterización de la calidad del agua de la zona de influencia del Proyecto, se seleccionaron seis estaciones sobre el río Cauca y once estaciones en tributarios del río Cauca, incluyendo una pequeña quebrada afluente del río San Andrés, definida por su representatividad en términos de la influencia que se pueda presentar sobre ella durante la fase de construcción del Proyecto.

Se realizó una visita a cada uno de los sitios de muestreo durante los meses de julio y agosto de 2006. La descripción y la ubicación de las estaciones de muestreo se presentan en la Tabla 3.2.5.8 y

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.5.9.

Tabla 3.2.5.8 Ubicación de los puntos de muestreo de EIA

Punto de Muestreo	Cuerpo de agua	X	Y
1	Río Cauca PO	1.141.615	1.219.388
2	Quebrada La Barbuda	1.140.069	1.225.046
3	Quebrada Juan García	1.139.690	1.230.002
4	Río Cauca Lib.	1.137.272	1.229.159
5	Quebrada Rodas	1.139.013	1.239.525
6	Quebrada La Honda	1.133.411	1.242.154
7	Quebrada Clara	1.133.190	1.242.436
8	Río Cauca Sab	1.136.288	1.251.897
9	Quebrada Peque	1.140.084	1.267.209
10	Quebrada La Peña	1.143.812	1.271.138
11	Quebrada Santamaría	1.145.016	1.272.707
12	Quebrada. Tacui	1.153.897	1.273.518
13	Río San Andrés	1.155.480	1.272.145
14	Río Cauca PP	1.152.816	1.275.842
15	Río Ituango	1.144.629	1.290.421
16	Río Cauca sitio de presa	1.156.520	1.281.280
17	Río Cauca después de descarga	1.157.060	1.281.560

NOTA: PP: Puente Pescadero; SL: Sabanalarga; Lib: Liborina; PO: Puente de Occidente

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.9 Descripción de los sitios de muestreo del EIA

Estación de muestreo	Descripción
Río Cauca Puente Occidente (Río Cauca PO)	La cobertura de ambas márgenes es potrero bordeado con rastrojo bajo; en la margen derecha se observó una playa amplia de roca y arena; sustrato de roca y arena, aguas turbias y corriente fuerte.
Quebrada Barbuda	Márgenes cubiertas con rastrojo alto, agua clara y corriente suave; sustrato formado por roca, grava y arena; el lecho de la corriente está muy intervenido; en el sitio de muestreo se observó una construcción para el represamiento de la corriente con fines recreativos.
Quebrada Juan García	Ambas márgenes cubiertas por rastrojo alto; sustrato de roca, grava y arena; corriente fuerte y torrentosa; en el sitio de muestreo se observaron zonas con agua estancada. El lecho de la quebrada hace parte de la carretera.
Río Cauca - Liborina (Río Cauca Lib)	Playa rocosa y amplia, cubierta por rastrojo y potrero; talud izquierdo profundo, lecho formado por roca, grava y arena, agua turbia y corriente fuerte.
Quebrada Rodas	Playa rocosa bordeada por rastrojo alto; aguas claras de corriente moderada, playa amplia en la margen izquierda, corriente torrentosa, sustrato de roca, grava y arena.
Quebrada Honda	Ambas márgenes cubiertas con rastrojo alto; sustrato formado por roca, grava, cascajo y arena, carácter torrentoso, aguas claras y con corriente rápida.
Quebrada Clara	Ambas márgenes cubiertas con rastrojo alto; sustrato formado por roca, grava y arena, carácter torrentoso, aguas claras y corriente rápida.
Río Cauca – Sabanalarga (Río Cauca Sab)	Este muestreo se realizó aproximadamente 50 metros aguas abajo de la desembocadura de la Quebrada San Pedro (Niquia); ambas márgenes con playa rocosa bordeada por rastrojo alto, aguas turbias de corriente muy fuerte y sustrato formado por roca y arena.
Quebrada Peque	Ambas márgenes están cubiertas por rastrojo alto, lecho de pendiente muy fuerte y cañón profundo, aguas claras y corriente fuerte; el sustrato está formado por roca, grava y arena.
Quebrada Pená	Cañón con pendiente muy fuerte y profundo, cubierta en su parte alta por potreros y árboles aislados; corriente torrentosa, de aguas claras y sustrato formado por roca, grava y arena.
Quebrada Santamaría	Ambas márgenes cubiertas por rastrojo alto, sustrato formado por roca, grava y arena, de aguas claras y corriente fuerte.
Quebrada Tacui	La cobertura de la margen izquierda la conforman cultivos de yuca y maíz, la margen derecha por rastrojo bajo; la corriente es suave, el agua es clara, el sustrato está formado por roca, grava y arena. El ancho de la corriente en el sitio de muestreo es de aproximadamente 2 metros y la profundidad de 20 cm; es afluente del río San Andrés.
Río San Andrés	En la margen derecha se observa una playa rocosa y ancha, bordeada por rastrojo bajo; la margen izquierda está formada por un cañón de alta pendiente cubierta por rastrojo alto, el río es muy turbulento, el sustrato es formado por roca y arena. Este tramo es utilizado para la recreación.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación de muestreo	Descripción
Río Cauca, Puente Pescadero (Río Cauca PP)	Las riberas en ambas márgenes están formadas por rastrojo alto, playa rocosa; sustrato formado por roca y arena oscura; agua turbia, corriente fuerte, este sitio es visitado con fines recreativos y para pesca, además es explotado para la minería.
Río Ituango	Cobertura vegetal de rastrojo bajo y potrero en la margen derecha y rastrojo alto en la margen izquierda; la corriente es fuerte y el río turbulento, el sustrato está formado por arena, roca y grava.
Río Cauca, sitio de presa (Río Cauca SP)	Las márgenes están cubiertas por rastrojo alto, el sustrato formado por roca y arena; agua turbia, corriente fuerte.
Río Cauca, después de la descarga (Río Cauca DD)	Márgenes con rastrojo alto, sustrato formado por roca y grava, aguas turbias y corriente fuerte.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Otros estudios objeto de modificación de licencia

Con el fin de dar cumplimiento a los requerimientos de la licencia ambiental Resolución 155 de 2009 otorgada por el MAVDT y de acuerdo con los diseños de fase de factibilidad de 2009 y finales para construcción, se han venido presentando algunas variaciones objeto de modificación de licencia ambiental. Dichas obras se presentan a continuación:

◆ Vía sustitutiva El Valle - Ituango

Dando cumplimiento a las disposiciones de la resolución 155 de 2009 del MAVDT, licencia ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Ituango en cuanto al monitoreo de fuentes de agua que podrían verse afectadas por la construcción de vías se realizó la caracterización de la calidad del agua de la zona de influencia del Proyecto vía sustitutiva El Valle – Ituango previa a la construcción de la misma.

Para la caracterización se realizó un muestreo en nueve cuerpos de agua por los cuales se proyecta ocupación de cauce por parte de dicha vía, entre el 12 y el 15 de enero de 2010 y contempló parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos. La ubicación de las estaciones de muestreo se presenta en la Tabla 3.2.5.10.

Por su parte, en la

Tabla 3.2.5.11 se presenta la descripción de cada estación o punto de muestreo. Adicionalmente en el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D C0003 se muestran las fotografías de las estaciones de muestreo de aguas Vía San Andres-El Valle.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.10 Ubicación de los puntos de muestreo de la vía sustitutiva El Valle - Ituango

Punto de Muestreo	Cuerpo de agua	X_MS	Y_MS	Altura (msnm)
1	Quebrada Los Linderos	1.154.337,47	1.277.165,74	665
2	Quebrada Bolivia	1.154.431,85	1.277.913,26	675
3	Quebrada Burundá	1.155.109,77	1.279.153,35	432
4	Quebrada Tenche M.I. (Villa Luz, La Seca o Sucre)	1.155.406,68	1.279.905,14	560
5	Quebrada Ticuitá M.D.	1.157.645,11	1.280.614,77	502
6	Quebrada Tenche	1.156.235,41	1.279.728,76	283
7	Quebrada Orejón	1.156.443,4	1.277.758,08	562
8	Quebrada Chirí	1.156.347,72	1.276.019,03	520
9	Quebrada Careperro	1.155.404,05	1.273.011,37	575

Fuente: Consorcio Generación Ituango (coordenadas Magna Sirgas origen Buenaventura).

Tabla 3.2.5.11 Descripción de los sitios de muestreo de la vía sustitutiva El Valle - Ituango

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Los Linderos	Se ubica en un cauce intermitente que cruza una vía existente. Dado el intenso verano, el lecho se encontró completamente seco y no fue posible tomar muestras de agua. Se muestra con cauce estrecho pero con una pendiente pronunciada y buena cobertura vegetal. El lecho de grandes cantos de roca sugiere además el predominio de corriente en chorros, correderas y pequeñas pozas marginales.
Quebrada Bolivia (Orejón M.I.)	Se ubica en un cruce de vía y corresponde a la parte alta de la quebrada Orejón (M.I.). Presenta un descenso agreste y un lecho de grandes cantos de roca rodados. El flujo de agua es permanente, aún en el estiaje y está favorecido por una abundante cobertura vegetal. La estructura presenta pequeñas cascadas escalonadas que terminan en pozas relativamente grandes, especialmente en el límite de la carretera. El agua es clara, pero se presenta gran acumulación de detritos (especialmente hojarasca) en las pozas.
Quebrada Burundá	De cauce bastante amplio, pero presenta un gran porcentaje de lecho seco, ya que el caudal se ha reducido como consecuencia de la sequía predominante. Sin embargo se evidencian crecientes anteriores que suponen grandes caudales. El lecho tiene una pendiente moderada y no cuenta con cobertura vegetal significativa, es predominantemente rocoso y está compuesto de guijarros pequeños que favorecen una corriente en forma de rizos y correderas. El agua es bastante clara y con poca acumulación de detritos.
Quebrada Tenche M.I. (Villa Luz, La Seca o Sucre)	Corriente de agua muy pequeña que desciende entre rocas por una gran pendiente en medio de un bosque seco poco denso. La estación de muestreo se ubica en una cascada que cae sobre una poza sobre el camino de herradura. El agua es muy clara en el estiaje aunque con acumulación de detritos en las pozas.
Quebrada Ticuitá	Presenta corriente muy pequeña con tendencia a desaparecer en condiciones de intensa sequía. La estructura de la microcuenca es semejante a otras cuencas de la región, con su alta pendiente, sustrato de grandes rocas y acumulación de hojarasca proveniente de la abundante cobertura vegetal. Las formas predominantes en la corriente son los chorros, pequeñas cascadas y pozas.
Quebrada Tenche M.D.	Presenta un cauce de amplitud considerable aunque durante el muestreo el flujo de agua fue muy pequeño y se seca unos metros antes de la confluencia con el río Cauca. El cauce posee una buena cobertura vegetal y su lecho presenta tanto grandes rocas como cascajo mediano y abundante hojarasca. El agua es bastante clara y la corriente dominante son los chorros, correderas y pozas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Orejón M.D	Pese al estiaje, el cauce de la quebrada Orejón lleva un volumen de agua considerable respecto a otras quebradas de la zona y presenta una mayor torrencialidad. La corriente predominante son los chorros, correderas y pozas y su lecho presenta grandes rocas en el centro del cauce y acumulación de material vegetal, evidencia de crecientes o deslaves en días anteriores. La cobertura vegetal no es completa y por ende es menor el aporte de hojarasca. La transparencia del agua es bastante alta.
Quebrada Chirí	Con una estructura de lecho y corriente semejante a la mayoría de microcuencas de la zona, se destaca por la poca amplitud de su cauce y por la afluencia de una quebrada proveniente de cultivos en lo alto de la cuenca.
Quebrada Careperro	Por la amplitud de su lecho, se evidencia que es una quebrada de gran caudal en la temporada lluviosa, sin embargo durante este muestreo la corriente de agua ocupó menos del 5% del cauce. Lo cual estaría favorecido por una intensa sequía asociado a la mínima cobertura vegetal. La gran acumulación rocosa evidencia una creciente importante, que los pobladores asocian a la desaparición de la sabaleta. Especie que reportan como abundante en la quebrada hasta noviembre de 2009. Esta quebrada es la única del muestreo que es tributario del río San Andrés.

Fuente: Consorcio Generación Ituango (coordenadas Magna Sirgas origen Buenaventura).

◆ **Rectificación San Andrés de Cuerquia - el Valle**

Para la caracterización de la calidad del agua de la zona de rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle (municipio de Toledo), se seleccionaron once estaciones sobre los afluentes más importantes cruzados actualmente por la vía que será objeto de la rectificación, y que pueden recibir alguna afectación durante la fase de construcción del Proyecto.

Se realizó una visita a cada uno de los sitios de muestreo durante el mes de mayo de 2009. Todas las estaciones de muestreo se localizan sobre el cruce de la vía con cada una de las corrientes y su ubicación así como algunos datos descriptivos se presenta en la Tabla 3.2.5.12 y en la Tabla 3.2.5.13.

Tabla 3.2.5.12 Ubicación de los puntos de muestreo de la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle

Punto de muestreo	Cuerpo de agua	X_MS	Y_MS
1	Quebrada Piedecuesta	1.154.908,2	1.256.032
2	Quebrada El Diablo	1.155.258,2	1.256.533
3	Quebrada Cacagual	1.157.631,3	1.267.292
4	Quebrada Taque	1.156.459,6	1.268.682
5	Quebrada Matanzas	1.155.348,0	1.269.571
6	Quebrada El Roble	1.155.386,6	1.257.691
7	Río San Andrés	1.155.556,3	1.260.138
8	Quebrada El Hoyo	1.157.472,9	1.262.547
9	Quebrada	1.154.631,6	1.271.796
10	Quebrada Los Naranjos	1.158.162,8	1.264.778
11	Quebrada Churrumbo	1.157.899,5	1.264.136

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.13 Descripción de los sitios de muestreo de la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Piedecuesta	Presenta una pendiente moderada y el lecho es amplio compuesto de grandes rocas, cantos rodados y guijarros. Al momento del muestreo el agua tuvo un color café y olor moderado a descomposición, así como gran cantidad de sólidos disueltos. Predominan las charcas, saltos y rápidos. Las márgenes y laderas están intervenidas y tienen con poca vegetación (pasto y rastrojo, principalmente). La matriz del lecho es de estructura débil, fácilmente removible. Hacia la parte superior se observan casas en las márgenes.
Quebrada El Diablo	Esta zona es de difícil acceso debido a su elevada pendiente, presenta cascadas y pozas. El cauce es estrecho, con una longitud del área húmeda no superior a 1m, con una geomorfología típica de sistemas de alta montaña. El agua era de color café con olor fuerte a sedimento. Presenta una buena cobertura de dosel, aproximadamente de 70%. El lecho se compone principalmente de rocas de gran tamaño y arena. La zona de la ribera es de pendientes elevadas tipo convexo, escarpadas y sin vegetación.
Quebrada Cacagual	Presenta una pendiente elevada con una estructura geomorfológica del cauce típica de zonas alto andinas. Predominan las caídas y saltos, de manera poco frecuente se forman pozas someras. El ancho del cauce húmedo es de aproximadamente dos metros. El agua no presentó olor ni color extraños. La cobertura del dosel es de aproximadamente el 40% compuesta por árboles de gran tamaño y matorrales. La matriz del lecho se compone principalmente de canto rodado y arena.
Quebrada Taque	El ancho del cauce es de aproximadamente 10 m, pero no está sumergido en su totalidad. El agua se presentó demasiado turbia con gran cantidad de sedimentos, y los materiales del lecho podían removerse fácilmente, posible indicativo de borrascas en días anteriores, situación que fue corroborada por habitantes de la zona. Las márgenes están cubiertas por vegetación tipo rastrojo, principalmente, y árboles de altura menor a 10 m. Hacia la margen izquierda se observaron procesos erosivos y deslizamientos de tierra.
Quebrada Matanzas	Presenta un fuerte pendiente, ancho del cauce de aproximadamente 3 metros. Cobertura vegetal cercana al 30%, aguas claras. Sustrato compuesto principalmente de cantos rodados y arena, se observaron además algunas rocas de gran tamaño. Durante el muestreo se presentaron lluvias constantes.
Quebrada El Roble	Ancho del cauce aproximado de 10 m, márgenes descubiertas sin ningún tipo de vegetación, con pendientes elevadas y convexas. El cauce corresponde solo a un 60% del ancho total. El lecho compuesto de una matriz de roca fina, arenas y canto rodado, fácilmente removible. Se observaron zonas de pozas aisladas por rocas de gran tamaño. El agua turbia con gran cantidad de sólidos disueltos y olor fuerte a descomposición. En las zonas aledañas se observó la presencia de viviendas y vertimiento de aguas residuales.
Río San	El cauce presenta una longitud aproximada de 10 m, el lecho se compone de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación de muestreo	Descripción
Andrés	rocas de gran tamaño, también se observó canto rodado y arena. Hacia la margen izquierda se forman una serie de pozas y la vegetación se compone de pastos y guayabos; la margen derecha presenta una pendiente elevada en ángulo convexo y el rastrojo bajo es la vegetación predominante. La corriente es fuerte, observándose principalmente rápidos y caballitos. El agua presentó un color café con olor fuerte a sedimento en descomposición.
Quebrada El Hoyo	Presenta una estructura geomorfológica característica de los sistemas loticos de primer orden andino, con pendiente moderada y sustrato compuesto principalmente de rocas pequeñas, cascajo y canto rodado. Se observaron pozas, cascadas y rápidos. La cobertura de dosel es de aproximadamente el 80%, conformada por rastrojo alto y árboles con altura superior a 10 m. Es una zona poco intervenida y bien conservada.
Quebrada Uriaga	Este sitio se caracteriza por presentar un cauce con un ancho promedio de 4 metros, somero, cuyo sustrato está compuesto principalmente por rocas y canto rodado que puede ser fácilmente movido. Se observaron zonas de pozas y rápidos. La cobertura vegetal es de aproximadamente el 40% componiéndose de arbusto, pastos y árboles con altura no superiores a 10 m. No se observaron colores ni olores extraños en el agua ni en el sedimento.
Quebrada Los Naranjos	Esta zona presenta una pendiente alta, aguas someras y claras con gran cantidad de rápidos y caballitos. La cobertura del dosel es de aproximadamente el 40% conformada por arbustos y árboles de altura superior a 10m. Los márgenes del cauce se encuentran cubiertas de vegetación riveraña. El ancho del cauce húmedo es de aproximadamente 1m y su lecho está compuesto principalmente por cantos rodados y guijarros, además se observó arena y material particulado fino.
Quebrada Churumbo	Pendiente elevada, sustrato rocoso, muy buena cobertura vegetal tanto en las riberas como del dosel, se observaron árboles de altura superior a 10 m. Agua clara sustrato rocoso, con arena y material vegetal asociado (hojarasca). Es un sitio apto para la colonización de comunidades acuáticas debido a la estabilidad de la matriz del lecho y a la disponibilidad de material alóctono, procedente de la vegetación de las orillas.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

◆ Apertura vía Puerto Valdivia – Sitio de presa

El levantamiento de la línea base en cuanto a calidad del agua en la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa se realizó en 2 momentos según el avance de los diseños, debido a que esta zona es de muy difícil acceso. Las épocas de muestreo fueron: la primera entre octubre de 2009 y febrero de 2010; y la otra en mayo de 2011.

En la primera, el muestreo fue realizado por Integral y las muestras fueron analizadas en laboratorios acreditados (UPB y Corantioquia). Mientras el segundo fue llevado a cabo por MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, el cual también analizó los

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

parámetros en el laboratorio con el fin de asegurar la cadena de custodia (decreto 2820 de 2010).

- El primer muestreo se ejecutó en dos salidas de campo: la primera correspondiente a la zona de Puerto Valdivia hasta la quebrada la Guamera (del 28 al 29 de octubre de 2009), la segunda desde la quebrada La Rica hasta el río Sinitavé (del 2 al 4 de febrero de 2010). Las quebradas muestreadas se seleccionaron por las facilidades de acceso, pues en general la zona presenta limitaciones al respecto lo que dificultó el campo de acción y por tanto el número de fuentes caracterizadas.
- El segundo muestreo se realizó en las quebradas El Polvillo, El Guaico y Guriman entre el 20 y el 22 de mayo de 2011 (puntos de muestreo 12, 13 y 14 de la Tabla 3.2.5.14).

Las fuentes de agua restantes no se pudieron analizar debido a la dificultad en los accesos a estas zonas, por lo tanto, esta caracterización se realizará a medida que se avance en la etapa de construcción de la vía, pero antes que la misma intervenga el tramo en el que se encuentra la fuente. Las posibles fuentes a caracterizar en la etapa de construcción son entre otras son las quebradas: Tamara, Organi, El Aro, La Honda, Rodríguez, y El Pescado.

La información sobre las fuentes muestreadas para las cuales se proyecta ocupación de cauce por parte de la vía Puerto Valdivia-sitio de presa (cuyo muestreo se realizó entre octubre de 2009 y febrero de 2010), se muestra en la Tabla 3.2.5.14. Así mismo la descripción de las fuentes muestreadas se relaciona en la Tabla 3.2.5.15 y se pueden observar los respectivos registros fotográficos en el anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D-C0003.

Tabla 3.2.5.14 Ubicación de los puntos de muestreo apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Punto de muestreo	Cuerpo de agua	Coordenadas	
		X_MS	Y_MS
1	Quebrada la Guamera	1.180.408	1.293.900
2	Quebrada Achira	1.182.956	1.294.297
3	Quebrada Arenales	1.183.479	1.295.695
4	Quebrada Deirsi (La Planta)	1.184.113	1.296.411
5	Quebrada Vagamenton	1.184.742	1.297.054
6	Quebrada Remolino	1.185.133	1.297.652
7	Quebrada Las Tapias (El Matadero)	1.185.350	1.297.978
8	Quebrada Arrocerá	1.185.649	1.298.195
9	Quebrada La Rica	1.167.452	1.288.594
10	Río Sinitave	1.166.617	1.288.235
11	Quebrada Ticuitá	1.157.637	1.280.622
12	Quebrada El Polvillo	1.167.442	1.284.715
13	Quebrada El Guaico	1.161.547	1.285.962
14	Quebrada Guariman	1.163.320	1.283.383

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Las fuentes de agua muestreadas son representativas en cuanto a cobertura espacial y temporal. Espacial, ya que se destacan por presentar longitudes superiores a los 1.400 metros y áreas de cuenca por encima de los 4 km²; para el caso de las que se encuentran por debajo de dichos valores, se consideraron dada la importancia de éstas para los habitantes de la zona. Temporal, debido a que son fuentes de agua que presentan un caudal permanente inclusive en épocas de verano, esto se puede evidenciar con los muestreos realizados para la caracterización los cuales se hicieron en dicha época.

El muestreo se realizó para establecer las características de las fuentes de agua, previas a la ocupación de su cauce o alguna intervención con el fin de poder llevar un adecuado seguimiento a su calidad y poder verificar posibles alteraciones debidas a la construcción de la vía, captaciones o vertimientos por esta razón es fundamental tener una caracterización fisicoquímica e hidrobiológica inicial, así como llevar a cabo una monitoreo sistemático que permita atribuir a la vía o a razones externas cualquier modificación futura.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.15. Descripción de los sitios de muestreo apertura de la vía Puerto Valdivia- sitio de presa

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Arrocerá	<p>La muestra se tomó a 350 m de la desembocadura al río Cauca, debido a que este fenómeno se da a través de una cascada un poco pronunciada que impide tomar las muestras en un lugar más cercano. El ancho de la fuente oscila entre 3 y 4 m, con una alta pendiente. Posee un representativo lecho rocoso, con rocas grandes hasta medianas, las primeras fijas sobre todo en las orillas, mostrando que llevan muchos años haciendo parte del cauce. Su cobertura es aguas arriba sobre la margen izquierda Rastrojo Alto y Bosque de Galería, y en su margen derecha Rastrojo Bajo, con árboles puntualizados y zonas de pastoreo. Por su alto contenido de vegetación es una microcuenca húmeda. No se advierte la presencia de viviendas cercanas que puedan alterar considerablemente su calidad. Por tener como característica principal la pendiente y por consiguiente las prolongadas caídas de agua, se concluye que la fuente posee muy buena oxigenación.</p>
Quebrada Tapias (el Matadero)	<p>La muestra se tomó a una distancia aproximada de 60 m de la desembocadura al río Cauca y posee un ancho de cauce entre 2 y 4 m. La fuente tiene poca profundidad y presenta un material rocoso de tamaño mediano.</p> <p>Aguas arriba de la desembocadura por su margen izquierda, se observan viviendas que vierten sus aguas residuales a la fuente, sobre esta misma margen, se evidencia cobertura de Rastrojo bajo y pequeñas parcelas de pasto de corte, mientras la margen derecha se encuentra cubierta por Rastrojo Alto.</p> <p>La comunidad la conoce como quebrada El Matadero. Aunque tiene presencia de asentamiento humano al igual que la quebrada Remolino, su calidad no se ve tan deteriorada.</p>
Quebrada Remolino	<p>La muestra se tomó a unos 20 m de su desembocadura, tiene una profundidad muy baja, poco caudal, un ancho de cauce de 2 m y pendiente media. Posee lecho rocoso de tamaño mediano y está cubierta en ambos márgenes por Rastrojo Bajo.</p> <p>La característica más representativa es la presencia de asentamientos humanos en sus márgenes, los cuales descargan las aguas residuales y los residuos sólidos a la quebrada, generando malas condiciones de salubridad y contaminando la fuente</p> <p>Al igual que las quebradas Achira y La Planta, presenta una aglomeración rocosa en su desembocadura.</p>
Quebrada Vagamentón	<p>La muestra se tomó a 30 m de la desembocadura, cubierta en ambos márgenes por un Rastrojo Alto. Es una microcuenca con pendiente media, que tiene como característica principal las continuas caídas de agua. Tiene una equitativa presencia de material de arrastre y rocas de gran tamaño que forman las caídas.</p> <p>Hay un aprovechamiento minero y de forma artesanal, directamente en la fuente a escasos metros antes de la desembocadura. No hay cultivo cerca a la zona. Posee un ancho de cauce entre 2 y 3 m y un caudal no muy grande.</p>

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Deirsi (la Planta)	<p>La muestra se tomó más o menos a 80 m de la desembocadura y a unos 4 m antes del puente que cruza ésta quebrada. Tiene un ancho de cauce entre 6 y 7 m y una cobertura en ambas márgenes de Rastrojo Alto. En las zonas de remanso se depositan el material de arrastre y se observan depósitos de rocas de tamaño mediano. Igual que la quebrada Achira, esta fuente presenta una gran acumulación de rocas de tamaño mediano en el lugar de desembocadura en el río Cauca.</p> <p>Como característica principal de la microcuenca, se puede decir que tiene un cauce con poca profundidad. Es de resaltar además, que la comunidad de Puerto Valdivia conoce esta quebrada con el nombre de “La Planta”.</p>
Quebrada Arenales	<p>La muestra se tomó a unos 40 m de la desembocadura, posee un ancho de cauce entre 3 y 4 m. Es una microcuenca con una pendiente media y lecho rocoso muy marcado, el cual tiene presencia de rocas de mediano y gran tamaño que van formando las caídas de agua.</p> <p>En su margen izquierda aguas arriba, se visualiza una vivienda, de la que se asume toma el agua de la quebrada para su abastecimiento. Ambas márgenes están cubiertas por Rastrojo Bajo con algunos árboles puntualizados y sin un follaje representativo. Su característica principal son las caídas de agua producto de la pendiente, lo que hace concluir que es una fuente con muy buena oxigenación.</p>
Quebrada Achira	<p>La muestra se tomó a unos 60 m de la desembocadura, con un ancho de cauce entre 4 y 5 m. En éste sitio presenta una cobertura vegetal en ambas márgenes de Rastrojo Bajo, con algunos árboles puntualizados, mientras que en la parte superior se observa Rastrojo Alto. Presenta una aglomeración de rocas y piedras en la desembocadura al río Cauca.</p> <p>Aguas arriba, a unos 30 m se ubica un pequeño puente peatonal y cerca al punto de muestra se encuentra una pequeña caída de agua que oxigena la fuente, con un trayecto más o menos pronunciado, el cual se caracteriza por estar formado por rocas de un tamaño mediano. La fuente en su recorrido, tiene presencia de material rocoso o material de arrastre.</p>
Quebrada la Guamera	<p>La muestra se tomó en una distancia aproximada de 80 m de la desembocadura. Es una quebrada con un caudal representativo, quizá el más importante en el recorrido de Puerto Valdivia a la Guamera. La fuente está cubierta a ambos lados del cauce por Rastrojo Alto, no se observan asentamientos cercanos al lugar de la toma de muestra, ni aprovechamientos de la fuente por parte de las comunidades. Una característica importante es que tiene una serie de caídas de agua que permiten la oxigenación de la fuente.</p> <p>Su cauce tiene entre 5 y 7 m de ancho, con depósitos de material rocoso en las zonas de remanso y hojarasca posiblemente de la vegetación aledaña, pero en mayor medida de crecientes presentadas en los días lluviosos.</p>
Quebrada La Rica	<p>Se ubica en un cauce encañonado y estrecho, tipo cañada. Presenta un descenso agreste y un lecho de grandes cantos de roca rodados. Se muestra el cauce con buena cobertura vegetal. El lecho de grandes cantos de roca sugiere además el predominio de corriente en chorros, correderas y pequeñas pozas marginales. El agua es muy clara.</p>
Río Sinitavé	<p>Se ubica en un cauce muy amplio, sobre el cual se está construyendo un puente colgante para el paso peatonal veredal. Presenta un descenso suave, y un lecho de grandes cantos de roca rodados. El flujo de agua es permanente, aún en el estiaje y está favorecido por una abundante cobertura vegetal (bosque ripario denso). La estructura presenta un gran caudal propio de un río. El agua es clara, presentando incluso charcos propicios para bañistas (presentes en el momento del muestreo).</p>

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Ticuitá	Presenta corriente muy pequeña con tendencia a desaparecer en condiciones de intensa sequía. La estructura de la microcuenca es semejante a otras cuencas de la región, con su alta pendiente, sustrato de grandes rocas y acumulación de hojarasca proveniente de la abundante cobertura vegetal. Las formas predominantes en la corriente son los chorros, pequeñas cascadas y pozas.
Quebrada El Polvillo	Cuerpo de agua de flujo constante, con lecho conformado por sustrato rocoso principalmente. Geomorfologicamente este cuerpo de agua presenta rocas de tamaño considerable que conforman algunas caídas de agua menores. La vegetación adyacente está conformada por los estratos herbáceo y arbustivo. Las aguas son transparentes con turbiedad mínima. El punto de monitoreo de este cuerpo de agua se ubica aproximadamente 20 m aguas arriba de la intersección del mismo con la vía vehicular.
Quebrada El Guaico	Quebrada conformada por aguas ligeramente turbias de coloración gris-verdosa. La corriente del cuerpo de agua es considerable y el sustrato es principalmente rocoso, aunque en algunas zonas de menor movimiento del agua se presentan arenas gruesas. Las riberas del cauce están conformadas por piedras y vegetación herbácea principalmente, aunque también se observa el estrato arbustivo y algunos árboles de porte medio que en algunos sectores del cuerpo de agua proveen sombra al mismo. El punto de muestreo tenido en cuenta dentro de este cuerpo de agua se ubica aguas arriba de la desembocadura de la quebrada sobre el río Cauca.
Quebrada Guariman	Este cuerpo de agua está conformado por vegetación arbustiva adyacente a las riberas del mismo. El sustrato es pedregoso con presencia de rocas de tamaño considerable que conforman caídas de agua mayores a las que se evidencian en los cuerpos de agua antes discutidos, permitiendo el intercambio gaseoso con el agua. En las piedras se observa precipitación de material lodoso y las aguas en general son transparentes con una tonalidad café-rojiza dada por el sustrato. El punto de monitoreo de esta quebrada se ubica a pocos metros aguas arriba de la vía vehicular.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

◆ Reajuste y actualización zona de la cola del embalse

Para la caracterización se realizó un muestreo en cinco cuerpos de agua que son los principales afluentes del embalse en la nueva área de la cola del embalse por corrección topográfica. La campaña de muestreo se realizó entre el 27 y el 29 de enero de 2010 y contempló parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos. Las coordenadas de las estaciones de muestreo se presentan en la Tabla 3.2.5.16. Por su parte en la Tabla 3.2.5.17, se presenta la descripción de cada estación o punto de muestreo. Adicionalmente en el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D-C0003 se aprecian los respectivos registros fotográficos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.16 Ubicación de los puntos de muestreo de la corrección por corrección cartográfica

Punto de Muestreo	Cuerpo de agua	X_MS	Y_MS	Altura (msnm)
1	Quebrada Juan García	1.138.167	1.227.503	452
2	Quebrada Ordoñez	1.136.733	1.230.987	497
3	Quebrada Sucia	1.135.159	1.234.199	430
4	Quebrada Rodas	1.134.894	1.234.999	450
5	Quebrada Tesorero	1.134.408	1.235.563	442

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.5.17 Descripción de los sitios de muestreo de la corrección por cola del embalse

Estación de muestreo	Descripción
Quebrada Juan García	Lecho muy amplio y rocoso con señales de crecientes pasadas de gran magnitud. Se muestreó en el punto aguas arriba del cruce con la vía carretable. Ambas márgenes de la quebrada presentan bosque ripario denso de bosque seco. Con un talud alto en la margen izquierda del cauce. Corriente media y de aspecto sucio y oscuro. Sirve como abastecimiento del acueducto del municipio de Liborina aguas arriba y adicionalmente recibe sus aguas servidas.
Quebrada Ordoñez	Cauce con un lecho rocoso muy grande y amplio, con un hilo de agua que se pierde a lo largo del punto de muestreo y resurge adelante en varios puntos. Al parecer era en el pasado en cuerpo de agua más importante en la zona, por el lecho seco tan extenso, sin embargo el aprovechamiento aguas arriba de ese recurso y el intenso verano probablemente contribuyeron a prácticamente secar el lecho.
Quebrada Sucia	Playa rocosa y amplia, plana con señales de crecientes fuertes. La atraviesa un camino carretable. Presenta en margen izquierda un risco con peña descubierta y en la margen derecha un bosque seco. La corriente presenta aguas claras.
Quebrada Rodas	Quebrada de lecho rocoso, márgenes descubiertas, de lecho seco amplio. Tiene indicios de crecientes por arrastre de rocas y hojarasca. Con cobertura de bosque ripario en ambas márgenes. Es atravesada por una vía carretable. La corriente presenta aguas claras.
Quebrada Tesorero	Lecho rocoso, de cantos rodados grandes con sustrato de limo y arcilla. Aguas arriba del punto de muestreo hay una desviación artificial de un porcentaje del caudal, al parecer para suministro de agua. Presenta pendiente baja. En la margen derecha presenta un talud desnudo muy alto y en margen derecha presenta un rastrojo bajo poco denso. Adicionalmente presenta señales de crecientes pasadas.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Marco Normativo

Todos los parámetros medidos para determinar la calidad del agua en los cauces principales del área de la rectificación cartográfica, responde a los requerimientos de los términos de referencia para proyectos hidroeléctricos. Igualmente, es necesario cumplir con los requerimientos legales vigentes en lo respectivo a los usos de las fuentes intervenidas. Por lo tanto, se relaciona la legislación Colombiana, aplicable a la calidad del agua: Decreto 1594 de 1984, por lo cual se reglamentan los usos del agua y los residuos líquidos, en su capítulo IV “de los criterios de calidad para destinación

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

del recurso” (ver Tabla 3.2.5.18); también el Decreto 2115 de 2007, por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable y finalmente el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000), en su Sección II, Título B “Sistemas de Acueducto.”

Tabla 3.2.5.18 Criterios de calidad admisible según su uso, determinados por el Decreto 1594/84

Referencia	Expresado como	Consumo humano - tratamiento convencional	Consumo humano - desinfección	Uso agrícola	Uso pecuario	Uso recreativo contacto primario	Uso recreativo contacto secundario	Preservación de flora y fauna
Amoniaco (ppm)	N	1	1					0,1
Nitratos (ppm)	N	10	10		100			
Nitritos (ppm)	N	1	1		10			
Fenoles (ppm)	Fenoles	0,002	0,002			0,002		1,0
pH (unidades)	Unidades	5,0-9,0	6,5 – 8,5	4,5–9,0		5,0-9,0	5,0-9,0	6,5-9,0 (agua fría) 4,5-9,0 (agua cálida)
Sulfatos (ppm)	SO42-	400	400					
Coliformes totales (micro/100 ml)	NMP	20.000	1.000	5.000		1.000	5000	
Coliformes fecales (micro/100 ml)	NMP	2.000		1.000		200		
SAAM (ppm)		0,5	0,5			0,5	0,5	0,143
Cloruros (ppm)	Cl2-	250	250					
Turbiedad (UJT)			10					
Color (UPC)		75	20					
Oxígeno disuelto						70 % Saturación	70 % Saturación	5 ppm (agua fría) 4 ppm (agua cálida)
Hierro (ppm)	Fe			5,0				0,1
Mercurio (ppm)	Hg	0,002	0,002		0,01			0,01
Grasas y aceites (ppm)		ausentes	ausentes			ausentes	ausentes	0,01

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Capítulo IV: “De los criterios de calidad para destinación del recurso”. Ministerio de Agricultura.

Para los usos referentes a transporte, dilución y asimilación no se establecen criterios de calidad, aunque si se establecen controles para los vertimientos. Para el uso industrial sólo se definen límites para las actividades relacionadas con explotación de cauces, playas y lechos. En la Tabla 3.2.5.19, se presenta la clasificación de los niveles de calidad de las fuentes de abastecimiento establecidos por el RAS para la potabilización de aguas superficiales, en función de variables mínimas de análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.19 Niveles de calidad de agua establecidos para la potabilización de fuentes superficiales (Tomada del RAS 2000, numeral B.3.3.2.1).

Parámetros	Análisis según		Nivel de calidad de acuerdo al grado de polución			
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
DBO ₅	3630					
Promedio mensual mg/l			≤ 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 4	>4
Máximo diario mg/l			1 – 3	3 - 4	4 – 6	>6
Coliformes totales (NMP/100 ml)						
Promedio mensual		D-3870	0 – 50	50 – 500	500 – 5.000	>5.000
Oxígeno disuelto mg/l	4705	D-888	≥4	≥4	≥4	<4
pH promedio	3651	D 1293	6,0 – 8,5	5,0 – 9,0	3,8 – 10,5	
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	<2	2 – 40	40 – 150	≥ 150
Color verdadero (UPC)			<10	10 –20	20 – 40	≥ 40
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo	Inofensivo	Inofensivo	Inaceptable
Cloruros (mg/l - Cl)		D 512	< 50	50 – 150	150 – 200	300
Fluoruros (mg/l - F)		D 1179	<1,2	<1,2	<1,2	>1,7
GRADO DE TRATAMIENTO						
- Necesita un tratamiento convencional			NO	NO	Sí, hay veces (ver requisitos para uso FLDE : literal C.7.4.3.3)	SI
Necesita unos tratamientos específicos			NO	NO	NO	SI
Procesos de tratamiento utilizados			(1) = Desinfección + Estabilización	(2) = Filtración Lenta o Filtración Directa + (1)	(3) = Pretratamiento + [Coagulación + Sedimentación + Filtración Rápida] o [Filtración Lenta Diversas Etapas] + (1)	(4) = (3) + Tratamientos específicos

Fuente: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000). Sección II, Título B.

Por último se presenta el Decreto 2115 de 2007 el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. Este decreto es útil

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

para establecer comparaciones con los valores de referencia para aguas de consumo humano, pues con base en ese límite se puede establecer un criterio de calidad por cada parámetro, los valores límites se presentan en la Tabla 3.2.5.20 se presentan los parámetros que aplican para el Proyecto.

Existen algunas variables que no están reguladas por la legislación Colombiana, sin embargo en ciertas concentraciones se ha comprobado que pueden ser perjudiciales para la salud (según la organización mundial de la salud OMS), o bien existen concentraciones de otros parámetros que simplemente imprimen sabor u olor al agua y por lo tanto dichos rangos se deben tener en cuenta.

Tabla 3.2.5.20 Características físicas y químicas del agua para consumo humano según decreto 2115 de 2007

Características físicas	Expresadas como	Valor máximo aceptable
Color aparente	Unidades de Platino Cobalto (UPC)	15
Olor y Sabor	Aceptable o no aceptable	Aceptable
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbiedad (UNT)	2
Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos que tienen implicaciones sobre la salud humana	Expresados como	Valor máximo aceptable (mg/l)
Carbono Orgánico Total	COT	5,0
Nitritos	NO ₂ ⁻	0,1
Nitratos	NO ₃ ⁻	10
Fluoruros	F ⁻	1,0
Mercurio	Hg	0,001
Elementos y compuestos químicos que tienen implicaciones de tipo económico	Expresadas como	Valor máximo aceptable (mg/l)
Calcio	Ca	60
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200
Cloruros	Cl ⁻	250
Aluminio	Al ³⁺	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300
Hierro Total	Fe	0,3
Magnesio	Mg	36
Manganeso	Mn	0,1
Molibdeno	Mo	0,07
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	250
Zinc	Zn	3
Fosfatos	PO ₄ ³⁻	0,5

Fuente: Decreto 2115 de 2007, normas técnicas de calidad del agua potable

• Resultados

- Estudio de Impacto Ambiental con el que se otorgó Licencia Ambiental, Resolución 155 de enero 30 de 2009

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos son fundamentales a la hora de establecer índices de calidad del agua y así determinar el estado de un cuerpo de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

agua. Adicionalmente se debe tener en cuenta la legislación vigente para establecer si cada fuente es apta para el uso determinado al que se someterá.

Para el ordenamiento del recurso, según el Artículo 23 del Decreto 1594 de 1984, deben tenerse en cuenta los criterios de calidad del agua, lo cual permite establecer sus usos adecuados y la capacidad admisible de vertimientos; además, la caracterización del afluente también se constituye en la información de partida para la aplicación de modelos de simulación. Adicionalmente la caracterización proporciona información que permite realizar un monitoreo de la calidad de cada cuerpo de agua.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la caracterización realizada dentro del estudio de impacto ambiental, con el cual se obtuvo la licencia ambiental mediante la Resolución 155 de 2009.

Los resultados de los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 3.2.5.21 y en la Figura 3.2.5.6. Los parámetros evaluados en el laboratorio se muestran en la Tabla 3.2.5.22 y en la Figura 3.2.5.7. Los parámetros microbiológicos medidos en laboratorio en la Tabla 3.2.5.23 y en la Figura 3.2.5.8. Además en la Tabla 3.2.5.24, se presentan los resultados de los cálculos de los índices de calidad de agua.

Tabla 3.2.5.21 Resultados de los parámetros medidos *in situ* en el Estudio de Impacto Ambiental

Punto de muestreo	Cuerpo de agua	T ambiente (°C)	T agua (°C)	Conductividad d μ S/ cm	pH UN	Oxígeno Disuelto mg/l
1	Río Cauca Puente Occidente (R Cauca PO)	29,8	25,8	142	6,22	7,8
2	Quebrada La Barbuda	25,9	23,5	323	9,40	8,90
3	Quebrada Juan García	29,1	25,6	200	8,70	9,3
4	Río Cauca Liborina	36,1	27,8	166	8,58	6,6
5	Quebrada Rodas	36,2	25,8	197	9,65	10,8
6	Quebrada La Honda	35,0	27,1	195	9,70	11,2
7	Quebrada Clara	35,0	26,4	190	9,5	10,1
8	Río Cauca Sabanalarga.	37,9	28,1	167	9,10	1,9
9	Quebrada Peque	27,5	24,2	250	9,43	6,0
10	Quebrada Pená	31,2	26,4	210	9,38	5,4
11	Quebrada Santamaría	28,9	22,7	179	9,51	7,4
12	Quebrada Tacuí	26,5	25,6	340	7,06	4,5
13	Río San Andrés	23,1	20,2	110	9,05	9,5
14	Río Cauca Puente Pescadero	33,4	27,3	166,2	9,0	5,0
15	Río Ituango	36,2	23,2	159	9,1	8,5
16	Río Cauca, sitio de presa (R Cauca SP)	34,2	24,8	170	9,1	6,3
17	Río Cauca, después descarga (R Cauca DD)	35,1	25,7	203	8,95	5,9

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

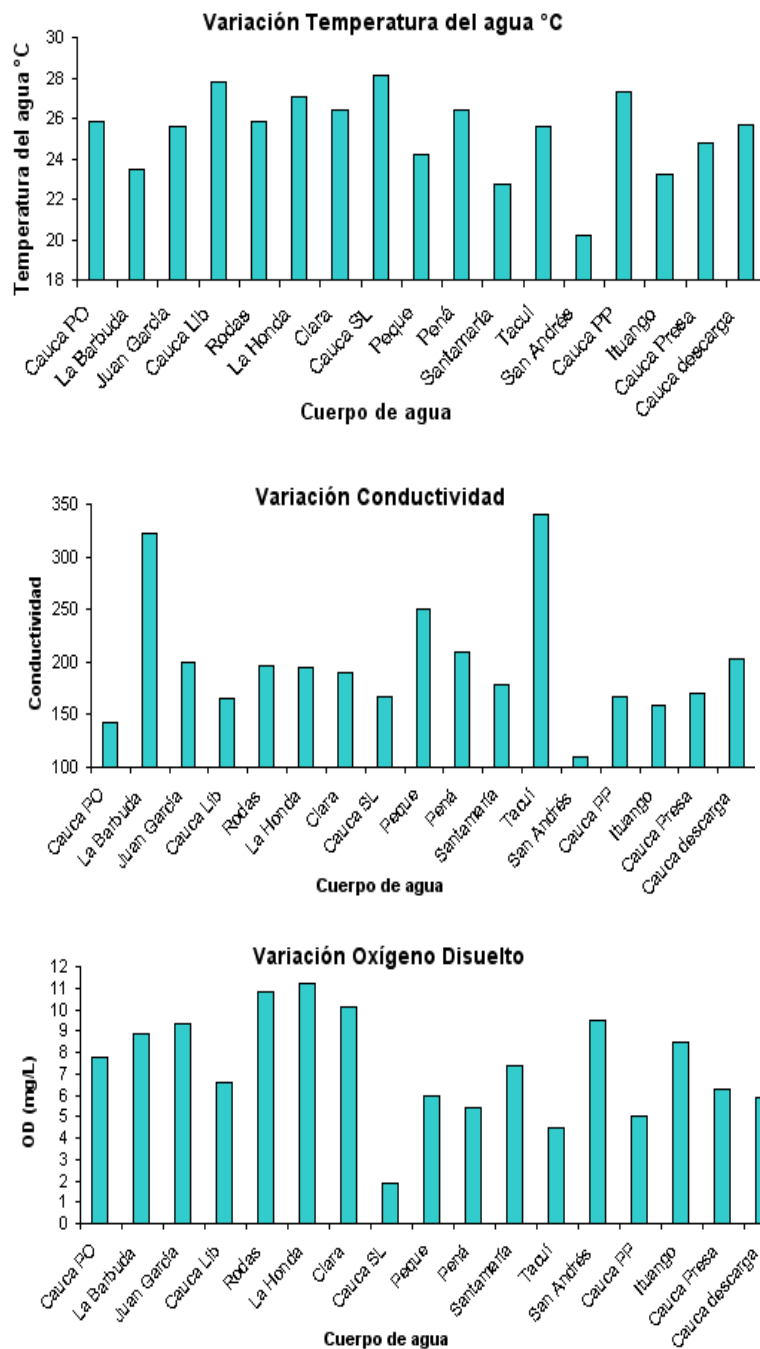


Figura 3.2.5.6 Resultados de los parámetros medidos *in situ* en el Estudio de Impacto Ambiental

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

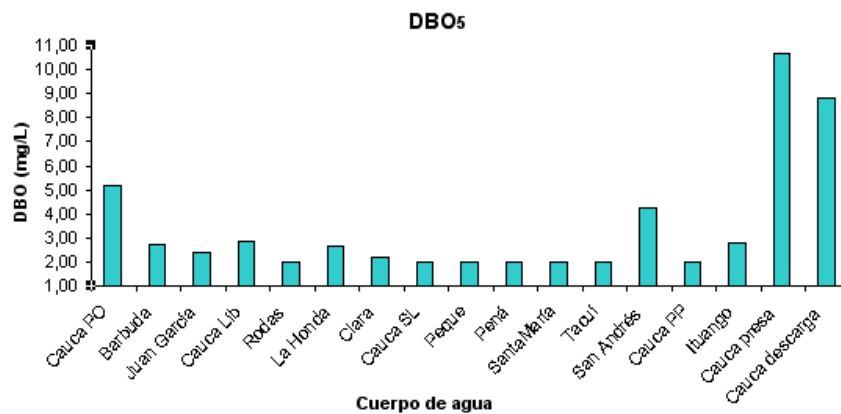
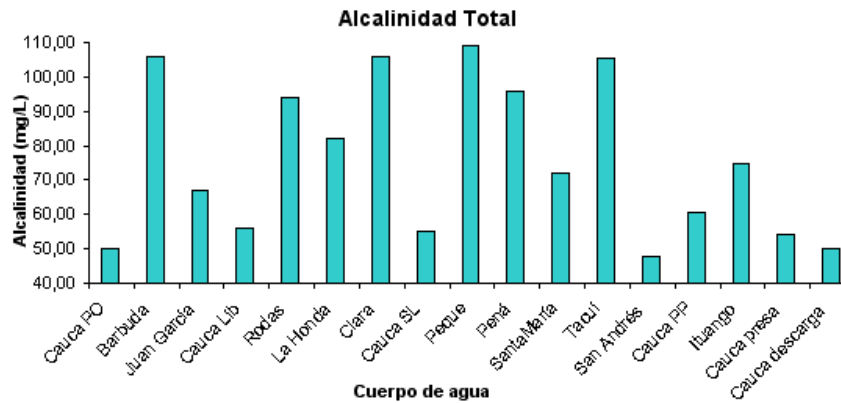
Tabla 3.2.5.22 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del Estudio de Impacto Ambiental medidos en laboratorio.

Cuerpo de agua	Alcalinidad Total	Cloruros	DBO ₅	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Fósforo Reactivo	Nitritos	Nitrógeno Amoniacal	Nitrógeno Total	Nitratos	Sólidos Totales	Sólidos Suspendidos	Sólidos disueltos	Sulfatos	Turbiedad NTU	Hierro
Río Cauca- PO	50	4,3	5,20	93,5	48,47	0,76	0,07	<0,002	<3,0	<3,0	6,93	1260	1041	219	32,06	1000	0,042
Q. Barbuda	106	<3,0	2,70	<47	143,58	0,07	<0,04	<0,002	<3,0	<3,0	1,68	282	11,2	270,8	74,69	6,95	0,366
Q. Juan García	67	3,9	2,36	<47	77,528	0,08	<0,04	0,006	<3,0	<3,0	0,23	165	24,3	140,7	36,87	15,62	1,107
Río Cauca Lib.	56	6,7	2,86	<47	44,391	0,41	0,09	0,008	<3,0	<3,0	<0,04	772	588,5	183,5	21,77	695	97,29
Q. Rodas	94,0	<3,0	<2,00	<47	83,98	0,08	0,07	0,006	<3,0	<3,0	0,06	145	7,0	138	22,83	6,57	0,042
Q.. La Honda	82	<3,0	2,66	<47	61,548	0,14	0,09	<0,002	<3,0	<3,0	0,07	156	19,2	136,8	21,96	9,26	0,801
Q.. Clara	106	7,2	2,16	<47	116,391	0,05	<0,04	0,003	<3,0	<3,0	<0,04	233	35,2	197,8	35,04	19,3	1,630
Río Cauca SL	55	4,5	<2,00	<47	62,054	0,47	0,20	0,015	<3,0	<3,0	16,4	645	374	271	23,31	142	8,353
Q. Peque	109	<3,0	<2,00	<47	121,879	0,10	0,06	0,007	<3,0	<3,0	28,4	237	58,2	178,8	40,71	45,4	3,061
Q.. Pená	96	<3,0	<2,00	<47	95,65	0,05	<0,04	0,005	<3,0	<3,0	27,0	166	19,3	146,7	41,62	25,1	1,478
Q. Santa maría	72,0	<3,0	<2,00	<47	65,870	0,08	<0,04	0,007	<3,0	<3,0	15,9	147	43,3	103,7	27,35	32,4	2,419
Q. Tacui	105,3	<3,0	<2,00	<47	130,614	0,17	0,06	<0,002	<3,0	<3,0	17,6	267	18,7	249	85,10	8,70	0,389
R. San Andrés	48,0	<3,0	4,27	<47	58,422	0,23	<0,04	0,015	<3,0	<3,0	12,4	613	514	99,2	15,23	263	17,67
R. Cauca PP	60,5	3,9	<2,00	<47	66,89	0,23	0,04	0,013	<3,0	<3,0	14,0	279	150	131	11,50	138,0	8,961
R. Ituango	75,0	<3,0	2,79	<47	78,701	0,18	0,07	0,011	<3,0	<3,0	17,4	383	261	122	17,92	211	16,66
R. Cauca- Sitio presa	54,0	6,4	10,7	<47	68,366	0,3250	0,07	0,0176	<5,0	3,9	5,46	407,0	327,7	79,3	18,4	276,0	14,159
R. Cauca- Abajo descarga	50,0	7,9	8,8	<47	64,761	0,45	0,095	0,0166	<5,0	<3,0	5,5	505,0	402,7	102,3	17,5	15,248	15,248

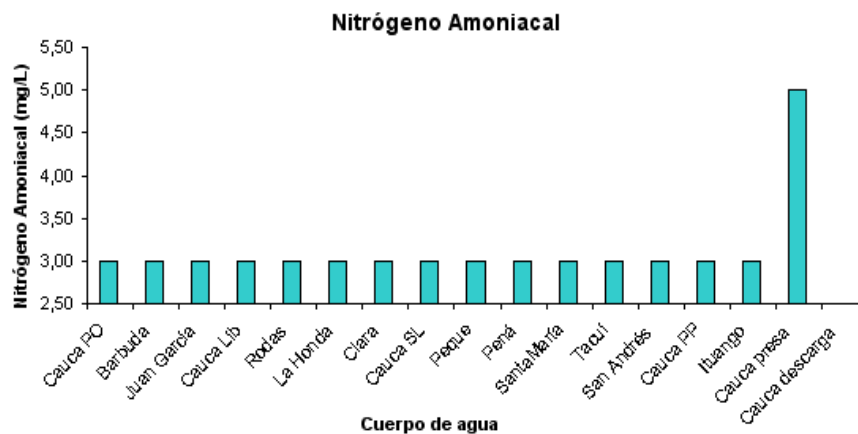
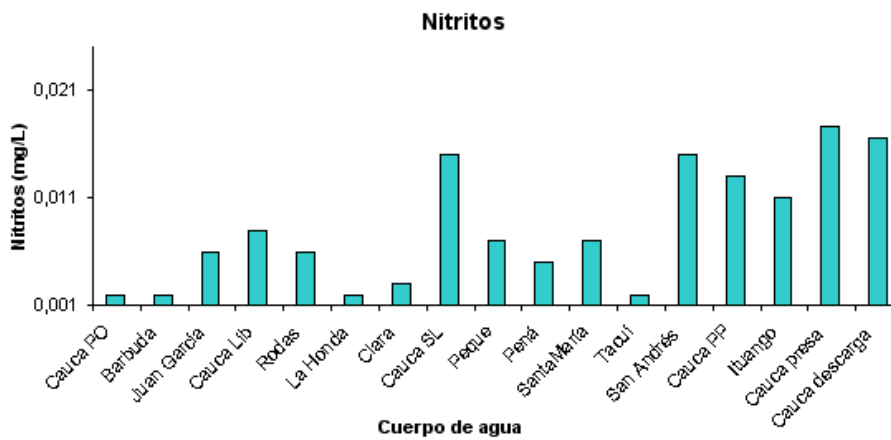
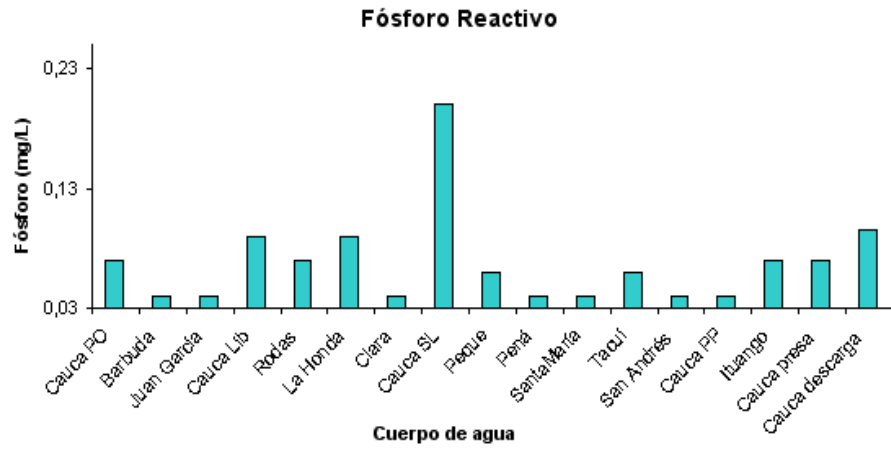
Fuente: Consorcio Generación Ituango

Los resultados se presentan en mg/l excepto para Turbiedad (NTU- Unidades Nefelométricas de Turbidez)

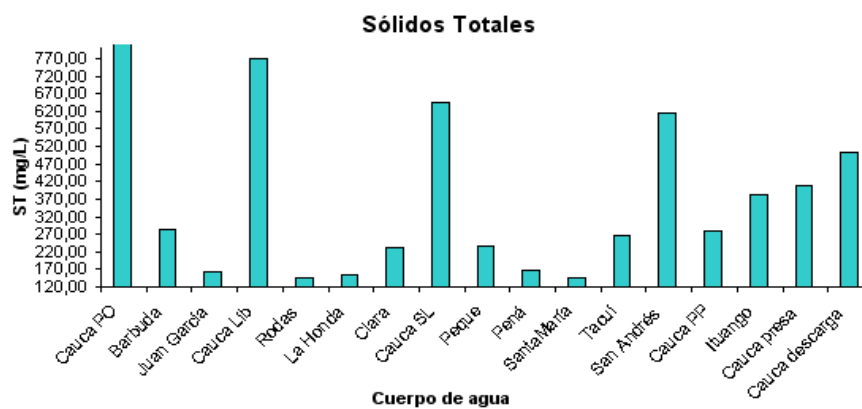
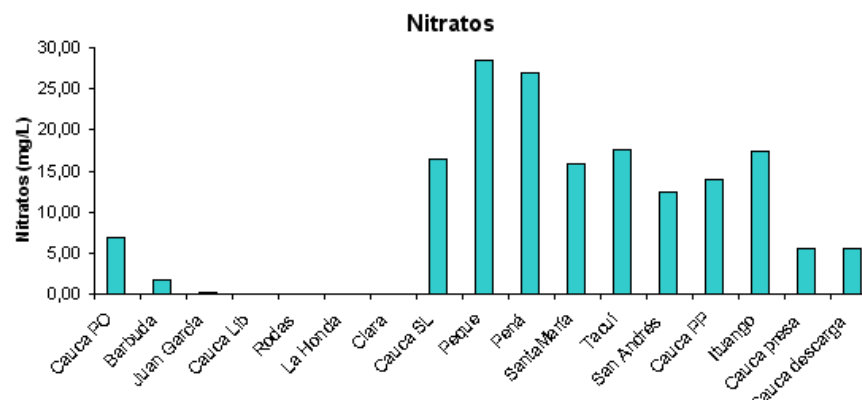
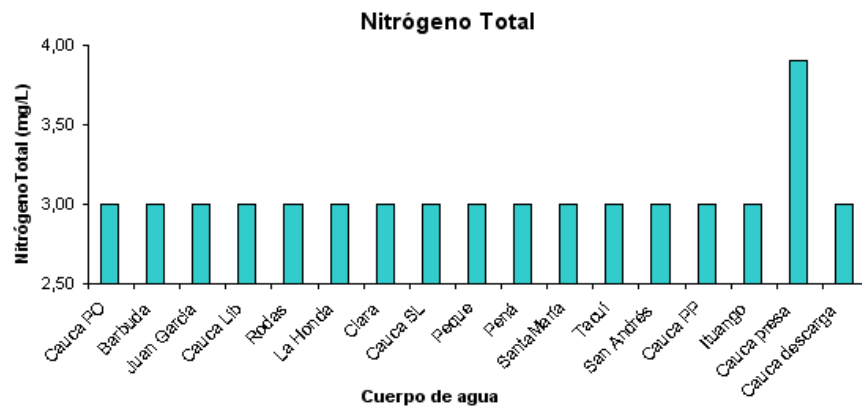
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

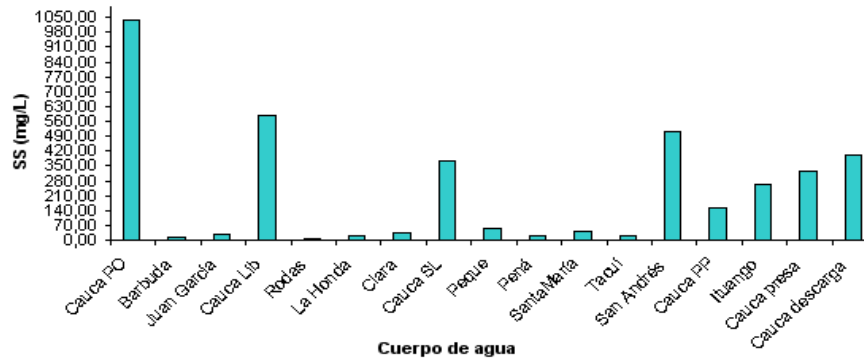


ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

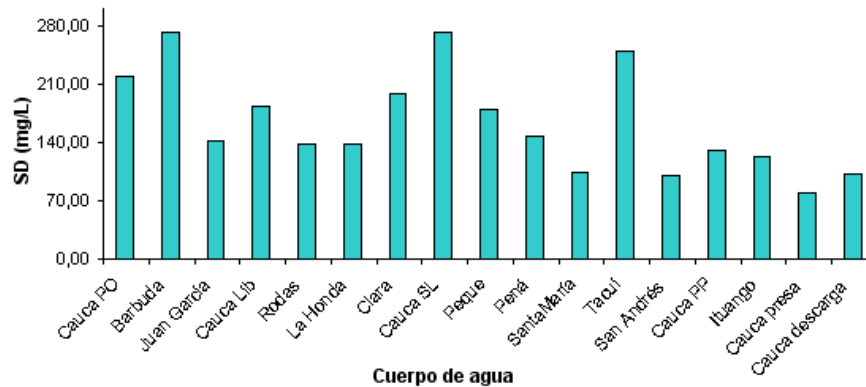


ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

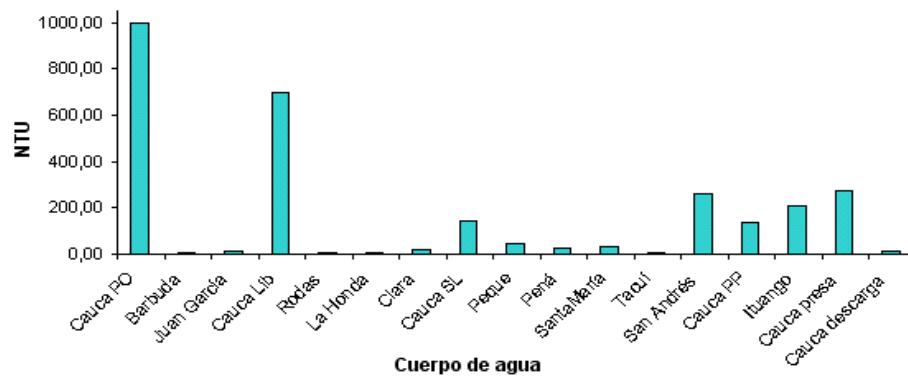
Sólidos Suspendidos



Sólidos Disueltos



Turbiedad



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

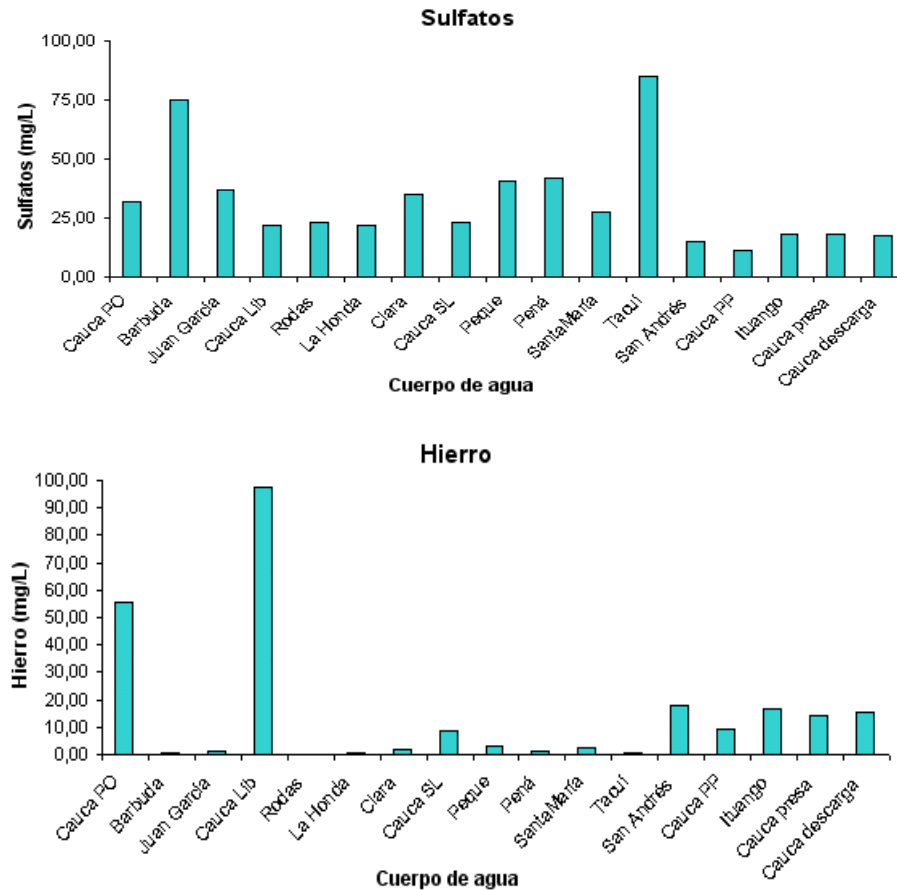


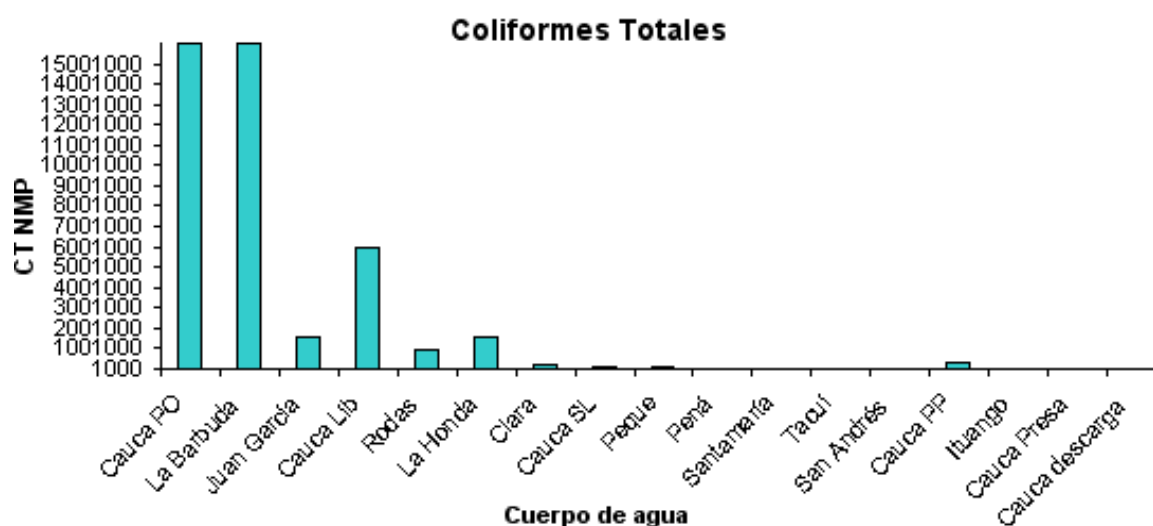
Figura 3.2.5.7 Resultados de los parámetros fisicoquímicos en el Estudio de Impacto Ambiental medidos en laboratorio

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.23 Resultados de los parámetros microbiológicos en el Estudio de Impacto Ambiental

Cuerpo de agua	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Río Cauca- Puente Occidente	$>160,0 \cdot 10^5$	$90,0 \cdot 10^4$
Quebrada La Barbuda	$>160,0 \cdot 10^5$	$0,5 \cdot 10^3$
Quebrada Juan García	$160,0 \cdot 10^4$	$14,0 \cdot 10^3$
Río Cauca- Liborina	$60,0 \cdot 10^5$	$14,0 \cdot 10^3$
Quebrada Rodas	$90,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^3$
Quebrada La Honda	$>160,0 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^2$
Quebrada Clara	$160,0 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^2$
Río Cauca- Sabanalarga	$110 \cdot 10^3$	$11 \cdot 10^3$
Quebrada Peque	$79 \cdot 10^3$	$49 \cdot 10^3$
Quebrada Pená	$23 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^3$
Quebrada Santamaría	$8 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
Quebrada Tacui	$30,0 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^3$
Río San Andrés	$13 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^3$
Río Cauca- Puente Pescadero	$35,0 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^3$
Río Ituango	$33 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
Río Cauca sitio de presa	$23 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$
Río Cauca descarga	$46 \cdot 10^3$	$46 \cdot 10^3$

Fuente: Consorcio Generación Ituango.



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

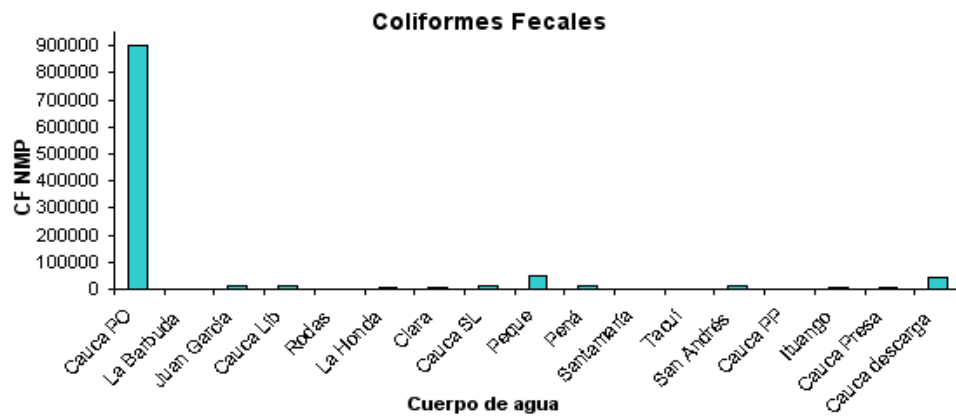


Figura 3.2.5.8 Resultados de los parámetros microbiológicos en el Estudio de Impacto Ambiental

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.24 Índices calidad NFS-WQI, ICAObj, Langelier y clasificación de afluentes en el Estudio de Impacto Ambiental

Cuerpo de agua	Índice NFS- WQI		Índice ICA Obj		Índice de Langelier	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Río Cauca- Puente Occidente	55	Media	2,31	Media	-2,15	Corrosivo
Quebrada La Barbuda	71	Buena	1,32	Alta	1,80	Incrustante
Quebrada Juan García	65	Media	1,98	Media	0,67	Incrustante
Río Cauca- Liborina	58	Media	1,98	Media	0,29	Incrustante
Quebrada Rodas	64	Media	1,32	Alta	1,87	Incrustante
Quebrada La Honda	61	Media	1,32	Alta	1,70	Incrustante
Quebrada Clara	66	Media	1,32	Alta	1,85	Incrustante
Río Cauca- Sabanalarga	38	Mala	2,31	Media	0,95	Incrustante
Quebrada Peque	56	Media	1,65	Media	1,79	Incrustante
Quebrada Pená	57	Media	1,65	Media	1,61	Incrustante
Quebrada Santamaría	61	Media	1,32	Alta	1,45	Incrustante
Quebrada Tacui	65	Media	1,32	Alta	-0,57	Corrosivo
Río San Andrés	54	Media	1,98	Media	0,62	Incrustante
Río Cauca- Puente Pescadero	53	Media	1,65	Media	0,92	Incrustante
Río Ituango	52	Media	1,65	Media	3,05	Incrustante
Río Cauca Sitio de presa	46	Mala	1,65	Media	0,91	Incrustante
Río Cauca abajo descarga	51	Media	1,98	Media	0,75	Incrustante

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Análisis de Resultados**

Según el Decreto 1594 de 1984 los afluentes, de acuerdo con su calidad, pueden ser destinados para: consumo humano con tratamiento convencional o desinfección, para uso agrícola, para uso pecuario y/o para uso recreativo con contacto primario o secundario; así mismo el RAS 2000 clasifica en nivel de calidad de las fuentes para su potabilización, en la Tabla 3.2.5.25, se indican los usos y el nivel de calidad para los diferentes cuerpos de agua, este análisis se realizó teniendo en cuenta los resultados de los parámetros evaluados y las interacciones entre ellos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.25 Uso recomendado y clasificación de los afluentes en el Estudio de Impacto Ambiental

Cuerpo de agua	Dec 1594 de 1984						RAS 2000			
	Consumo Humano-tratamiento convencional	Consumo Humano-desinfección	Uso Agrícola	Uso Pecuario	Uso recreativo contacto primario	Uso recreativo contacto secundario	Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
Río Cauca- Puente Occidente										X
Quebrada La Barbuda										X
Quebrada Juan García										X
Río Cauca- Liborina										X
Quebrada Rodas										X
Quebrada La Honda										X
Quebrada Clara										X
Río Cauca- Sabanalarga										X
Quebrada Peque										X
Quebrada Pená										X
Quebrada Santamaría				X						X
Quebrada Tacui										X
Río San Andrés				X						X
Río Cauca- Puente Pescadero										X
Río Ituango										X
Río Cauca- Sitio de presa										X
Río Cauca Debajo de descarga										X

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

El parámetro más limitante para el uso de los afluentes es el pH, el cual al sobrepasar el valor de 9,0 excluye cualquiera de los usos considerados en el Decreto 1594 de 1984 en 11 de las 17 estaciones analizadas. Otro factor limitante es el valor de coliformes totales, que limita exclusivamente a uso pecuario las aguas de la quebrada Santamaría y del río San Andrés. Con respecto al RAS-2000, el parámetro coliformes totales caracteriza todos los afluentes como fuentes muy deficientes, sin embargo, es necesario aclarar que para el análisis señalado se utilizó el dato del muestreo puntual obtenido en este estudio ante la ausencia de valores promedio mensual como lo recomienda el reglamento.

La importancia de la temperatura radica en el hecho de que un gran número de reacciones que tienen lugar en el agua, son altamente dependientes de ésta. Así, por ejemplo, altas temperaturas pueden acelerar los procesos de descomposición de materia orgánica y el crecimiento de colonias de bacterias.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

La temperatura encontrada durante los muestreos oscila entre los 20,2°C y los 28,1°C, en el río Cauca se presentó un valor máximo de 28,1°C y un valor mínimo de 25,7°C; variación que se relaciona directamente con la hora del muestreo y la radiación solar.

En la práctica ambiental, la medición de pH es muy importante; para el suministro de agua potable, es un factor a considerar en los procesos de coagulación, desinfección, ablandamiento y control de corrosión; y en los procesos de tratamiento biológico, en donde el pH debe ser controlado en un rango que favorezca el crecimiento bacteriano.

El pH en los afluentes estudiados varía entre 6,22 para el río Cauca - Puente de Occidente y 9,70 para la quebrada La Honda; según Roldán (1992), los valores de pH en las aguas naturales varían entre 6 y 9, pero en 11 de los 17 afluentes analizados sobrepasan el rango mencionado. Esto implica que estos cuerpos de agua presentan una fuerte intervención antrópica, pues en general valores de pH mayores de 9 se asocian a vertimientos industriales o a altísimos consumos de CO₂ (reduciendo la acidez) producto de la actividad autótrofa de organismos, lo que puede ser producto de eutroficación en cuerpos de agua degradados con altos niveles de carga orgánica. Dada la capacidad Buffer del agua, para que el pH de una fuente sea elevado en estos niveles es muy excepcional y solo se puede deber a la degradación del medio. Caso que se presenta en el río Cauca, el cual lleva consigo cargas importantes de contaminantes debidas a descargas industriales aguas arriba. La quebrada La Honda puede tener este nivel de pH igualmente por afectaciones de descargas agrícolas como cal y abonos.

Se presenta un rango bastante amplio en el oxígeno disuelto detectado durante los muestreos, con un valor mínimo de 1,9 mg/l para el río Cauca en Sabanalarga y un valor máximo para la quebrada La Honda de 11,2 mg/l; estos valores, además de estar influenciados por el grado de contaminación del agua, lo están por factores como la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica. El comportamiento de este parámetro también depende de las condiciones propias del sitio de muestreo; así por ejemplo, la baja concentración encontrada en el río Cauca en Sabanalarga probablemente se deba a que el muestreo se realizó aguas abajo de la desembocadura de la quebrada La Niquía (San Pedro), la cual es receptora de las aguas residuales del Municipio, y la quebrada La Honda tiene un carácter torrentoso lo cual airea el agua, y aumenta la concentración de oxígeno disuelto.

La DBO₅ y la DQO presentan los valores más altos en el río Cauca – sitio de presa, el resto de los afluentes presentan valores muy bajos; como referencia se puede considerar que la medición de DBO₅ en aguas residuales domésticas generalmente esta por encima de 250 mg/l y la DQO por encima de 600 mg/l, estos resultados dan un indicio de que el grado de contaminación debida a materia orgánica es poco significativa.

“La concentración total de sustancias o minerales disueltos en las aguas es un parámetro útil para conocer las relaciones edáficas y la productividad en un cuerpo de agua”. Los sólidos totales encontrados en los afluentes estudiados presentan un rango entre 145 mg/l para la quebrada Rodas y 1.260 mg/l para el río Cauca-Puente de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Occidente, los demás tienen en promedio 334 mg/l. Los sólidos suspendidos tienen el mismo comportamiento, es decir, el mínimo y el máximo valor, se presentan en iguales afluentes. Según Castagnino Walter la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en aguas residuales domésticas de una población entre 2.500 y 10.000 habitantes es de 286 mg/l en promedio, comparando dicho valor con lo determinado en los muestreos realizados sólo el río Cauca - Puente de Occidente sobrepasa este valor; la cantidad de sólidos disueltos reportada para este tipo de efluente es de 1.213 mg/l, todos los datos se encuentran por debajo de este valor.

Los sólidos en suspensión disminuyen la transparencia del agua y dificultan los procesos fotosintéticos; si los sólidos sedimentan y forman depósitos, se producen cambios en los ecosistemas béticos. Altas concentraciones impiden la penetración de la luz, y por lo tanto limitan el proceso de fotosíntesis, disminuyendo de esta manera el oxígeno disuelto con lo que se limita el desarrollo de la vida acuática.

Para agua potable es de mayor interés conocer el contenido de sólidos disueltos y totales; ya que altas concentraciones de sólidos disueltos pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores.

Los sólidos suspendidos se encuentran en cantidades muy pequeñas, y por ello se emplea la turbiedad como medida indirecta. El término turbiedad es aplicado a aguas que contienen materia suspendida que interfiere el paso de la luz a través de un agua. Puede ser causada por una amplia variedad de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales, dependiendo también del grado de turbulencia de la corriente del agua.

Una manera rápida y simplificada de medir los sólidos totales disueltos es a través de la conductividad, que es la medida de la disponibilidad de una solución para conducir la corriente eléctrica y varía de acuerdo con la cantidad y el tipo de iones que contenga. El río San Andrés presenta el valor más bajo debido a su correlación con la temperatura, ya que ésta presenta el menor valor. Los cuerpos de agua estudiados tienen un rango entre 110 y 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el río Cauca. La conductividad se mantiene relativamente constante, con un valor máximo de 203 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un valor mínimo de 142 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores que están relacionados con la naturaleza geoquímica del terreno y con el período climático en el cual se realizó la medición; tomando como referencia los registros retomados por Roldán (1992), estos valores están dentro del promedio reportados para los principales ríos colombianos.

La alcalinidad es una medida de la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presentes en el agua; el menor valor (48 mg/l) corresponde al río San Andrés, y el valor más alto corresponde a la quebrada Peque con un valor de 109 mg CaCO_3/l . Si se comparan los valores encontrados con lo definido por Roldán (1992), quien establece que las aguas tropicales presentan generalmente una concentración por debajo de 100 mg/l, solo cuatro cuerpos de agua sobrepasan por poco este valor (quebrada Tacu, quebrada Peque, quebrada Clara, quebrada Barbuda).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Según la clasificación propuesta por Ohle (1934), las aguas, de acuerdo con la alcalinidad, se clasifican en poco productivas, medianamente productivas y muy productivas; estas últimas son aquellas que poseen valores superiores a 25 mg/l. Todas las corrientes estudiadas se encuentran en este último rango; debe tenerse en cuenta que por lo regular este tipo de aguas son muy productivas y a estas se asocian pocas especies que se han adaptado a estas condiciones.

Los sulfatos son los aniones más importantes en el agua después de los carbonatos, y en los puntos muestreados presentan un rango desde 11,50 mg/l en el río Cauca Puente Pescadero, hasta un valor de 85,10 mg/l en la quebrada Tacuí, estos valores están estrictamente relacionados con el sustrato de los cuerpos de agua y con el pH. Su análisis es importante ya que bajo condiciones anóxicas, el azufre pasa a formar ácido sulfhídrico (H_2S) y su presencia en el fondo de los embalses para generación eléctrica constituye en un problema en cuanto a la corrosión de equipos. Según Roldán (1992) se tiene reporte de concentraciones de 20 mg/l para el río Cauca, en las estaciones muestreadas se identificaron concentraciones de 32,06 mg/l en el Puente de Occidente, de 21,77 mg/l para el sector de Liborina, de 23,31 mg/l para Sabanalarga, 11,50 mg/l para el Puente Pescadero, 18,4 mg/l en el sitio de presa y 17,5 mg/l para el denominado sitio de descarga, estos datos se asemejan a los reportados anteriormente. Estos valores son altos, lo cual puede influir en la generación de ácido sulfhídrico en el fondo del futuro embalse, donde se presentan condiciones de anoxia. El ácido sulfhídrico puede ser altamente corrosivo y generar problemas de olores y ser tóxico para los organismos acuáticos

Los cloruros, que ocupan el tercer lugar en porcentaje de los aniones en el agua, expresan en gran parte la salinidad del agua; nueve de los puntos estudiados presentan muy baja concentración (<3 mg/l), valor acorde con lo reportado en la bibliografía para ríos de montaña (<5 mg/l). El río Cauca, en todos los puntos muestreados, presenta valores más altos; este parámetro es condicionante para la distribución de los organismos.

El mayor valor del fósforo total, 0,76 mg/l, se presenta en el río Cauca - Puente de Occidente. Los valores encontrados en este estudio son muy bajos, si se comparan con otros registros existentes en el río Cauca, donde se tiene valores de 20 mg/l (Roldán, 1992), en lo referente al fósforo reactivo la mayor concentración se presentó en el río Cauca Sabanalarga.

El hierro en lagos y embalses se encuentra generalmente en estado trivalente en las capas superiores; pero a medida que se desciende a capas anóxicas, se torna en hierro bivalente, lo cual puede ser problemático cuando se capta agua anóxica para generación hidroeléctrica. Como consecuencia, el hierro soluble al llegar a las turbinas se oxigena y se convierte en férrico, precipitándose y causando problemas de incrustación en el sistema de enfriamiento. Se han reportado concentraciones de 5,0 y 6,0 mg/l en ríos con cierto grado de contaminación; en el presente estudio se encontraron valores mucho más altos, especialmente cabe destacar el valor encontrado en el río Cauca sector de Liborina el cual corresponde a 97,29 mg/l,

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

seguido del río San Andrés y el río Ituango, con concentraciones de 17,67 y 16,66 mg/l respectivamente. Estos valores tan elevados son difíciles de explicar, si se tiene en cuenta que en la zona no se identificaron fuentes antrópicas de este mineral y tampoco se encuentran relaciones evidentes con los componentes geológicos y edáficos.

El índice de calidad NFS-WQI para 14 de los afluentes estudiados tuvo clasificación media, el río Cauca sector Liborina, y el río Cauca sitio de presa se clasifican como de calidad mala, el factor más determinante en dicho resultado fue la baja concentración de oxígeno disuelto en el agua, debido a que el muestreo se realizó aproximadamente 50 metros aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Niquía (San Pedro) y aguas abajo de la desembocadura del río Ituango los cuales son receptores de las aguas negras de los municipios de Sabanalarga e Ituango respectivamente. La quebrada Barbuda presentó una clasificación buena con un valor de 71, los pesos relativos de los parámetros fósforos, nitritos y turbiedad fueron influyentes en el resultado.

Los afluentes según el ICA Obj se clasifican entre calidad alta lo cual implica que las fuentes son aptas para uso potable con filtración y desinfección y para riego sin restricción, y calidad media con lo cual requieren procesos convencionales y uso para riego restringido; la contradicción que se aprecia con el análisis realizado respecto al Decreto 1594 de 1984 se presenta porque el parámetro que restringe los usos según el decreto es el pH, parámetro que en este índice no se considera.

El índice de Langelier considera los parámetros de pH, dureza cálcica, alcalinidad y sólidos disueltos. El río Cauca - Puente de Occidente y la quebrada Tacuí presentaron carácter corrosivo debido principalmente a la influencia del pH; estos dos cuerpos de agua son los únicos que presentan un pH neutro para la quebrada Tacuí (7,06) y con tendencia ácida para el Puente de Occidente (6,22); el valor de pH está directamente relacionado con la alcalinidad y la dureza y de este depende la presencia de las sustancias en el agua.

Por último vale la pena mencionar que además de los índices citados, se están utilizando en la actualidad técnicas estadísticas como el Análisis de Componentes Principales - ACP, para analizar los aspectos de calidad de las aguas. El ACP se ha aplicado en estudios limnológicos clásicos (Margalef, 1983) encontrándose en la literatura nacional el estudio de Ramírez & Viña (1998), que aborda el estudio de varios sistemas hídricos colombianos (lóticos y lénticos) a partir de un volumen considerable de información físico química y bacteriológica, cuyas recomendaciones metodológicas generales acogemos en este estudio.

El ACP permite reducir la dimensionalidad de los datos, transformando un conjunto de p variables originales en otro conjunto de q variables no correlacionadas ($q \leq p$), de media cero, que pueden escribirse como combinaciones lineales de las primeras y que se llaman factores o componentes principales, las cuales pueden ordenarse por la magnitud de su varianza que viene dada por un valor propio de la matriz Sigma (en la práctica la matriz "S").

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los valores que incluían “>”, se reemplazaron por el valor absoluto de la medición, prescindiendo del signo “>” (p ej. >120.000 se reemplazó por 120.000). Este fue el caso de los coliformes.

- Los valores que incluían “<” se reemplazaron por el valor medio absoluto entre ese valor y cero (p ej. <0,04 se reemplazó por 0,02). Variables como cloruros, DBO₅, DQO, fósforo reactivo, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, y nitratos presentaron esta característica.
- Variables como la temperatura ambiental, que no tienen incidencia directa en el proceso que se está estudiando, no se incluyeron en el análisis.
- Variables agregadas como dureza total, sólidos totales, etc, se deben eliminar del análisis cuando están presentes sus variables desagregadas (dureza cálcica + dureza magnesio + dureza carbonácea).
- Finalmente, se descartaron las variables que presentaron el mismo valor en todas las estaciones, como nitrógeno amoniacal.

El análisis de componentes principales- ACP, se realizó utilizando el paquete estadístico PAST - Palaeontological Statistics, versión 1.12, y el conjunto definitivo de datos que se muestra en la Tabla 3.2.5.26.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.26 Datos de calidad de agua manipulados para realizar el ACP

Corriente	T agua (°C)	Conductividad	pH	OD	Coliformes Totales *	Colifor. Fecales *	Alcalinidad Total	Cloruros	DBO ₅	DQO
Quebrada Barbuda	23,5	323,0	9,4	8,9	16000	0,5	106,0	1,5	2,7	23,5
Quebrada Juan García	25,6	200,0	8,7	9,3	1600	14	67,0	3,9	2,4	23,5
Quebrada Rodas	25,8	197,0	9,7	10,8	900	2,5	94,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada LaHonda	27,1	195,0	9,7	11,2	1600	0,35	82,0	1,5	2,7	23,5
Quebrada Clara	26,4	190,0	9,5	10,1	160	0,35	106,0	7,2	2,2	23,5
Quebrada Peque	24,2	250,0	9,4	6,0	79	49	109,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Pena	26,4	210,0	9,4	5,4	23	13	96,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Santa María	22,7	179,0	9,5	7,4	8	2	72,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Tacui	25,6	340,0	7,1	4,5	30	0,5	105,3	1,5	1,0	23,5
Río SanAndrés	20,2	110,0	9,1	9,5	13	13	48,0	1,5	4,3	23,5
Río Ituango	23,2	159,0	9,1	8,5	33	8	75,0	1,5	2,8	23,5
Río Cauca_PO	25,8	142,0	6,2	7,8	16000	900	50,0	4,3	5,2	93,5
Río Cauca_SL	28,1	167,0	9,1	1,9	110	11	55,0	4,5	1,0	23,5
Río Cauca_PP	27,3	166,2	9,0	5,0	350	3	60,5	3,9	1,0	23,5
Río Cauca_Presa	24,8	170	9,1	6,3	23	8	54	6,4	10,7	23,5
Río Cauca_abDe	25,7	203	8,95	5,9	46	46	50	7,9	8,8	23,5
Promedio	25,30	198,07	8,91	7,36	2527,94	63,84	75,64	3,43	3,04	27,62
Desviación est	2,04	58,78	0,92	2,49	5276,50	215,96	22,78	2,37	2,84	16,98

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Corriente	T agua (°C)	Conduc-tividad	pH	OD	Coliformes Totales *	Colifor. Fecales*	Alcali-nidad Total	Cloru-ros	DBO ₅	DQO
Quebrada Barbuda	23,5	323,0	9,4	8,9	16000	0,5	106,0	1,5	2,7	23,5
Quebrada Juan García	25,6	200,0	8,7	9,3	1600	14	67,0	3,9	2,4	23,5
Quebrada Rodas	25,8	197,0	9,7	10,8	900	2,5	94,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada LaHonda	27,1	195,0	9,7	11,2	1600	0,35	82,0	1,5	2,7	23,5
Quebrada Clara	26,4	190,0	9,5	10,1	160	0,35	106,0	7,2	2,2	23,5
Quebrada Peque	24,2	250,0	9,4	6,0	79	49	109,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Pena	26,4	210,0	9,4	5,4	23	13	96,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Santa María	22,7	179,0	9,5	7,4	8	2	72,0	1,5	1,0	23,5
Quebrada Tacui	25,6	340,0	7,1	4,5	30	0,5	105,3	1,5	1,0	23,5
Río SanAndrés	20,2	110,0	9,1	9,5	13	13	48,0	1,5	4,3	23,5
Río Ituango	23,2	159,0	9,1	8,5	33	8	75,0	1,5	2,8	23,5
Río Cauca_PO	25,8	142,0	6,2	7,8	16000	900	50,0	4,3	5,2	93,5
Río CaucaLibo	27,8	166,0	8,6	6,6	6000	14	56,0	6,7	2,9	23,5
Río Cauca_SL	28,1	167,0	9,1	1,9	110	11	55,0	4,5	1,0	23,5
Río Cauca_PP	27,3	166,2	9,0	5,0	350	3	60,5	3,9	1,0	23,5
Río Cauca_Presa	24,8	170	9,1	6,3	23	8	54	6,4	10,7	23,5
Río Cauca_abDe	25,7	203	8,95	5,9	46	46	50	7,9	8,8	23,5
Promedio	25,30	198,07	8,91	7,36	2527,94	63,84	75,64	3,43	3,04	27,62
Desviación est	2,04	58,78	0,92	2,49	5276,50	215,96	22,78	2,37	2,84	16,98

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Aunque según algunos autores lo deseable es que con los dos primeros componentes se explique más de un 70% de la varianza, en este caso se tiene que considerar cuatro componentes principales para acumular, en conjunto, un poco más del 75% de la varianza total (ver la Tabla 3.2.5.27).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.27 Valores obtenidos de varianza explicada para los cuatro primeros CP

Eigenvalue	% de varianza explicada	% de varianza explicada acumulada
1	86,5379	33,953
2	49,072	19,253
3	32,082	12,587
4	28,51	11,186
		76,979

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Al examinar los valores de los coeficientes de correlación y los estimados de los aportes de las distintas variables (loadings) a cada uno de los cuatro componentes principales, se empieza a visualizar los conjuntos de variables determinantes en cada CP (ver la Tabla 3.2.5.28). Los valores positivos en negrilla corresponden a las variables de mayor importancia en cada componente.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.28 Valores de coeficientes y aportes de las variables (loadings)

	Importancia (loadings)			Coeficientes				
	1	2		1	2		1	2
Temp. del agua	0,002798	-0,1352	Temp. del agua	0,002798	-0,1352	Temp. del agua	0,002798	-0,1352
Conductividad	0,3737	-0,01184	Conductividad	0,3737	-0,01184	Conductividad	0,3737	-0,01184
pH	0,008628	0,1818	pH	0,008628	0,1818	pH	0,008628	0,1818
Oxígeno Disuelto	0,01921	-0,03143	Oxígeno Disuelto	0,01921	-0,03143	Oxígeno Disuelto	0,01921	-0,03143
Coliformes totales	0,05858	-0,4862	Coliformes totales	0,05858	-0,4862	Coliformes totales	0,05858	-0,4862
Coliformes fecales	-0,07923	-0,5062	Coliformes fecales	-0,07923	-0,5062	Coliformes fecales	-0,07923	-0,5062
Alcalinidad Total	0,3877	0,09216	Alcalinidad Total	0,3877	0,09216	Alcalinidad Total	0,3877	0,09216
Cloruros	-0,2	-0,1066	Cloruros	-0,2	-0,1066	Cloruros	-0,2	-0,1066
DBO ₅	-0,2502	-0,09497	DBO ₅	-0,2502	-0,09497	DBO ₅	-0,2502	-0,09497
DQO	-0,07483	-0,5118	DQO	-0,07483	-0,5118	DQO	-0,07483	-0,5118
Dureza Total	0,3837	0,06672	Dureza Total	0,3837	0,06672	Dureza Total	0,3837	0,06672
Fósforo Total	-0,03693	-0,05346	Fósforo Total	-0,03693	-0,05346	Fósforo Total	-0,03693	-0,05346
Fósforo Reactivo	-0,02009	-0,009071	Fósforo Reactivo	-0,02009	-0,009071	Fósforo Reactivo	-0,02009	-0,009071
Nitritos	-0,01319	0,01117	Nitritos	-0,01319	0,01117	Nitritos	-0,01319	0,01117
Nitratos	0,09455	0,1869	Nitratos	0,09455	0,1869	Nitratos	0,09455	0,1869
Sólidos suspendidos	-0,3438	0,03883	Sólidos suspendidos	-0,3438	0,03883	Sólidos suspendidos	-0,3438	0,03883
Sólidos disueltos	0,2393	-0,2874	Sólidos disueltos	0,2393	-0,2874	Sólidos disueltos	0,2393	-0,2874
Sulfatos	0,365	-0,1312	Sulfatos	0,365	-0,1312	Sulfatos	0,365	-0,1312
Turbiedad_N TU	-0,2802	0,142	Turbiedad_N TU	-0,2802	0,142	Turbiedad_N TU	-0,2802	0,142
Hierro	-0,2152	0,0112	Hierro	-0,2152	0,0112	Hierro	-0,2152	0,0112

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Se debe tener presente al interpretar los resultados del ACP, que los gráficos son una ayuda importante por cuanto facilitan visualizar aquellas variables que se localizan más hacia la periferia, las cuales permiten explicar mejor el componente, en tanto que aquellas que se ubican más hacia el centro tienen menor relación con el componente. Por ejemplo, al observar el arreglo de las variables en el sistema formado por los planos correspondientes a los componentes principales 1 y 2 (ver la Figura 3.2.5.9) se pueden identificar cuatro grupos de variables:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Un primer grupo claramente mejor explicado sobre el eje CP1 incluye variables como conductividad, alcalinidad total, dureza, sulfatos y sólidos disueltos, todas ellas (excepto sólidos disueltos) señaladas en la literatura como variables asociadas a procesos de mineralización de la materia orgánica (Margalef, 1983; Ramirez & Viña, 1998).
- Un segundo grupo de variables compuesto por el pH y los nitratos, que puede estar correlacionado de manera positiva o negativa, y tiene que ver con el potencial de reducción y oxidación o con la actividad de los organismos (Margalef, 1983).
- En un tercer grupo se pueden incluir la turbiedad, los sólidos suspendidos, DBO₅, los cloruros y el hierro.
- Y un cuarto grupo formado por variables como DQO, coliformes fecales y coliformes totales.

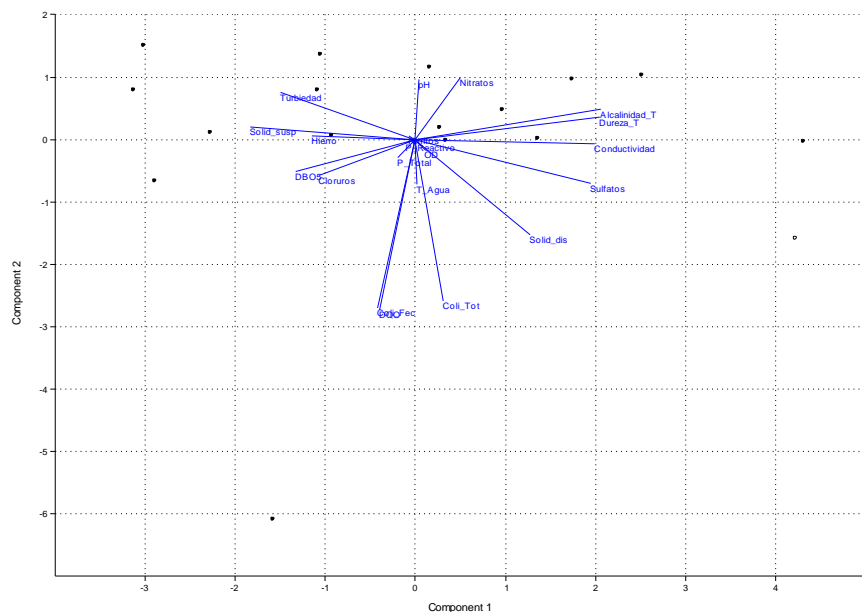


Figura 3.2.5.9 Arreglo de las variables en los componentes CP1 y CP2

En conjunto se puede decir que los primeros dos grupos recogen los procesos naturales de degradación de compuestos orgánicos que no están asociados necesariamente con eventos de perturbación antrópica, como pueden ser el aporte de elementos contaminantes o la carga excesiva de residuos orgánicos provenientes de aguas servidas, y que se relacionan evidentemente con los otros dos grupos de variables donde están la turbiedad, los coliformes y las demandas de oxígeno (Ramírez & Viña, 1998).

Además del análisis por grupos de las variables, existe otro aspecto revelador en el ACP, relacionado con aquellas variables que se organizan muy próximas en el plano

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

cartesiano, lo cual significa que existe una correlación estrecha entre ellas y que su comportamiento, en términos de valores absolutos, variará de manera acompasada en tanto deben estar respondiendo al mismo conjunto de factores naturales (Ramirez & Viña, 1998). En este sentido, el arreglo de las variables para el conjunto de estaciones de la zona de estudio sugiere que la dureza del agua está regida por los sulfatos y otros aniones ácidos minerales, correspondiendo entonces a la denominada “dureza permanente” (Wetzel, 1981).

En este punto es necesario anotar que los valores absolutos de SO₄ observados en algunas estaciones (quebradas La Tacui y Barbuda) son inusualmente altos, y aún superiores a los reportados para corrientes muy contaminadas por vertimientos industriales como el río Bogotá (ver la Tabla 3.2.5.29), así mismo las quebradas Peque y Pená, con alrededor de 40 ppm, se consideran también muy elevados para las actividades productivas típicas de la zona.

Tabla 3.2.5.29 Valores de referencia de algunas variables fisicoquímicas en ecosistemas comparables al del proyecto

	Alcalinidad(ppm)	CaCO3 (ppm) 1	pH	NH4 (ppm) 2	NO3 (ppm) 3	PO4 (ppm) 4	SO4 (ppm) 5	Cloruro (ppm)	Hierro (ppm)
Aguas tropicales	< 100	--	--	--	--	--	--	--	--
Ríos y quebradas andinas	--	10 – 60	6,5 – 7,5	--	--	--	--	--	--
Embalses	--	7 – 40	6,5 – 7,5	0,1 – 0,7	0,07-0,2	0,01	8,0-12,0	6,0-10,0	0,3-0,7
Río Cauca	--	--	--	1,03	0,1	0,07	--	12,0	5,0
Río Magdalena	--	--	--	0,8	0,2	0,55	25,0	15,0	6,0
Ríos de Alta montaña	--	--	--	0,001	0,1	0,001	4,0	2,0	0,05
Río Bogotá	--	--	--	1,25	2,7	--	60,0	90,0	--

¹ Carbonatos; ²: Nitrógeno amoniacal; ³: Nitratos; ⁴: Fosfatos; ⁵: Sulfatos (Fuente: EPM, 2002)

Al igual que en la representación gráfica de los puntos-variable (variables), entre más alejado se encuentre un punto-individuo (estación) del centro del sistema cartesiano formado por CP1-CP2, mayor será su relación con el componente en que ocurre dicho alejamiento (ver la Figura 3.2.5.10).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

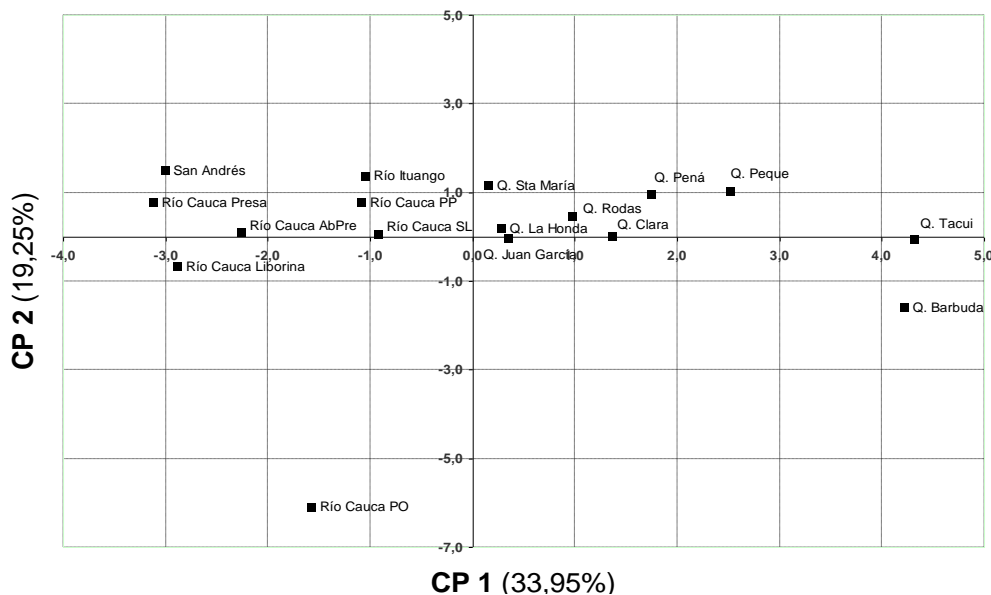


Figura 3.2.5.10 Arreglo de las estaciones según sus coordenadas en CP1 y CP2

Para el caso de la zona del embalse, el resultado del ACP, al considerar los componentes 1 y 2, no es evidente un patrón de agrupación de las estaciones (puntos-individuo) posiblemente porque en conjunto apenas explican un 53% de la varianza. Sin embargo, sí puede percibirse una segregación de las estaciones pertenecientes a las quebradas: especialmente la quebrada Barbuda y la quebrada Tacui, en el eje 1 y de la estación río Cauca Puente Occidente, en el eje 2.

Al examinar los valores de las variables explicadas en estos dos componentes, se encuentra igualmente que es en este conjunto de estaciones de las quebradas donde se observaron los valores más elevados de conductividad, alcalinidad total, dureza y sulfatos, aunque no es evidente una gradación geográfica en su comportamiento que pueda asociarse a particularidades geológicas de sus cuencas.

Al considerar los componentes CP2 y CP3, los cuales explican apenas un 31,8% de la varianza total, se observa que tienen un muy bajo poder de discriminación de las variables y que no se obtienen nuevas relaciones entre estas (ver Figura 3.2.5.11). Por esta misma razón no se presentan análisis adicionales con los otros pares de componentes.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

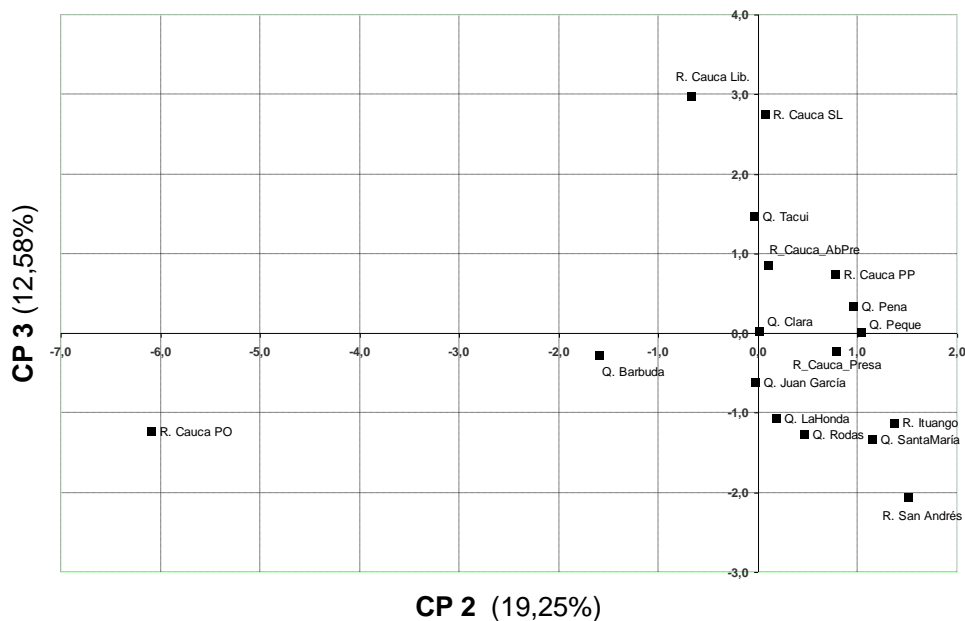


Figura 3.2.5.11 Arreglo de las estaciones según sus coordenadas en CP2 y CP3

Además de lo observado con el SO_4 , es importante citar que otras variables como los nitratos (NO_3) y el hierro (Fe) presentan valores completamente atípicos y difíciles de explicar para el contexto regional y la época de muestreo, aún teniendo en cuenta que la composición de las aguas epicontinentales es variable y depende no sólo de equilibrios internos, sino también de equilibrios químicos y ciclos ecológicos (geobioquímicos) (Margalef, 1983)

Por ejemplo, el nitrógeno de las aguas dulces se presenta bajo diversas formas: N_2 disuelto, gran número de compuestos orgánicos, desde aminoácidos y amins hasta proteínas y compuestos húmicos resistentes con poco nitrógeno, amonio, nitrito y nitrato. El nitrógeno puede provenir de: a) precipitación atmosférica, b) fijación de nitrógeno tanto en el agua como en los sedimentos, y c) aportes debidos al drenaje superficial y subterráneo. Siendo predominante los aportes de origen terrestre (Wetzel, 1981).

En el caso específico del nitrato, cuyos contenidos en las aguas dulces no contaminadas pueden variar desde cero hasta casi 10 ppm, presenta en ocho de las quince corrientes analizadas concentraciones de más de 16 y hasta 28 ppm.

En relación con el fósforo (P), se presenta en varias formas: P soluble reactivo, P soluble no reactivo, P particulado reactivo siendo un elemento relativamente escaso en la hidrósfera y generalmente un factor limitante en la productividad de las aguas dulces superficiales, aunque su presencia y concentración en las corrientes de agua se ha visto incrementada en los últimos años debido al uso creciente de fósforo en los abonos agrícolas o en detergentes y otros productos de uso doméstico (Wetzel, 1981).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los niveles de fosfatos hallados guardan unas mejores proporciones de semejanza con los valores reportados para otros ecosistemas hídricos colombianos aunque son superiores los valores típicos para aguas superficiales no contaminadas (entre 0,010 mg/l - 0,050 mg/l). Los niveles de fósforo son generalmente menores en regiones montañosas de geomorfología cristalina y mayores en aguas de tierras bajas, que derivan de depósitos de rocas sedimentarias (Wetzel, 1981).

Es posible que todas estas particularidades de los valores encontrados hayan afectado el comportamiento de las correlaciones entre variables y las distribuciones de las varianzas generando patrones de arreglos de las variables donde las relaciones son menos evidentes.

- Comparación de los diferentes períodos de muestreo

Existe información de calidad de aguas para algunos cuerpos de agua superficial en algunos estudios realizados anteriormente para fases previas del Proyecto, a saber: Estudio ecológico y de Impacto Ambiental (Integral, 1981) y Estudio de Factibilidad-Evaluación Ambiental Preliminar (Integral-AgraMonenco, 1999). Sin embargo, no es recomendable realizar análisis comparativos sobre la evaluación de los parámetros muestreados debido a las siguientes consideraciones:

Los sitios de muestreo de los estudios anteriores carecen de georeferenciación. Teniendo en cuenta que las características fisicoquímicas y microbiológicas pueden variar a lo largo de un río, tanto espacial como temporalmente, no tendríamos la certeza de estar comparando realmente los datos del mismo sitio. Adicionalmente, algunas estaciones no están localizadas en el mismo sitio; por ejemplo, el sitio de muestreo en el río Cauca, a la altura de Santa Fé de Antioquia, se describe como localizado en Puente Real, en los muestreos de 1981 y 1999, mientras que en el muestreo de 2006 se lo ubica en Puente de Occidente.

Por limitantes propias de las jornadas de monitoreo de los anteriores estudios, especialmente en el tiempo de conservación de las muestras, no se evaluó la DBO₅ y por lo tanto, al calcular el índice NFS-WQI se redistribuyeron los pesos específicos de las variables, razón por la cual no serán valores comparables.

Los muestreos se realizaron en épocas del año que corresponden a períodos climáticos diferentes que inciden necesariamente en las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua.

- Otros estudios objeto de modificación de licencia
 - ◆ Vía sustitutiva El Valle – Ituango

El muestreo se realizó para establecer las características de las fuentes de agua, previas a la ocupación de su cauce con el fin de poder llevar un adecuado seguimiento a su calidad y poder verificar posibles alteraciones debidas a la construcción de la vía, por esta razón es fundamental tener una adecuada caracterización fisicoquímica e hidrobiológica inicial así como llevar a cabo una monitoreo sistemático que permita atribuir a la vía o a razones externas cualquier modificación futura.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

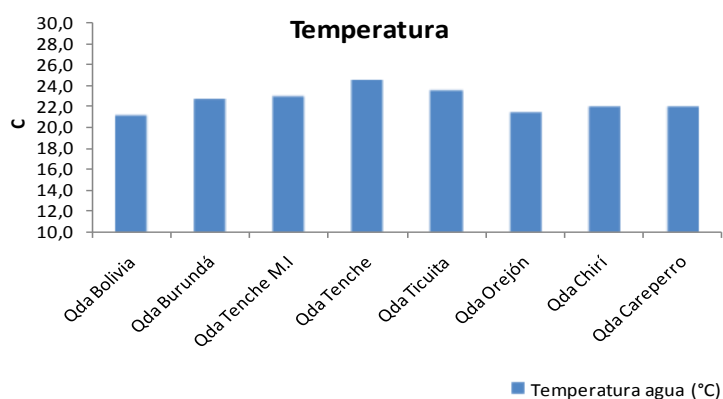
Los resultados de los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 3.2.5.30 y en la Figura 3.2.5.12. Cabe resaltar que el valor de referencia que se presenta graficado en las figuras corresponde a la normatividad vigente en el país para aguas superficiales (Decreto 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización. El valor de referencia del pH se estableció para efectos gráficos como 7 unidades de pH, sin embargo se entiende que realmente corresponde a un rango entre 6,5 – 8,5.

Tabla 3.2.5.30 Resultados de los parámetros medidos in situ de la vía sustitutiva El Valle-Ituango

Cuerpo de agua	Conductividad (µS/ cm)	pH	Temperatura agua (°C)	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Saturación de Oxígeno (%)
Quebrada Los Linderos	-	-	-	-	-
Quebrada Bolivia	125	8,0	21	5,4	67
Quebrada Burundá	226	8,7	22,4	6,11	77,2
Quebrada Tenche M.I. (Villa Luz o La Seca)	116	7,34	22,7	6,06	74,5
Quebrada Ticuitá	330	7,67	24,3	6,32	78,4
Quebrada Tenche	348	6,71	23,3	7,9	64,1
Quebrada Orejón	173	8,36	21,2	6,46	78,5
Quebrada Chirí	158	8,15	21,7	6,58	80
Quebrada Careperro	247	8,46	21,7	6,31	76,3

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Se resalta el hecho que la quebrada Los Linderos estaba completamente seca, debido al intenso verano que para el momento del muestreo se presentaba y adicionalmente a que el lecho es un cuerpo de agua intermitente (de acuerdo con versiones de los pobladores).



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

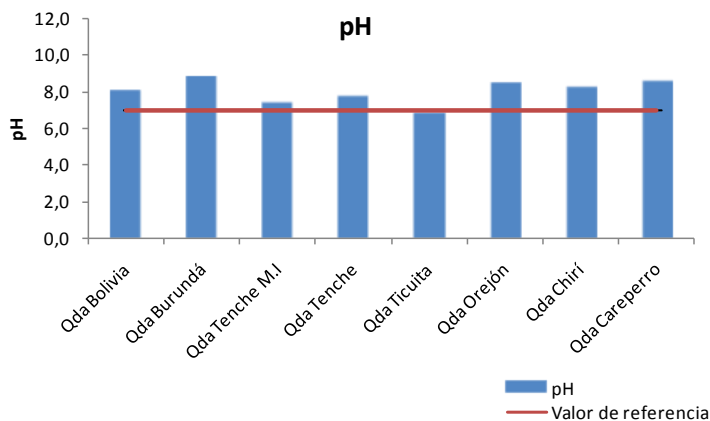
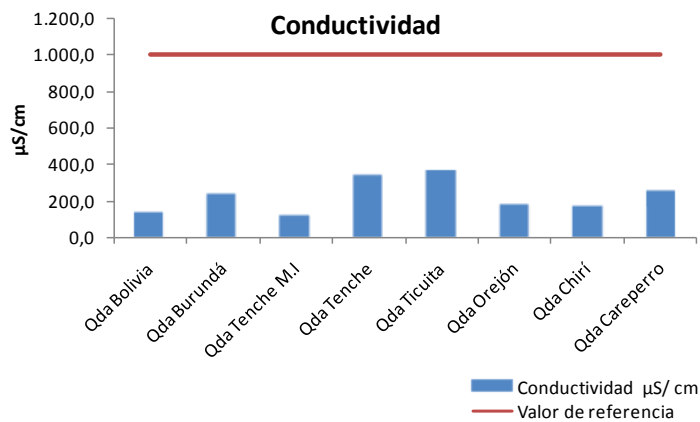
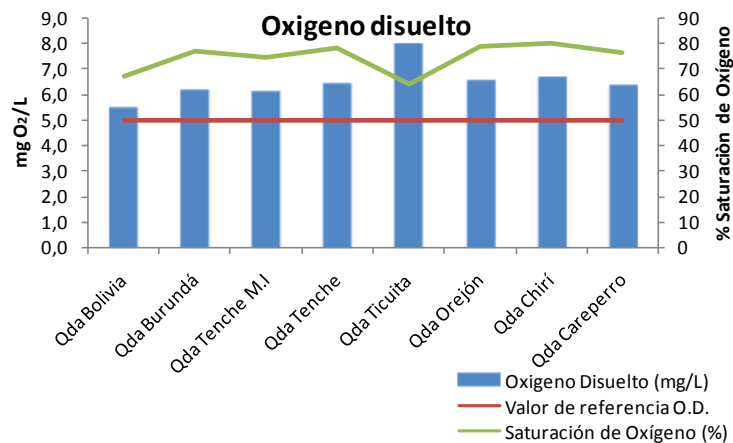
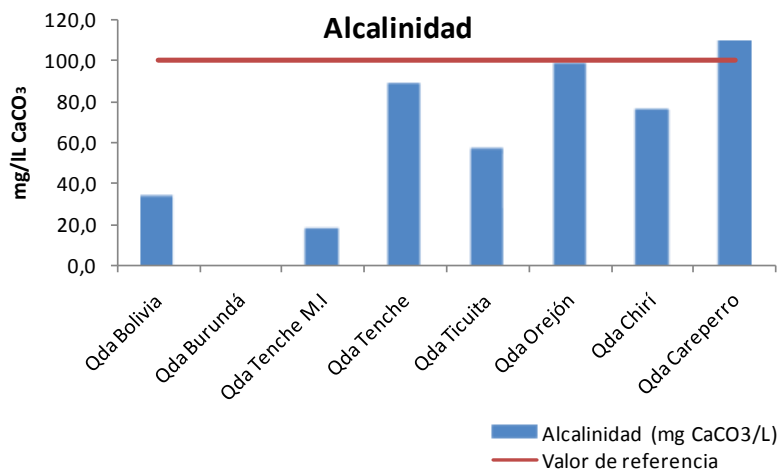
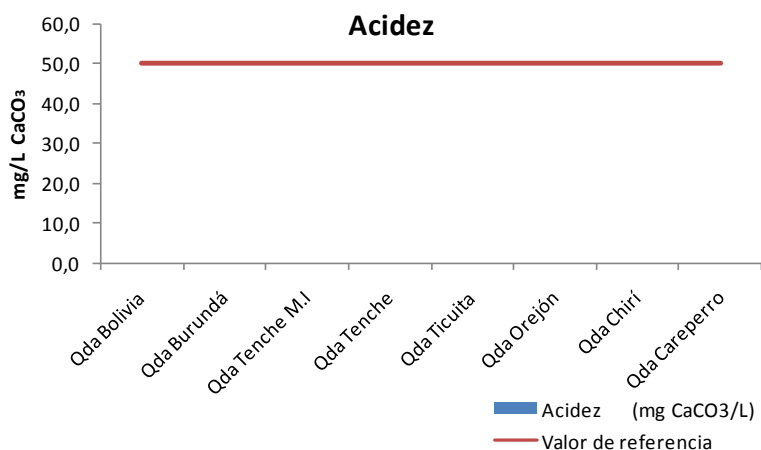


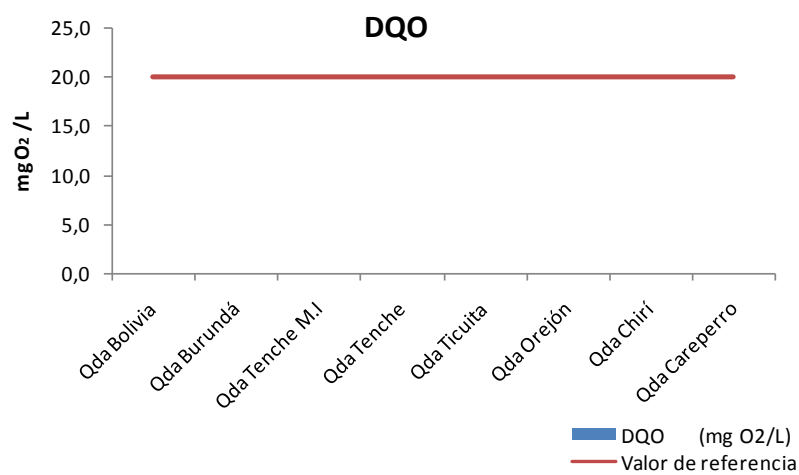
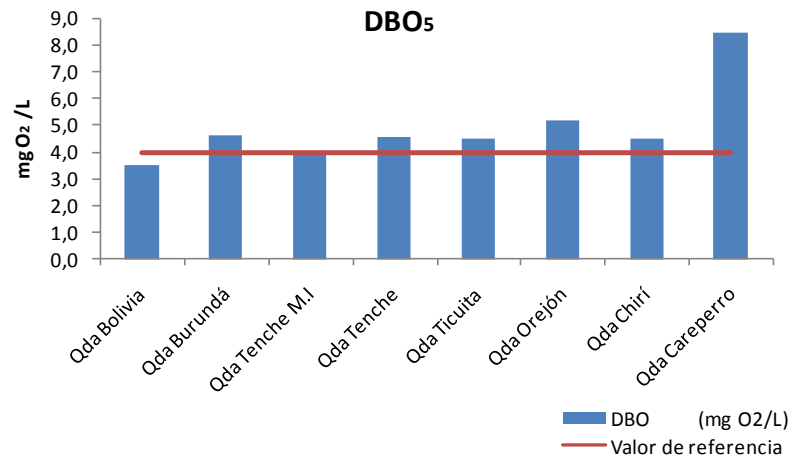
Figura 3.2.5.12 Resultados de los parámetros medidos in situ de la vía sustitutiva El Valle-Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

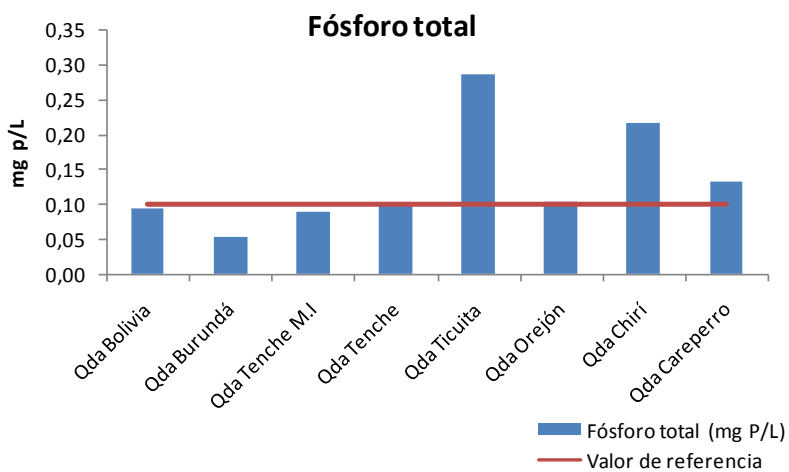
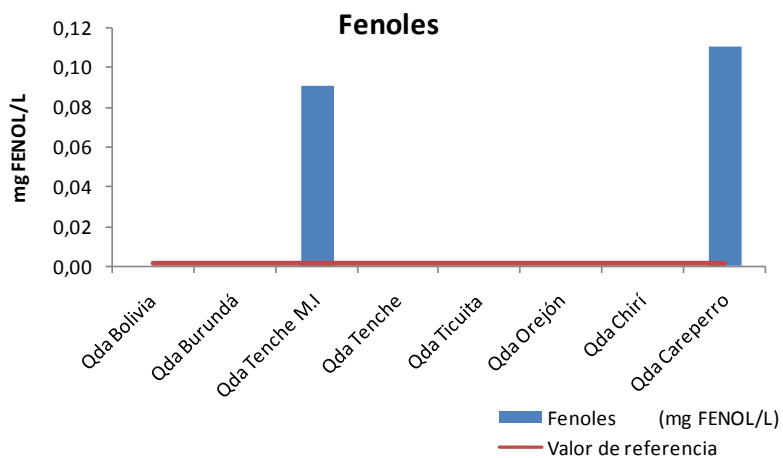
Los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en el laboratorio se presentan en la Tabla 3.2.5.30 y en las graficas de la



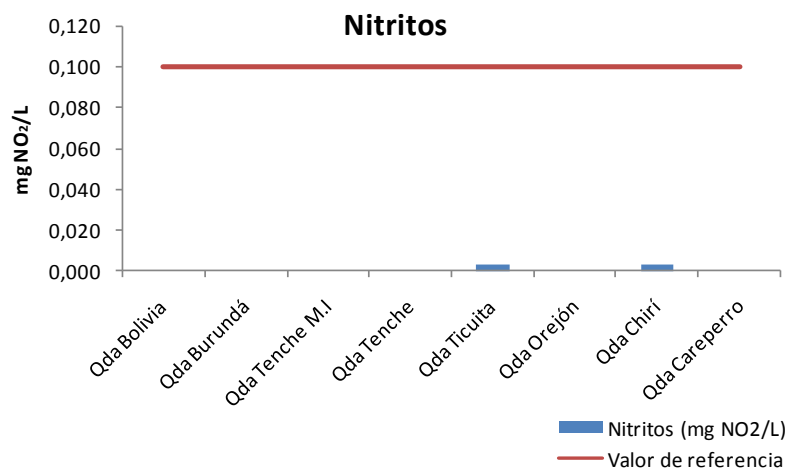
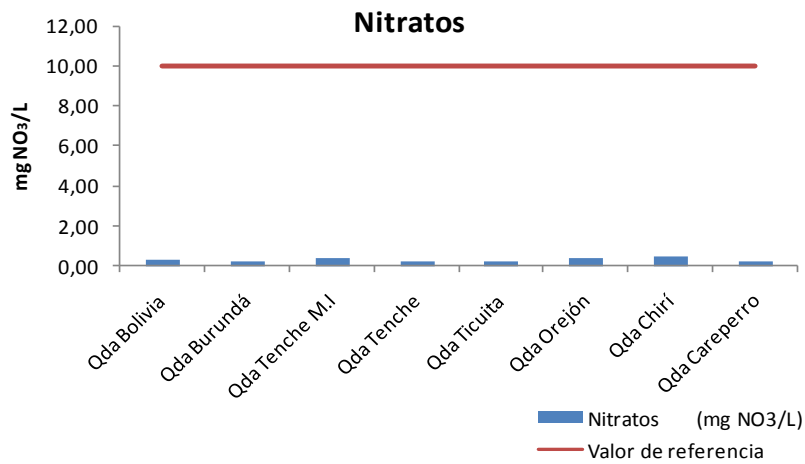
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



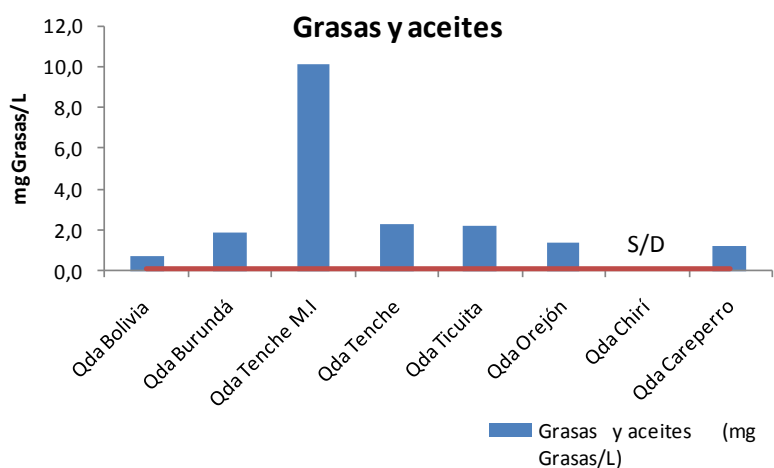
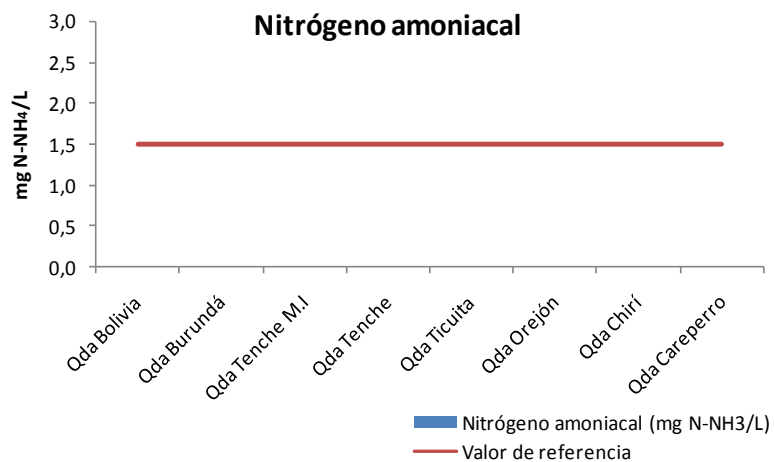
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



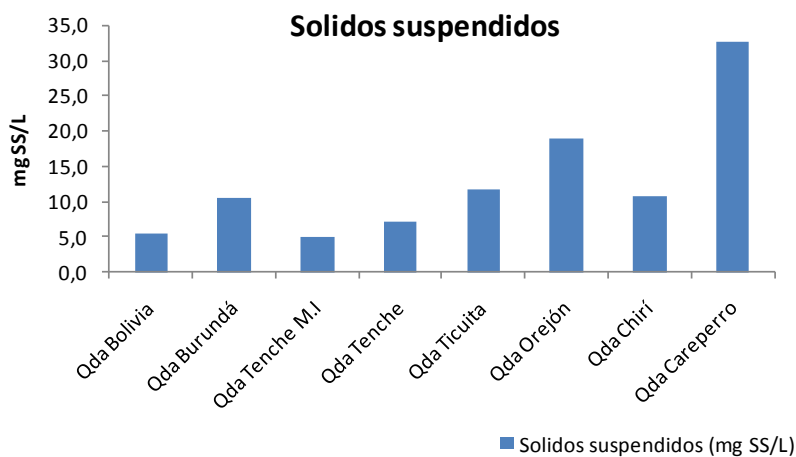
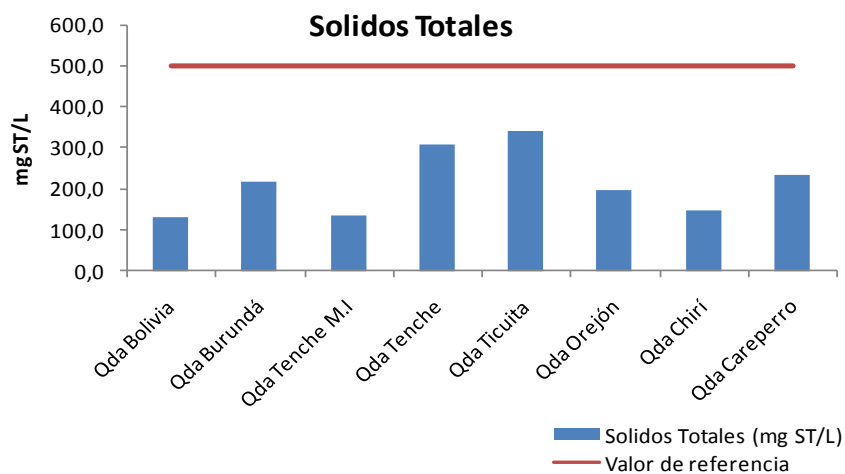
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



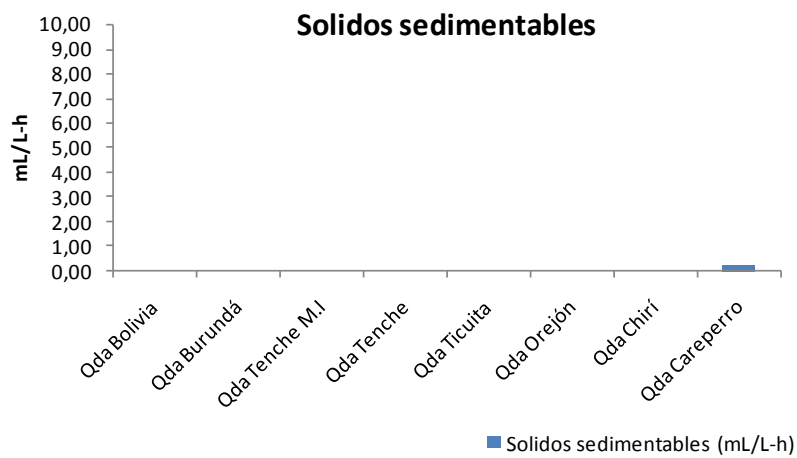
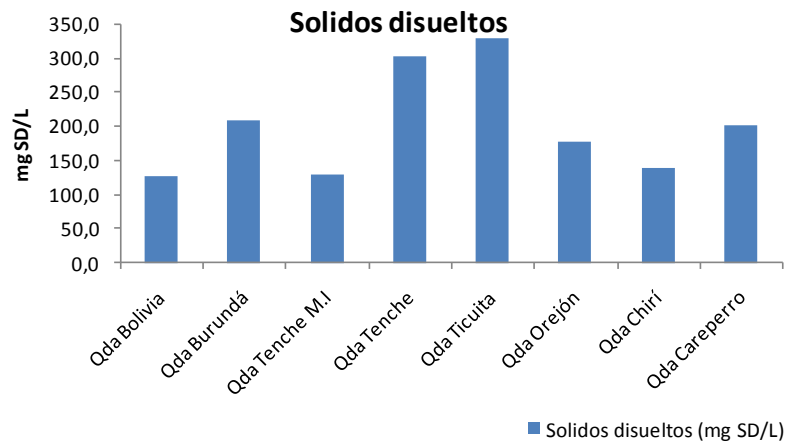
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

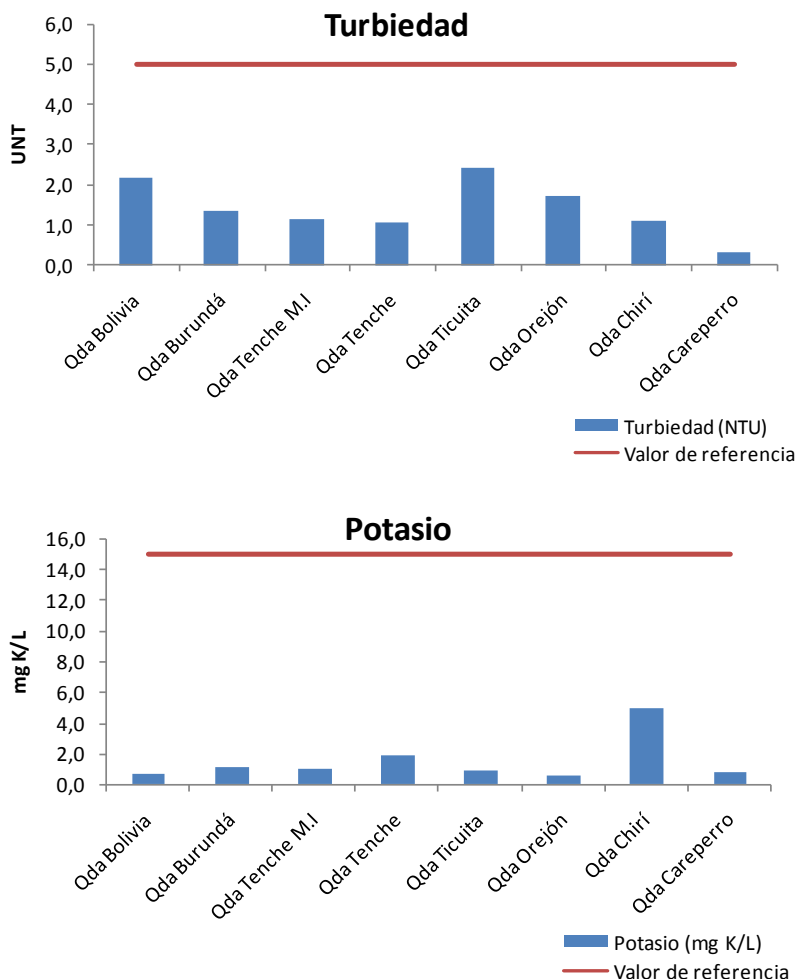


Figura 3.2.5.13 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la vía sustitutiva El Valle – Ituango medidos en laboratorio

. Es importante destacar que en las gráficas cuando no hay valores representados es porque el valor es inferior al límite de detección el cual varía de acuerdo al parámetro analizado.

Por su parte en las figuras se presenta un valor de referencia, el cual corresponde o bien a valores contemplados en la normatividad vigente en el país para aguas superficiales(Decreto 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización; o si no están en la norma, se buscaron valores típicos para aguas superficiales de buena calidad o a valores que pese a no estar en la norma, pues no son perjudiciales para la salud, imprimen al agua olor (nitrógeno amoniacal

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

>1,5 mg/l) o sabor (conductividad > 1000uS/cm, potasio>15,0mg/l). Los sólidos totales son los que están regulados en la norma y a estos pertenecen los demás sólidos (para el valor de referencia).

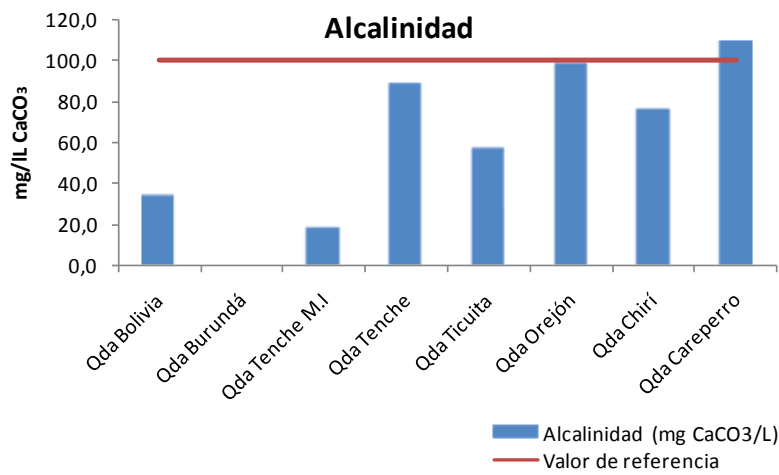
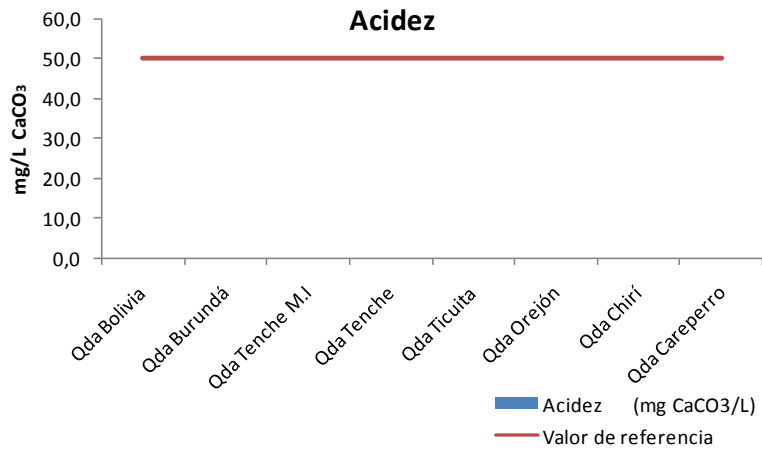
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.31 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la vía sustitutiva El Valle – Ituango medidos en laboratorio

Cuerpo de agua	Acidez	Alcalinidad	DBO	DQO	Fenoles	Fósforo total	Nitratos	Nitritos	Nitrógeno amoniacal	Grasas aceites	Sólidos Totales	Sólidos suspend.	Sólidos disueltos	Sólidos sediment.	Turbiedad	Potasio
Qda Los Linderos																
Quebrada Bolivia	<9,0	33,07	3,49	<43	<0,08	0,093	0,290	<0,002	<3,0	0,7	133,0	5,50	127,5	<0,1	2,18	0,603
Quebrada Burundá	<9,0	<9,0	4,63	<43	<0,08	0,052	0,260	<0,002	<3,0	1,9	219,0	10,60	208,4	<0,1	1,37	1,144
Quebrada Tenche (M.I)	<9,0	18,11	3,96	<43	0,09	0,088	0,450	<0,002	<3,0	10,1	134,0	5,00	129,0	<0,1	1,17	0,947
Quebrada Tenche	<9,0	87,87	4,58	<43	<0,08	0,099	0,240	<0,002	<3,0	2,3	309,0	7,10	301,9	<0,1	1,08	1,911
Quebrada Ticuita	<9,0	56,61	4,50	<43	<0,08	0,286	0,230	0,003	<3,0	2,2	341,0	11,70	329,3	<0,1	2,42	0,880
Quebrada Orejón	<9,0	97,40	5,17	<43	<0,08	0,102	0,390	<0,002	<3,0	1,4	196,0	19,00	177,0	<0,1	1,72	0,562
Quebrada Chirí	<9,0	75,86	4,52	<43	<0,08	0,216	0,480	0,003	<3,0		150,0	10,80	139,2	<0,1	1,12	4,886
Quebrada Careperro	<9,0	108,64	8,45	<43	0,11	0,132	0,230	<0,002	<3,0	1,2	234,0	32,60	201,4	0,3	0,32	0,715
Límite de detección	9,0	9,0	2,0	43	0,08	0,03	0,04	0,002	3,0	0,5	12,0	3,0	5,0	0,1	0,2	0,005
Valor de referencia	50,0	100,00	4,00	20	0,001	0,100	10,000	0,1	1,5	0,100	500,0				5,00	15,000

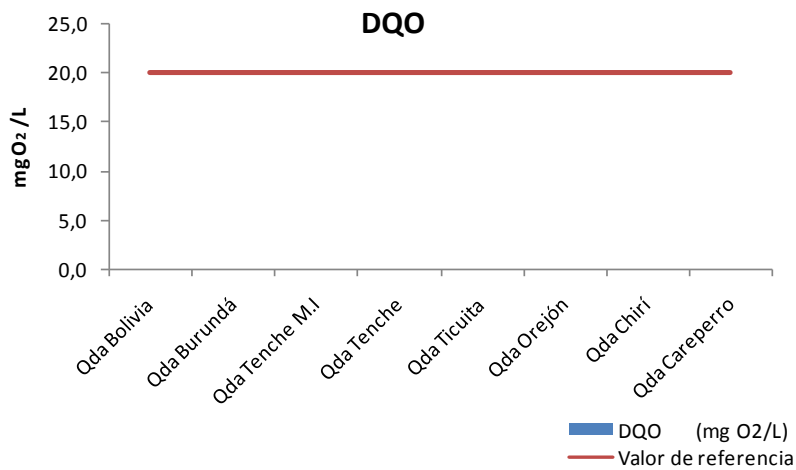
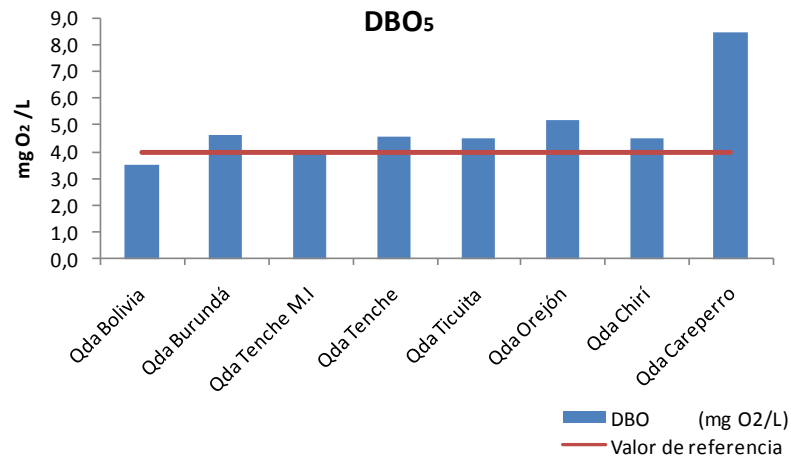
Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Nota: Los resultados se presentan en mg/l excepto para Turbiedad (NTU- Unidades Nefelométricas de Turbidez y Sólidos Sedimentables (ml/l h)

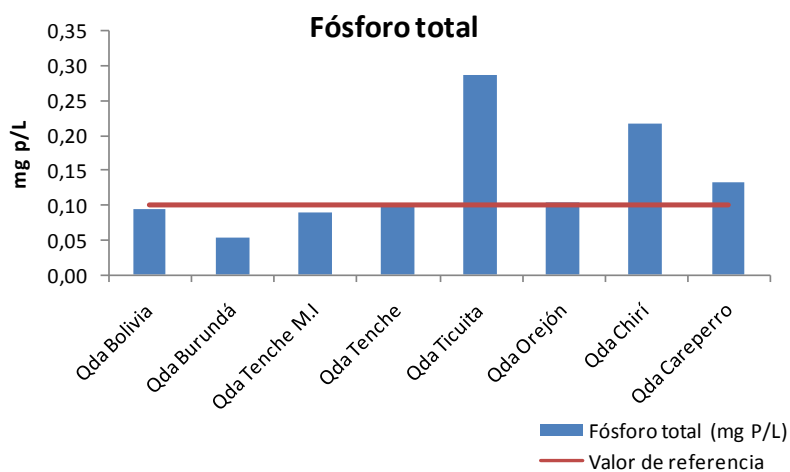
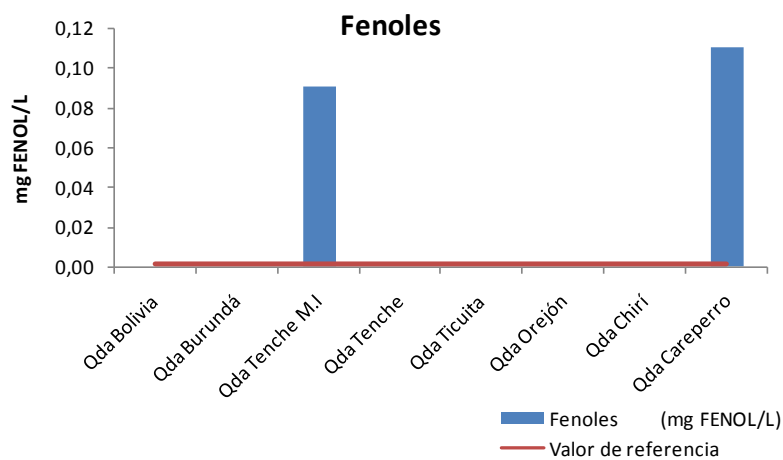
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



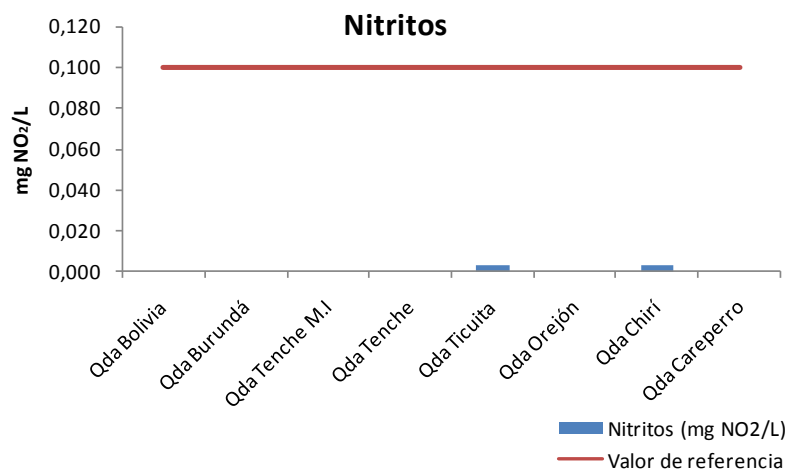
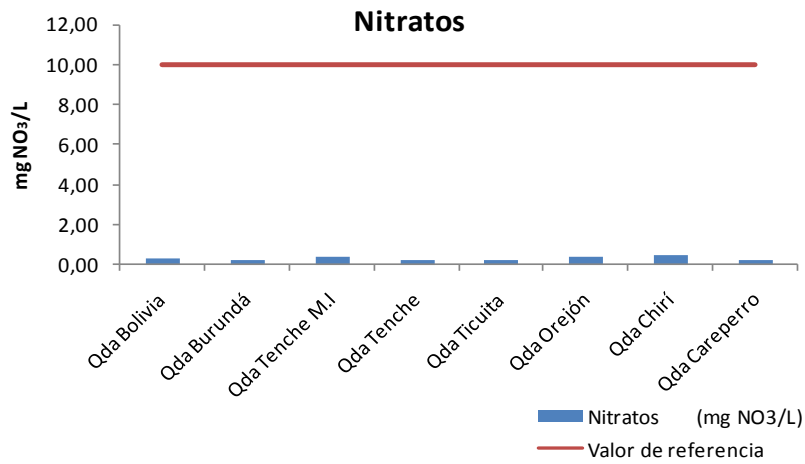
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



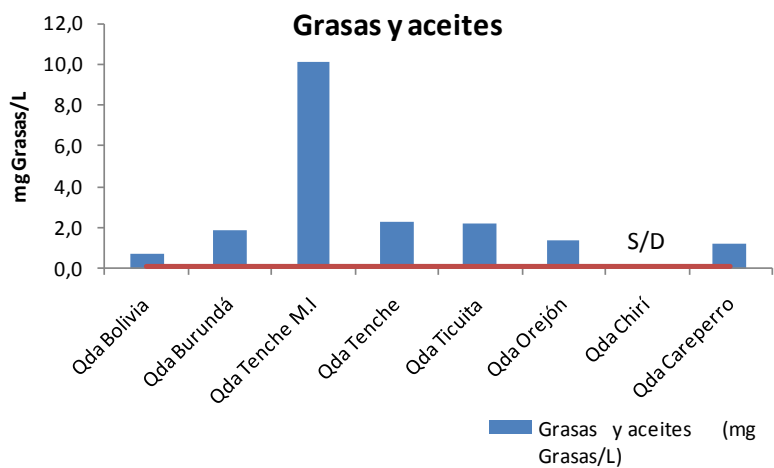
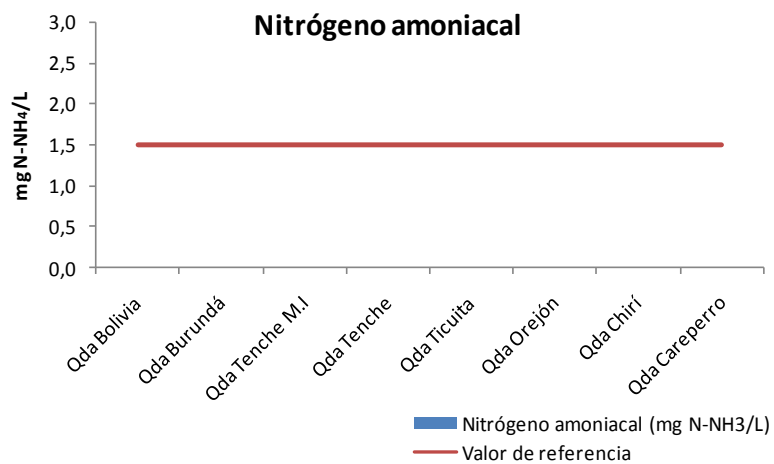
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



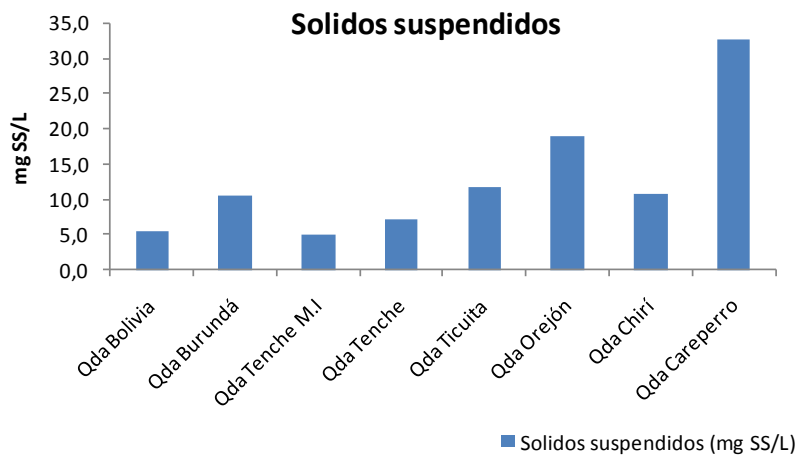
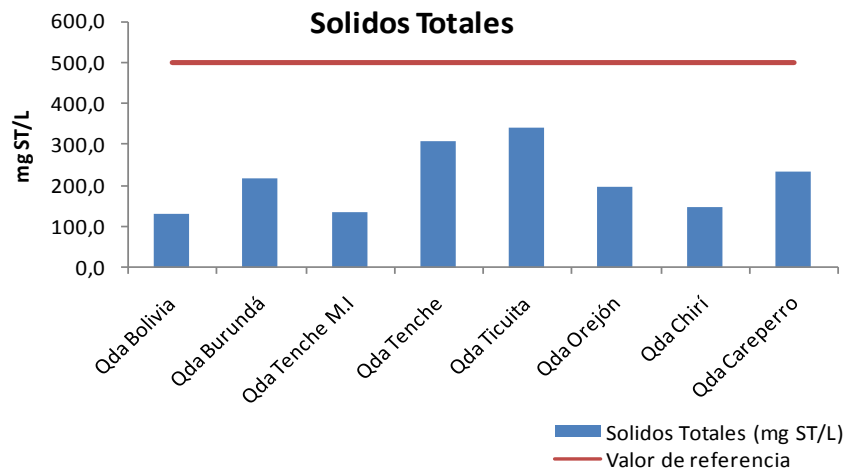
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



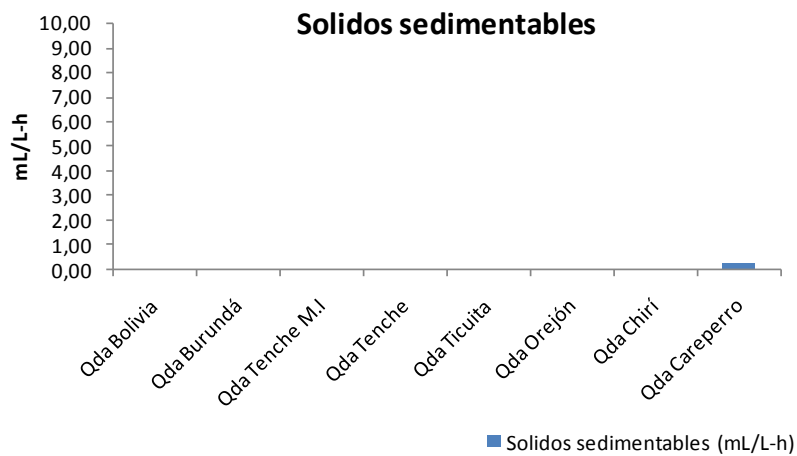
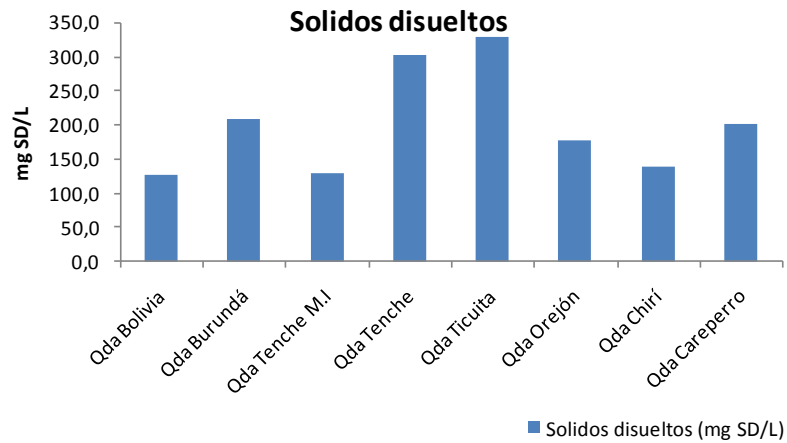
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

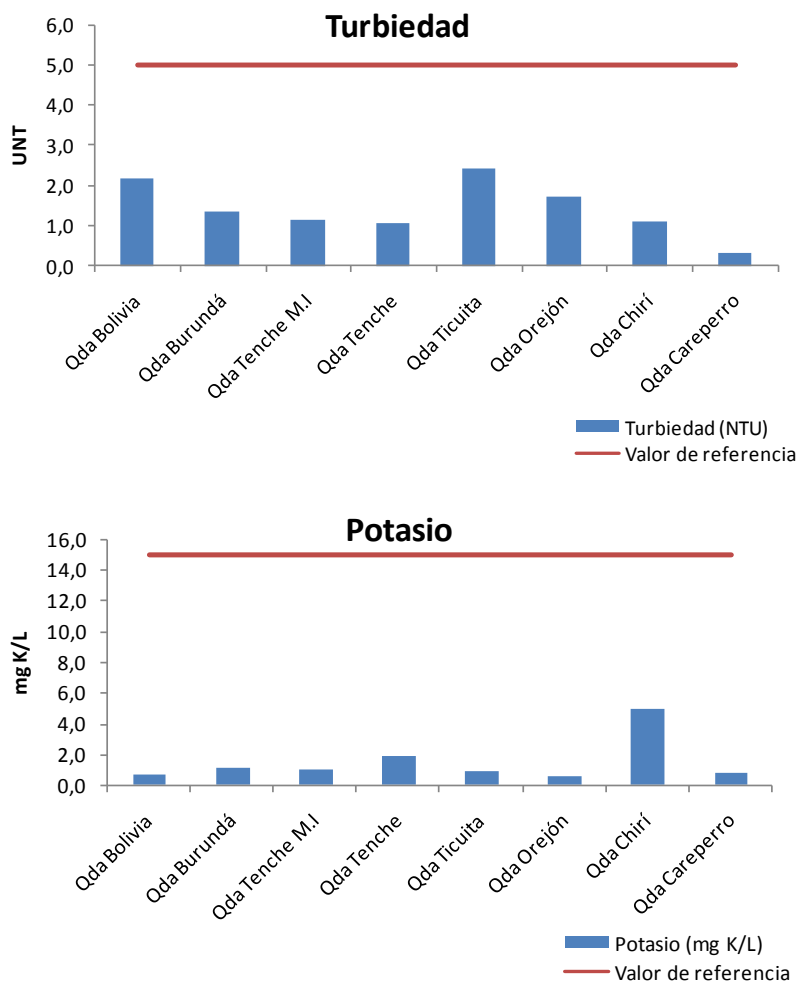


Figura 3.2.5.13 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la vía sustitutiva El Valle – Ituango medidos en laboratorio

A continuación se presentan los valores de los índices de calidad del agua para cada cuerpo de agua evaluado Tabla 3.2.5.32, se puede apreciar que todas las quebradas presentan para la fecha del muestreo un índice entre 70 y 90, es decir que corresponden a una buena calidad del agua. Se recomienda sin embargo durante el monitoreo de estos cuerpos de agua ampliar el índice, involucrando parámetros adicionales como los coliformes totales y fecales y los fosfatos para mejorar la exactitud del índice y ampliar los datos alrededor de estos elementos, es de resaltar que de todas maneras esos parámetros son mas recomendados para cuerpos de agua

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

cuya afectación sea directa sobre estos, bien sea por consumo o vertimiento más no indican información importante en ocupación de cauce por construcción de vías.

Tabla 3.2.5.32 Índice de calidad NFS- WQI y clasificación de afluentes de la vía sustitutiva El Valle - Ituango

Cuerpo de agua	Índice NFS- WQI	Calificación
Quebrada Los Linderos		
Quebrada Bolivia	79	buena
Quebrada Burundá	77	buena
Quebrada Tenche M.I (Villa Luz o La Seca)	84	buena
Quebrada Tenche	82	buena
Quebrada Ticuita	73	buena
Quebrada Orejón	79	buena
Quebrada Chirí	82	buena
Quebrada Careperro	75	buena

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

◆ **Rectificación vía San Andrés de Cuerquia - El Valle**

Los resultados de los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 3.2.5.33; los evaluados en el laboratorio en la Tabla 3.2.5.34, los parámetros microbiológicos medidos en laboratorio se muestran en la Tabla 3.2.5.35 y en la se presentan los resultados de los cálculos de los índices de calidad de agua.

Tabla 3.2.5.33 Resultados de los parámetros medidos *in situ* en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle

Sitio	Temperatura (°C)	O ₂ (mg/l)	%O ₂	pH	Conductividad (µS/cm)
Quebrada Piedecuesta	19,5	3,49	46	8,26	130,9
Quebrada El Diablo	19,7	3,55	46,9	8,35	148,9
Quebrada Cacagual	22,2	3,68	46,2	8,30	169,5
Quebrada Taque	23,5	3,80	48,4	8,25	185,7
Quebrada Matanzas	24,1	3,96	50,4	8,23	401
Quebrada El Roble	20,2	3,73	48,2	8,20	144,4
Río San Andrés	25	3,60	44,2	7,87	48,3
Quebrada El Hoyo	21,5	3,37	41	8,31	188,7
Quebrada Uriaga	25	3,74	47,6	8,24	191,5
Quebrada Los Naranjos	21	3,43	43	8,43	270
Quebrada Churumbo	20,8	3,36	42,5	8,25	194,4

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.34 Resultados de los parámetros fisicoquímicos en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle medidos en laboratorio.

Cuerpo de agua	Alcalinidad Total	Cloruros	DBO ₅	DQO	Dureza Total	Fósforo Total	Fósforo Reactivo	Nitratos	Nitritos	Nitrógeno amoniacal	Nitrógeno Total	Sólidos Totales	Sólidos suspendidos	Sólidos disueltos	Sulfatos	Turbiedad NTU	Hierro
Quebrada Piedecuesta	67,80	1,50	6,89	21,50	27,25	0,091	0,015	0,070	0,001	1,50	1,50	129,00	26,50	102,50	4,85	22,00	0,670
Quebrada El Diablo	68,31	1,50	6,74	21,50	34,84	0,066	0,015	0,020	0,001	1,50	1,50	124,00	31,33	92,67	2,87	20,00	0,628
Quebrada Cacagual	74,71	1,50	8,51	21,50	46,80	0,137	0,071	0,190	0,001	1,50	1,50	141,00	37,00	104,00	8,66	15,00	0,350
Quebrada Taque	66,58	1,50	7,52	21,50	96,04	1,119	0,152	0,060	0,001	1,50	1,50	948,00	688,20	259,80	18,42	660,00	28,72
Quebrada Matanzas	54,51	1,50	7,74	21,50	134,30	7,930	0,015	0,040	0,002	1,50	1,50	322,00	32,40	289,60	17,78	6,28	1,100
Quebrada El Roble	1,40	1,50	8,52	21,50	50,49	0,820	0,015	0,070	0,001	1,50	1,50	135,00	20,90	114,10	5,72	15,30	0,754
Río San Andrés	26,19	1,50	9,31	21,50	17,73	0,086	0,033	0,065	0,004	1,50	1,50	103,00	93,80	9,20	4,21	33,00	190,0
Quebrada El Hoyo	71,35	1,50	8,36	21,50	54,68	0,614	0,050	0,120	0,001	1,50	1,50	135,00	5,70	129,30	13,42	4,89	0,235
Quebrada Uriaga	58,97	1,50	7,76	21,50	50,66	0,058	0,045	0,300	0,001	1,50	1,50	138,00	1,50	135,40	23,34	0,92	0,116
Quebrada Los Naranjos	103,12	1,50	9,04	21,50	83,30	0,090	0,052	0,240	0,001	1,50	1,50	235,00	34,10	200,90	20,10	16,00	0,853
Quebrada Churrumbo	64,71	1,50	9,39	21,50	55,70	0,680	0,048	0,020	0,001	1,50	1,50	113,00	10,05	102,95	16,40	6,19	0,358

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.5.35 Resultados de los parámetros microbiológicos en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle

Cuerpo de agua	Coliformes totales (NMP)	Coliformes fecales (NMP)
Quebrada Piedecuesta	49.000	17.000
Quebrada El Diablo	220.000	17.000
Quebrada Cacagual	920.000	920.000
Quebrada Taque	920.000	920.000
Quebrada Matanzas	170.000	130.000
Quebrada El Roble	1.600.000	900.000
Río San Andrés	170.000	170.000
Quebrada El Hoyo	170.000	170.000
Quebrada Uriaga	1.600.000	1.600.000
Quebrada Los Naranjos	1.600.000	1.600.000
Quebrada Churrumbo	1.600.000	1.600.000

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.5.36 Índice de calidad NFS-WQI y clasificación de afluentes en la rectificación San Andrés de Cuerquia – El Valle

Cuerpo de agua	NSF - WQI	Calidad
Quebrada Piedecuesta	57	Media
Quebrada El Diablo	58	Media
Quebrada Cacagual	58	Media
Quebrada Taque	45	Mala
Quebrada Matanzas	51	Media
Quebrada El Roble	54	Media
R. San Andrés	58	Media
Quebrada El Hoyo	53	Media
Quebrada Uriaga	62	Media
Quebrada Los Naranjos	55	Media
Quebrada Churrumbo	53	Media

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Análisis de Resultados

Además de los niveles de coliformes, los niveles de pH en el agua son muy importantes sobre todo para el suministro de agua potable. Es una característica

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

importante en los procesos de coagulación, desinfección, ablandamiento y control de corrosión; y en los procesos de tratamiento biológico, en donde el pH debe ser controlado de tal forma que no afecte el crecimiento y adecuado desempeño bacteriano.

El pH en los afluentes estudiados varía entre 7,87 y 8,43 para el río San Andrés y quebrada Los Naranjos, respectivamente; según Roldan (1992), los valores de pH en las aguas naturales varían entre 6 y 9, en el momento del muestreo todos los afluentes presentaron ese comportamiento.

Las concentraciones de oxígeno disuelto están influenciadas por el grado de contaminación del agua, por factores como la temperatura, la salinidad y la presión atmosférica. El comportamiento de este parámetro también depende de las condiciones propias del sitio de muestreo, por ejemplo descarga de vertimientos cercanos, por actividad ganadera, etc. La concentración óptima de oxígeno en un cauce es cercana a 18 mg/l. En los resultados del muestreo se observa que la concentración varía entre en 3,36 mg/l y 3,96 mg/l.

La DBO₅ y la DQO presentan valores bajos (DBO₅: 6,89 mg/l – 9,39 mg/l y DQO: 21,50 mg/l), para los 11 puntos de muestreo; como referencia se puede considerar que la medición de DBO₅ en aguas residuales domésticas generalmente está por encima de 250 mg/l y la DQO por encima de 600 mg/l; indicando que la cantidad de materia orgánica presente en los sistemas muestreados es muy baja. Esto se asocia con la disponibilidad de condiciones óptimas para el establecimiento de las comunidades biológicas.

La incidencia de la luz en los cuerpos de agua es una condición física indispensable para el desarrollo de comunidades acuáticas tales como el fitoplancton y depende de la turbiedad, la cual puede ser causada por una amplia variedad de materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos e incluso microorganismos, que se presentan principalmente en aguas superficiales, dependiendo también del grado de turbulencia de la corriente del agua. El análisis de la turbiedad, para los sitios del área es representativa de cauces con calidad regular (RAS, 2000), excepto para la muestra de la quebrada Taque con 660 NTU, representativa de un cauce con calidad deficiente.

Los análisis de alcalinidad, característica que indica la cantidad de iones bicarbonato y carbonato presentes en el agua; cuyo menor valor encontrado para los sitios de muestreo (1,4 mg/l) corresponde a la quebrada el Roble, y el valor más alto corresponde a la quebrada los Naranjos con un valor de 103,12 mg CaCO₃/L. Si se comparan los valores encontrados con lo definido por Roldan (1992), quien establece que las aguas tropicales presentan generalmente una concentración por debajo de 100 mg/l, los cauces cumplen con esta condición, excepto para la quebrada Los Naranjos, que lo supera levemente. Esto quizás por el tipo de suelo o por una intervención antrópica de algún tipo, esto se corrobora con el pH el cual presentó el mayor nivel (8,43) que de todas maneras están dentro del rango apto para consumo humano según la normatividad vigente.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los sulfatos en los puntos muestreados presentan un rango desde 2,87 mg/l para la quebrada El Diablo hasta un valor de 23,34 mg/l en la quebrada Uriaga, estos valores están estrictamente relacionados con el sustrato de los cuerpos de agua y con el pH. Su análisis es importante ya que bajo condiciones anóxicas, el azufre pasa a formar ácido sulfhídrico (H₂S). En aguas neotropicales la concentración normal de sulfatos varía entre 2 mg/l y 10 mg/l (Roldán, 1992), situación que solo se presenta para las quebradas El Diablo, Piedecuesta, Roble y Cacagual y el río San Andrés. Para los otros sitios de muestreo, los valores encontrados para los sulfatos son superiores a 10 mg/l lo cual está relacionado con los valores obtenidos para el pH.

En relación con los cloruros los cuales expresan la salinidad del agua, los afluentes estudiados presentan concentraciones iguales o menores a 3 mg/l, valor que no excede lo reportado en la bibliografía para ríos suramericanos (<5 mg/l). Este parámetro es condicionante para la distribución de los organismos ya que de acuerdo a su concentración generan fuerzas osmóticas que los organismos deben vencer.

◆ Apertura vía Puerto Valdivia - Sitio de presa

Las fotografías de los sitios de muestreo se muestran en el Anexo D-PHI-EAM-EIA-CAP03-CAP03-AXN-D-C0004 donde se ilustran las características de las fuentes de agua correspondientes para calidad del agua en la vía Puerto Valdivia-sitio de presa.

Dado que el levantamiento de la línea base se presentó en dos momentos y fue llevado a cabo por empresas diferentes (octubre de 2009 y febrero de 2010), se presentan los resultados por separado a continuación.

• Muestreo octubre 2009 y febrero 2010

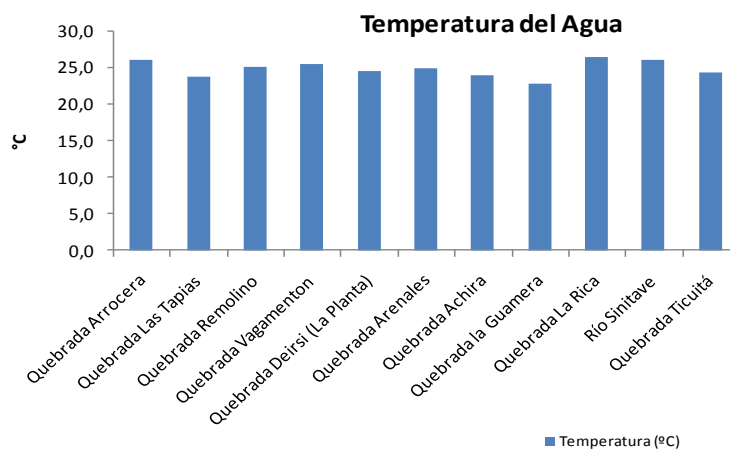
Los resultados de los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 3.2.5.37, adicionalmente, se grafican los resultados comparándolos con valores de referencia que corresponden a la normatividad vigente en el país para aguas superficiales (Decreto 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización. El valor de referencia del pH se estableció para efectos gráficos como 7 unidades de pH, sin embargo se entiende que realmente corresponde a un rango entre 6,5 – 8,5, ver Figura 3.2.5.14.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.37 Resultados de los parámetros medidos in situ de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	pH	Oxígeno disuelto (mg/L)	Saturación de Oxígeno (%)
Quebrada Arrocerá	25,9	112	7,97	7,35	95,37
Quebrada Las Tapias (El Matadero)	23,6	68,8	7,77	7,78	97,9
Quebrada Remolino	25,0	131	7,9	6,11	79,06
Quebrada Vagamenton	25,4	103,2	7,96	6,14	76,8
Quebrada Deirsi (La Planta)	24,4	60,7	7,70	5,53	65,9
Quebrada Arenales	24,8	80,6	7,70	5,81	71,1
Quebrada Achira	23,9	55,3	7,55	6,49	75
Quebrada la Guamera	22,7	36,9	7,36	6,0	67
Quebrada La Rica	26,4	156	8,08	7,87	102,4
Río Sinitavé	26,0	90,8	8,07	8,51	109,2
Quebrada Ticuitá	24,3	330	7,67	6,32	78,4

Fuente: Elaboración propia con base en la información tomada en campo



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

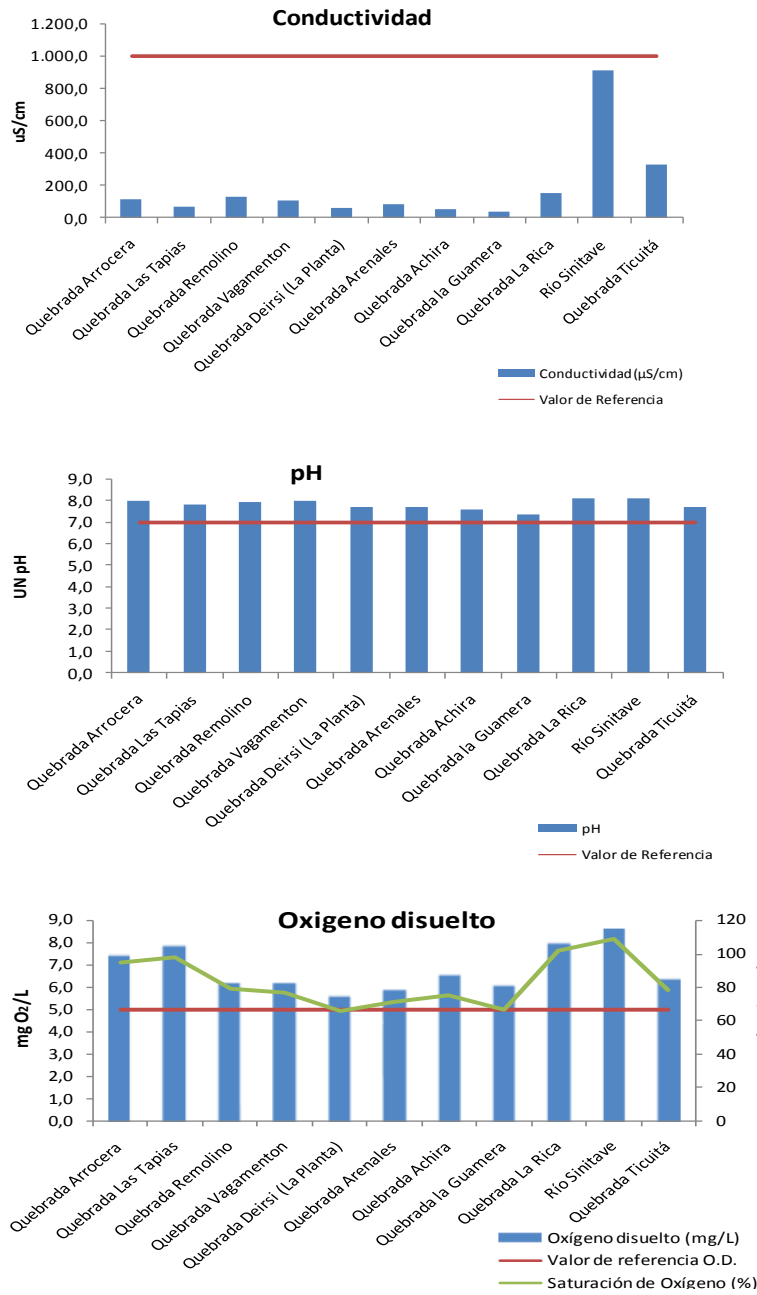


Figura 3.2.5.14 Resultados de los parámetros medidos in situ de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Por su parte los resultados de los parámetros evaluados en el laboratorio se presentan en la Tabla 3.2.5.38, es importante destacar que cuando no hay valores representados en las figuras. Ver Figura 3.2.5.15, es porque el valor es inferior al límite de detección el cual varía de acuerdo al parámetro analizado.

Por su parte en las figuras se presenta un valor de referencia, el cual corresponde, bien sea a valores contemplados en la normatividad vigente en el país para aguas superficiales (Decreto 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización; dado el caso que dicho valor no se encuentre en la norma, se buscarán valores típicos para aguas superficiales de buena calidad. Para el caso del nitrógeno amoniacal, el valor de referencia será $>1,5$ mg/L, para la conductividad será > 1.000 uS/cm y para el potasio $>15,0$ mg/L. En el caso de los sólidos, los totales son los que se encuentran regulados en la norma y se usa el valor para los demás sólidos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.38 Resultados de los parámetros fisicoquímicos en la apertura de la vía Puerto Valdivia – zona de presa, medidos en laboratorio.

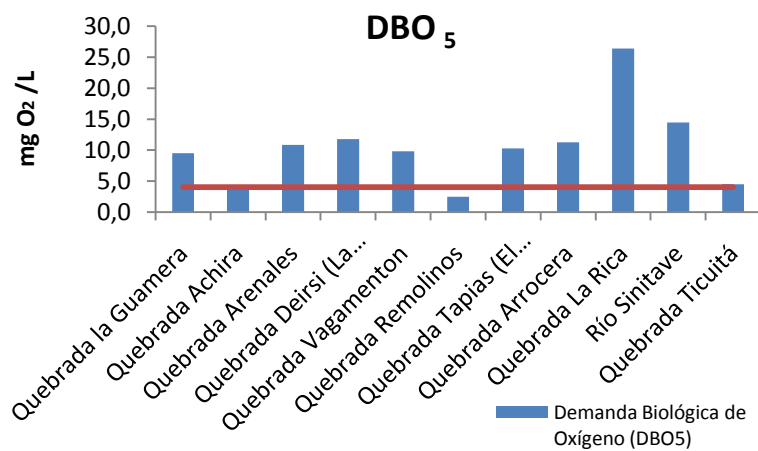
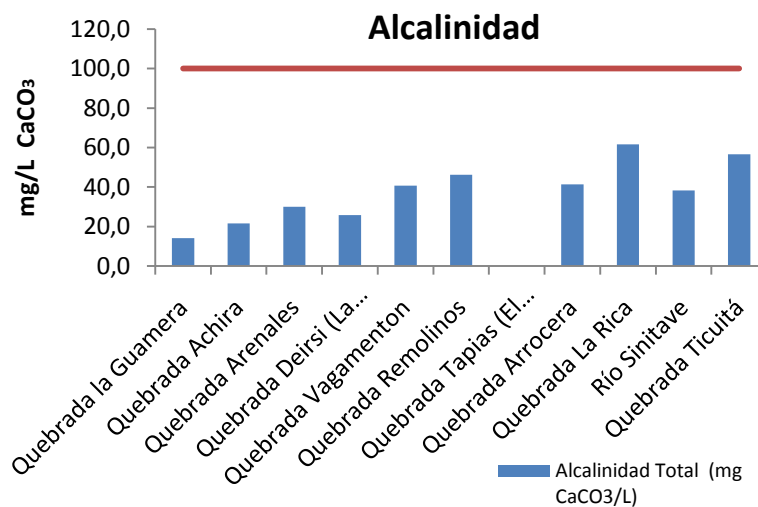
Parámetros analizados	Puntos toma de muestra												
	Quebrada Arrocería	Quebrada Tapias (El Matadero)	Quebrada Remolino	Quebrada Vagamento n	Quebrada Deirsi (La Planta)	Quebrada Arenales	Quebrada Achira	Quebrada la Guamera	Quebrada La Rica	Río Sinitavé	Quebrada Ticuitá	Límite de detección	Valor de Referencia
Acidez Total (mgCaCO ₃ /l)	10,1	9,0	< 9,0	< 9,0	10,1	11,1	13,1	10,1	<9,0	<9,0	<9,0	9,0	50,0
Alcalinidad Total (mg CaCO ₃ /l)	41,30	25,91	46,17	40,72	25,77	30,05	21,49	14,10	61,60	38,28	56,61	9,0	100,00
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	11,28	10,28	2,47	9,83	11,78	10,83	4,17	9,5	26,41	14,46	4,50	2,0	4,00
DQO (mg O ₂ /l)	< 43	< 43	< 43	< 43	< 43	< 43	< 43	< 43	<43	<43	<43	43	20
Compuestos Fenólicos (mgFENOL/l)	<0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	<0,08	0,09	<0,08	0,08	0,001
Fósforo Total (mgP/l)	0,064	0,174	0,077	0,063	0,082	0,080	0,053	0,042	0,056	0,055	0,286	0,03	0,100
Nitratos (mgNO ₃ /l)	0,250	0,330	0,135	0,170	0,190	0,320	0,210	0,150	0,200	0,125	0,230	0,04	10,000
Nitritos (mg NO ₂ /l)	< 0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	0,002	0,1
Nitrógeno Total (mgNTK/l)	< 3,0	< 3,0	3,20	< 3,0	3,10	< 3,0	< 3,0	< 3,0	-	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal (mgNTK/l)		-	-	-	-	-	-	-	5,5	3,8	<3,0	3,0	1,5
Grasas y aceites (mgGRASAS/l)	0,5	0,7	36,8	2,0	20,0	1,2	< 0,5	0,7	2,1	<0,5	2,2	0,5	0,100
Sólidos Totales (mgST/l)	88,0	54,0	105,0	92,0	46,0	74,00	53,0	28,00	119,0	83,0	341,0	12,0	500,0
Sólidos Suspendidos (mgSS/l)	< 3,0	<3,0	< 3,0	< 3,0	5,0	< 3,0	< 3,0	6,10	20,30	17,60	11,70	3,0	
Sólidos Disueltos (mgSD/l)	85,0	51,90	102,80	89,0	41,0	71,90	51,80	21,90	98,7	65,4	329,3	5,0	
Sólidos Sedimentables (ml/l-h)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	
Turbiedad (NTU)	0,23	< 0,2	0,34	< 0,2	0,25	0,20	0,37	< 0,2	1,29	5,16	2,42	0,2	5,00

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

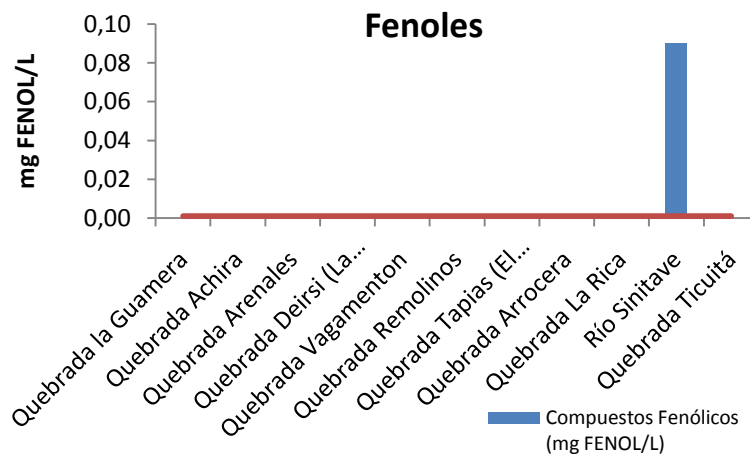
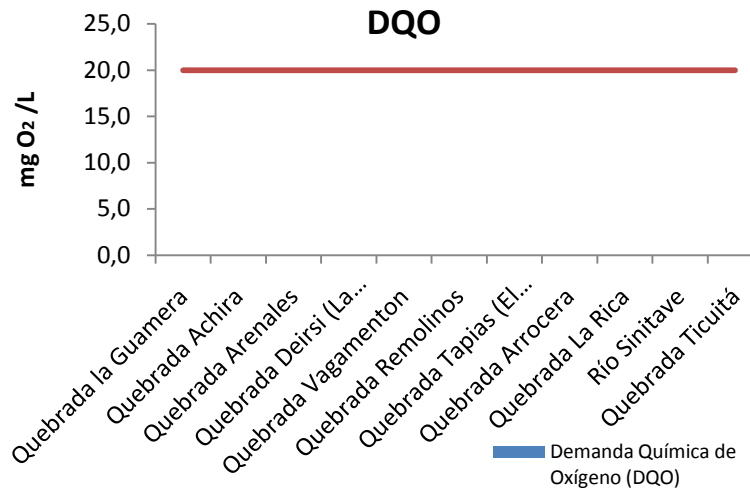
Parámetros analizados	Puntos toma de muestra												
	Quebrada Arrocerá	Quebrada Tapias (El Matadero)	Quebrada Remolino	Quebrada Vagamento n	Quebrada Deirsi (La Planta)	Quebrada Arenales	Quebrada Achira	Quebrada la Guamera	Quebrada La Rica	Río Sinitavé	Quebrada Ticiuita	Límite de detección	Valor de Referencia
Potasio(mgK/l)	9,48	0,941	0,942	0,816	0,743	0,925	0,782	0,521	0,800	0,630	0,880	0.005	15,000

Nota: Los resultados se presentan en mg/l excepto para Turbiedad (NTU- Unidades Nefelométricas de Turbidez) y los sólidos sedimentables (ml/l-h)
 Fuente: Consorcio Generación Ituango.

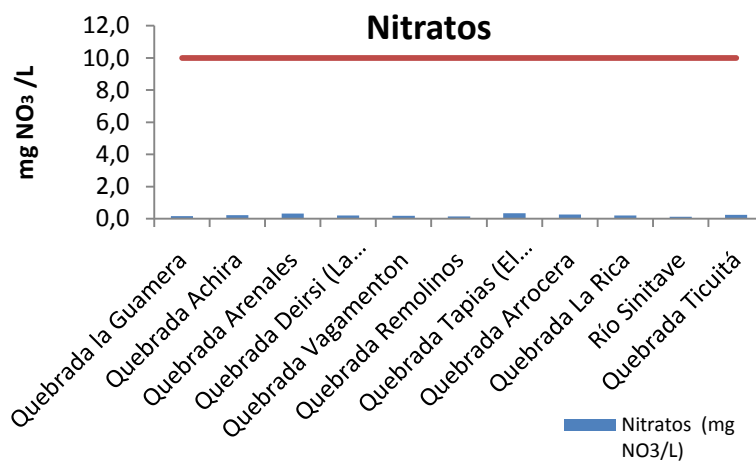
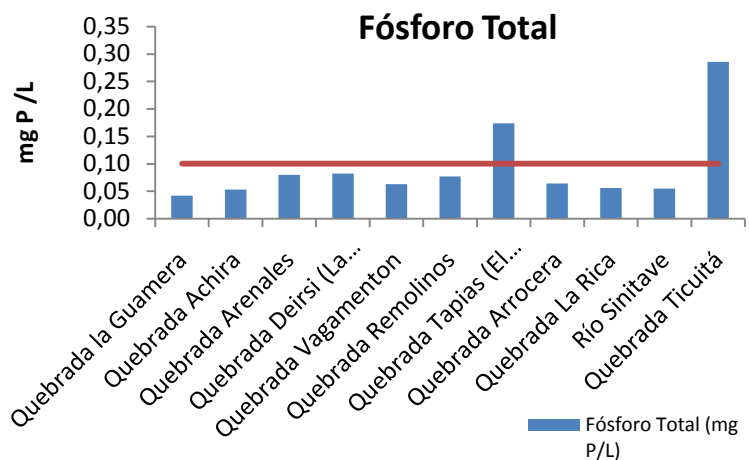
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



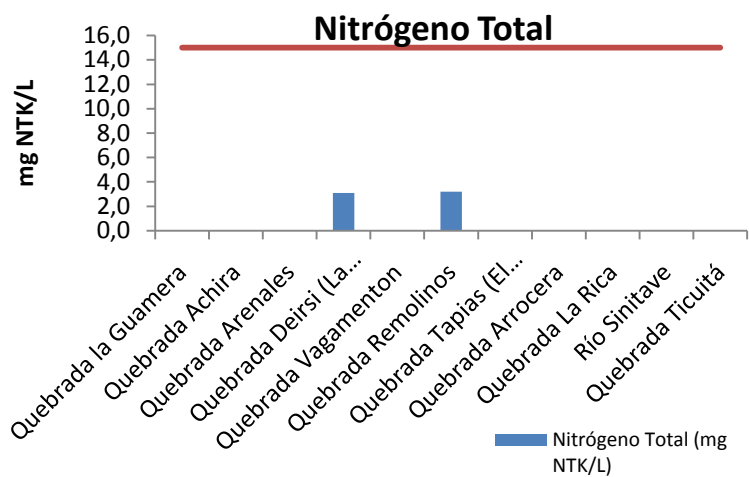
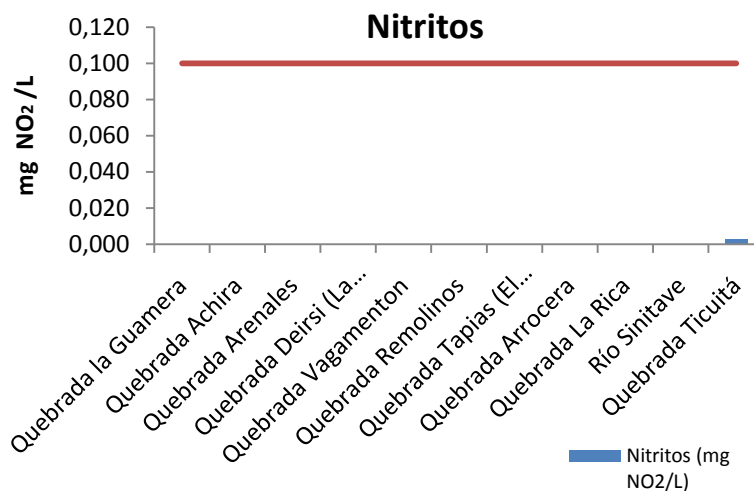
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



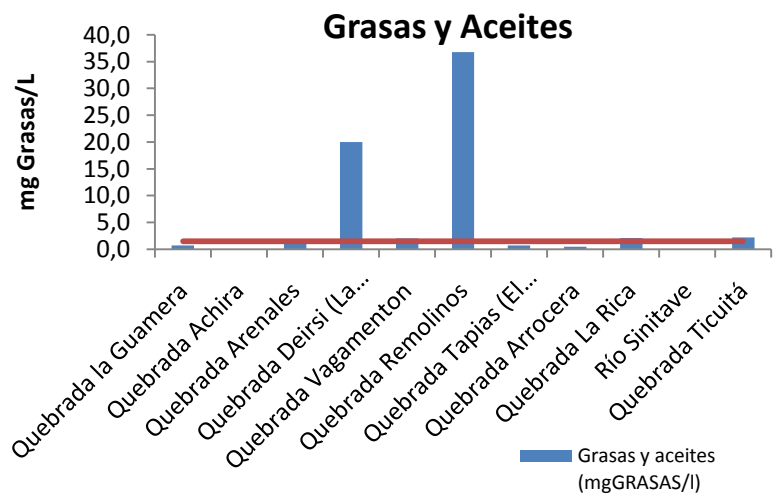
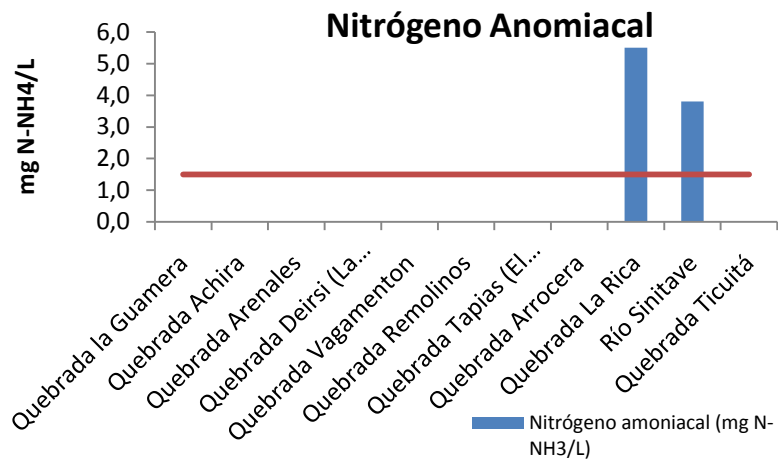
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



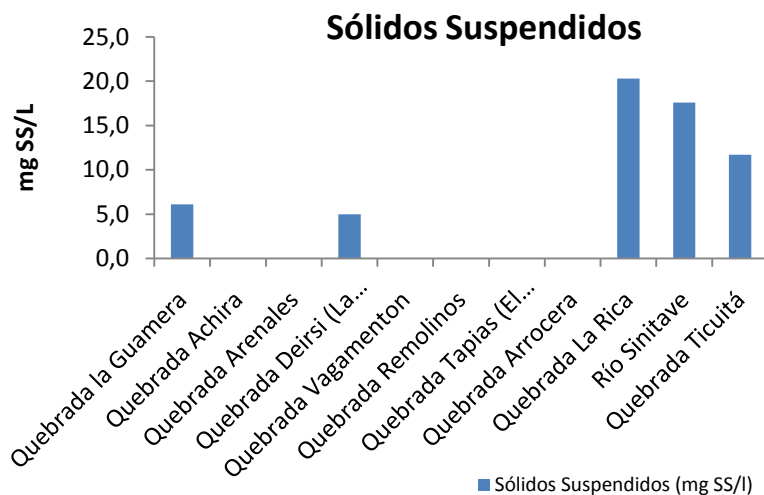
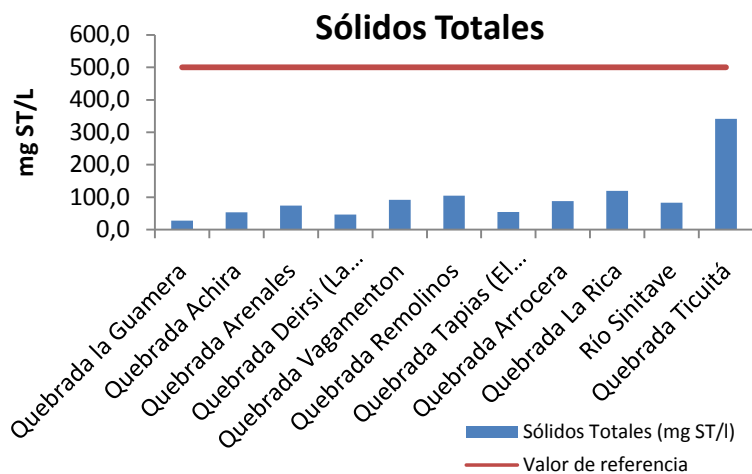
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



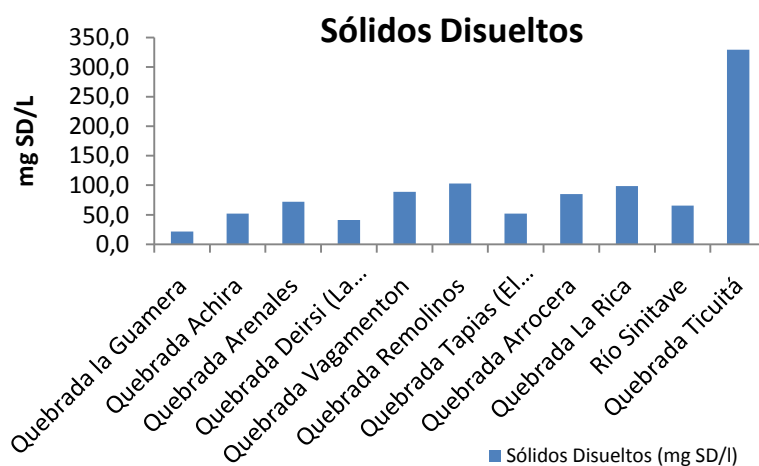
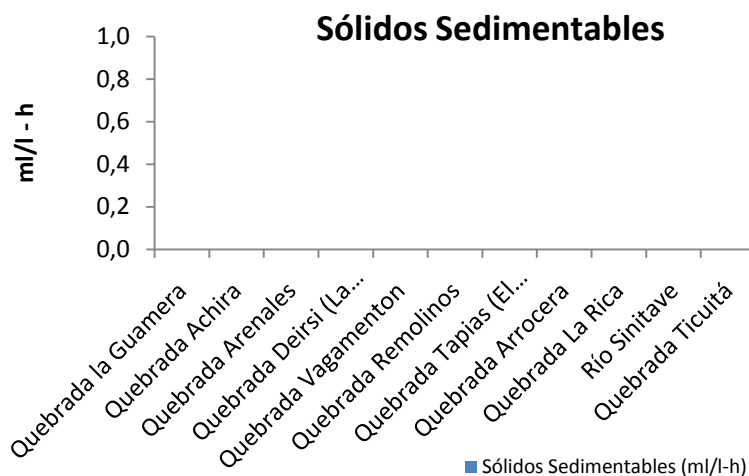
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

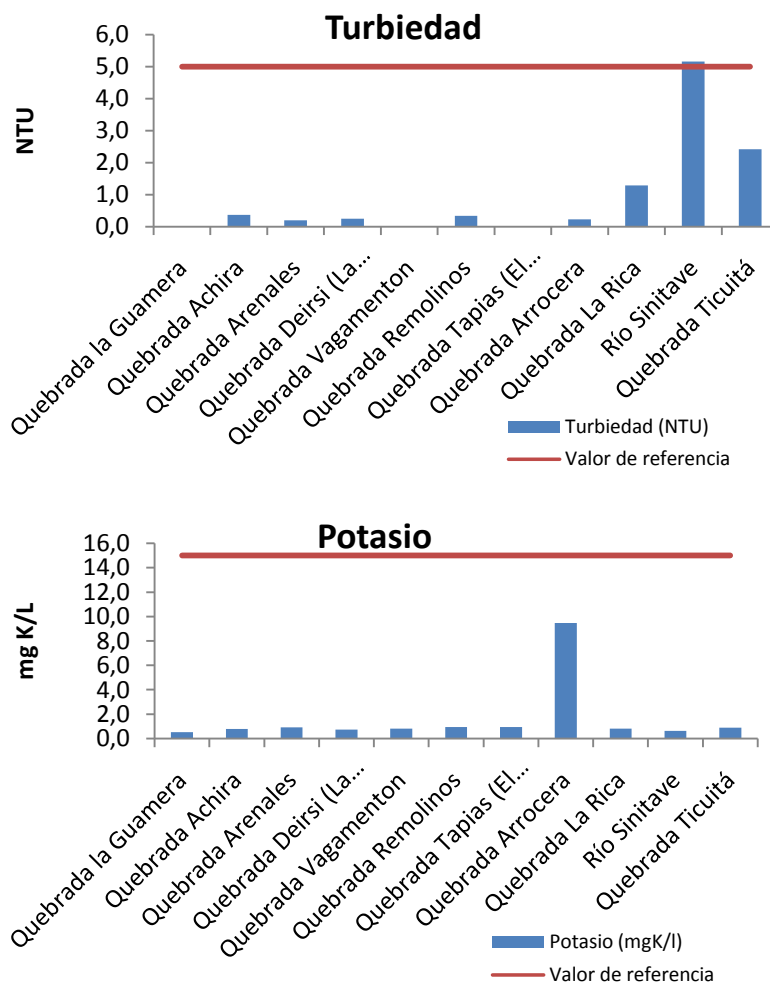


Figura 3.2.5.15 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa, medidos en laboratorio.

En la Tabla 3.2.5.39 y la Figura 3.2.5.16, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

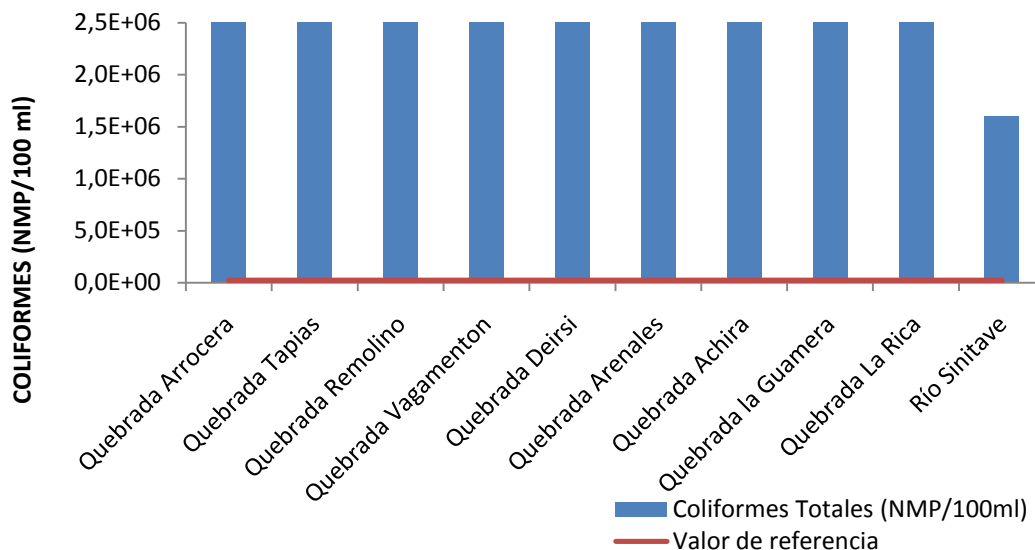
Tabla 3.2.5.39 Resultados parámetros organolépticos y microbiológicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Punto de muestreo	Olor (NUO)	Sabor (NUO)	Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes fecales (E. Coli) (NMP/100ml)
Quebrada Arrocerá	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	1600×10^3
Quebrada Las Tapias (El Matadero)	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Remolino	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Vagamenton	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Deirsi (La Planta)	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Arenales	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Achira	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada la Guamera	Aceptable	Aceptable	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada La Rica	N.D.	N.D.	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Río Sinitave	N.D.	N.D.	$\geq 1600 \times 10^3$	$\geq 1600 \times 10^3$
Quebrada Ticuitá	N.D.	N.D.	1600×10^3	1600×10^3

N.D.: no hay datos

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Coliformes Totales



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

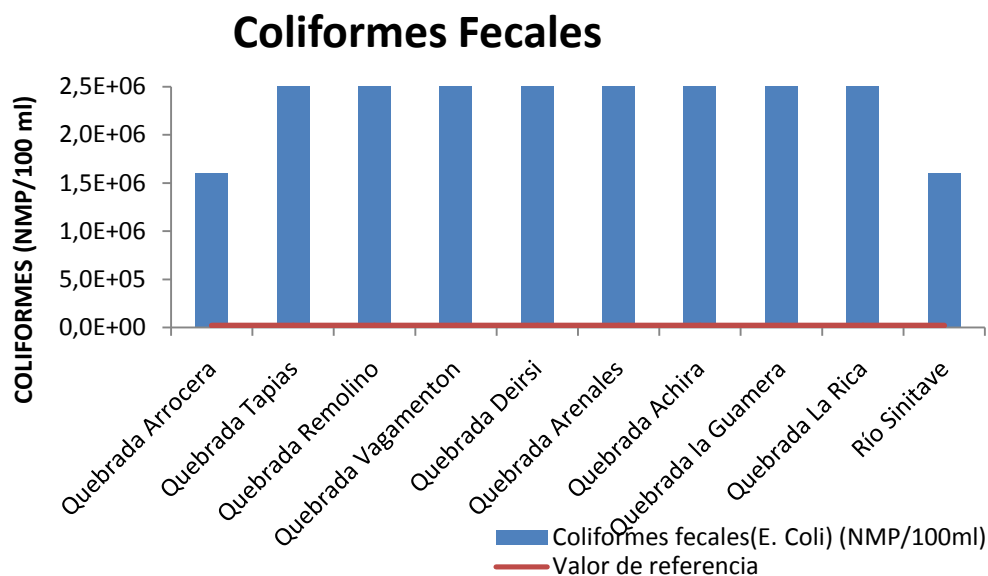


Figura 3.2.5.16 Resultados de los parámetros microbiológicos de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

A continuación se presentan los valores de los índices de calidad del agua para cada cuerpo de agua evaluado (ver Tabla 3.2.5.40). Se puede apreciar que todas las quebradas presentan para la fecha del muestreo un índice entre 70 y 90, es decir que corresponden a una buena calidad del agua. Se recomienda sin embargo durante el monitoreo de estos cuerpos de agua ampliar el índice, involucrando parámetros adicionales como los coliformes totales y fecales y los fosfatos para mejorar la exactitud del índice y ampliar los datos alrededor de estos elementos, es de resaltar que estos parámetros son más recomendados para cuerpos de agua cuya afectación sea directa, bien sea por consumo o vertimiento más no indican información importante en ocupación de cauce por construcción de vías.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.40 Índices de calidad NFS-WQI, ICAObj calificación de los afluentes de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Cuerpo de Agua	Índice NSF-WQI		Índice ICAObj	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Quebrada Arrocerá	83	Buena	1,3	Alta
Quebrada Las Tapias	84	Buena	1,3	Alta
Quebrada Remolino	86	Buena	1,3	Alta
Quebrada Vagamenton	79	Buena	1,3	Alta
Quebrada Deirsi (La Planta)	75	Buena	1,3	Alta
Quebrada Arenales	78	Buena	1,3	Alta
Quebrada Achira	85	Buena	1,3	Alta
Quebrada la Guamera	77	Buena	1,3	Alta
Quebrada La Rica	77	Buena	1,3	Alta
Río Sinitave	78	Buena	1,3	Alta
Quebrada Ticuitá	81	Buena	1,3	Alta

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Análisis de Resultados**

Según el Decreto 1594 de 1984, las fuentes de agua, de acuerdo con su calidad, pueden ser destinados para usos específicos como: consumo humano con tratamiento convencional o desinfección, para uso agrícola, para uso pecuario y/o para uso recreativo con contacto primario o secundario; así mismo el RAS 2000 clasifica en nivel de calidad de las fuentes para su potabilización, en la Tabla 3.2.5.41 se indican los usos y el nivel de calidad para los diferentes cuerpos de agua, este análisis se realizó teniendo en cuenta los resultados de los parámetros evaluados y las interacciones entre ellos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.41 Uso recomendado y clasificación de los afluentes de la apertura de la vía Puerto Valdivia – sitio de presa

Cuerpo de Agua	Decreto 1594/1984							RAS 2000			
	Consumo humano-tratamiento convencional	Consumo humano-desinfección	Uso agrícola	Uso pecuario	Uso recreativo contacto primario	Uso recreativo contacto secundario	Preservación de Flora y Fauna	Fuente Aceptable	Fuente Regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
Quebrada Arroceras				X							X
Quebrada Tapias (El Matadero)				X							X
Quebrada Remolino				X							X
Quebrada Vagamentón				X							X
Quebrada Deirsi (La Planta)				X							X
Quebrada Arenales				X							X
Quebrada Achira				X			X				X
Quebrada La Guamera				X							X
Quebrada La Rica				X							X
Río Sinitave				X							X
Quebrada Ticuitá				X							X

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Al evaluar los cuerpos de agua muestreados con respecto al Decreto 1594 de 1984, se puede decir que ninguna de las fuentes cumple las exigencias para consumo humano, bajo ningún tratamiento, esto por exceder los valores de referencia de la norma en cuanto a grasas y aceites y coliformes; sucede igual para el caso del uso agrícola, ningún cuerpo de agua cumple la norma en cuanto a coliformes.

Para el caso del uso recreativo ya sea por contacto primario o secundario, tampoco son aptas, ya que ninguna fuente cumple con los valores de coliformes, ni de grasas y aceites, así como el río Sinitavé no cumple para la presencia de fenoles; las quebradas La Guamera y Deirsi, no cumplen para el valor del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. Para el caso de la preservación de la flora y fauna, la mayoría no cumple con la norma para el caso de grasas y aceites, a excepción de la quebrada Achira y el río Sinitavé, pero este último excede los valores de nitrógeno amoniacal, lo que solo hace apta para este uso a la quebrada Achira. Finalmente, se concluye que todas las quebradas según este Decreto son aptas solo para uso pecuario. En general, se puede decir que todos los cuerpos de agua muestreados por afectación de la vía Puerto Valdivia-sitio de presa, presentan buena calidad, según los resultados obtenidos por los índices de calidad.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Todos los cuerpos de agua presentan un índice de calidad del agua WQI entre 70 y 90, lo que quiere decir que, corresponden a una buena calidad del agua y que a su vez se les puede dar cualquier uso, ya sea de abastecimiento público, recreativo, para pesca y vida acuática, así como industrial o agrícola, pero con una ligera purificación, tal como lo muestra la tabla de usos potenciales de un cuerpo de agua (RAS 2000) y de acuerdo al índice de calidad (WQI o ICA).

Sin embargo en el cálculo de los índices no se consideran todos los parámetros analizados, por lo tanto, algunos que en su resultado presentan valores críticos comparados con los valores de referencia como: los coliformes y la DBO₅, deben considerarse por separado y hacer una lectura un poco más detallada al respecto. Para el caso de la mayoría de las quebradas analizadas, la DBO₅ presenta valores que sobrepasan los límites de referencia para aguas no contaminadas o aceptables según el RAS 2000, este fenómeno se debe a grandes aportes de materia orgánica, posiblemente por descargas de aguas residuales domésticas; a excepción de la quebrada Remolino, cuyo valor indica aguas aceptables para consumo humano, con tratamientos como desinfección y estabilización. Esta quebrada, pese a tener un valor bajo de DBO₅, tiene altos contenidos de grasas y aceites. Este valor de DBO₅ se considera inusual, ya que en el trabajo de campo se evidenciaron asentamientos urbanos cercanos y disposición de residuos sólidos, lo que debería generar un valor contrario al obtenido, por lo tanto esta fuente debe tener prioridad en los programas de monitoreo.

Igualmente, las quebradas Arrocera y Tapias, poseen altos contenidos de DBO₅, por encontrarse en la zona de influencia urbana, lo que les genera alta carga de contaminantes orgánicos, representados en descargas de aguas residuales domésticas de las casas aledañas. Así mismo, los valores elevados de fósforo total pueden representar contaminación orgánica por aguas residuales.

Es de resaltar, que particularmente, tres fuentes presentan valores elevados en los parámetros evaluados, tal como se describe y analiza a continuación:

- Río Sinitavé: presenta algunos parámetros que sobrepasan los valores de referencia como son los fenoles, la turbidez, nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos, estos últimos, aunque no poseen un valor de referencia, se considera que presentan un valor elevado, lo que indica carga mayor que la de las demás fuentes, debido a que este cuerpo de agua, es receptor de gran cantidad de afluentes receptores de descargas puntuales y difusas de contaminantes (característica propia de un río).
- Quebrada La Rica: presenta altos valores de DBO₅ y nitrógeno amoniacal, lo que evidencia alta contaminación y muy reciente, posiblemente por causa de cultivos aguas arriba del punto de muestreo.
- Quebrada Ticuitá: tiene los sólidos en general con valores muy altos, en especial los sólidos disueltos, lo que indica que es una quebrada con contenidos de contaminación significativos, pero no necesariamente su contaminación es de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

carácter orgánica. Igualmente, tiene contenido de fósforo total alto, indicando un factor de vulnerabilidad en la conservación de la vida acuática, ya que estos cuerpos pueden ser susceptibles de eutrofización. La presencia del fósforo puede deberse tanto a contaminación orgánica como a acciones naturales (disolución de roca, excremento de aves o murciélagos).

El resultado obtenido al comparar los parámetros con la norma del RAS 2000 es que son fuentes muy deficientes, aunque esto se debe sólo a la presencia de coliformes tanto totales como fecales en las aguas, ya que estos valores deben ser nulos. Los demás parámetros cumplen con los valores máximos admisibles.

- Muestreo octubre 2009 y febrero 2010

Con el fin de obtener información adicional a la del primer muestreo, se realizó el segundo muestreo en mayo de 2011 sobre las quebradas a intervenir por posible abastecimiento de agua y recepción de vertimientos y que no habían sido muestreadas antes principalmente por dificultades de acceso y por el estado de avance de los diseños para el momento del anterior muestreo.

En el Anexo ANEXO 3.2.5.1- D-PHI-EIA-CA-LB informe de Caracterización Físicoquímica y Bacteriológica de Cuerpos de Agua Superficiales. Modificación Licencia Ambiental Hidroeléctrica Ituango, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, se encuentran los resultados del muestreo y su respectivo análisis. A continuación se detalla lo más relevante del informe.

Los resultados de los aforos realizados en los puntos de muestreo correspondientes a los cuerpos de agua evaluados se presentan en la Tabla 3.2.5.42.

En la Tabla 3.2.5.43 se presentan los resultados este muestreo. Cabe resaltar que el valor de referencia que se presenta en dicha tabla corresponde a la normatividad vigente en el país (Decreto 1594 de 1984 o en su defecto el Decreto 2115 de 2007, en caso de que el parámetro no esté regulado por la primera norma) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 título B para la potabilización de fuentes de agua superficiales. Cabe mencionar que aunque actualmente la norma que reglamenta los usos del agua es el Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010, los límites de comparación que se incluyen en el presente documento corresponden a los establecidos en el Decreto 1594 de 1984, ya que a la fecha, todavía no se han definido los criterios de calidad para el uso de las aguas (Capítulo V, Artículo 20 Decreto 3930 de 2010).

Existen algunas variables que no están reguladas por la legislación Colombiana, sin embargo en ciertas concentraciones se ha comprobado que pueden ser perjudiciales para la salud (según la organización mundial de la salud OMS⁹), o bien existen

⁹ Guías de Calidad del Agua de bebida de la OMS – 3ra Edición. 2006.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

concentraciones de otros parámetros que simplemente imprimen sabor u olor al agua y por lo tanto dichos rangos se deben tener en cuenta.

En la Tabla 3.2.5.43 se presentan resaltados los resultados que sobrepasan los valores de referencia.

Tabla 3.2.5.42. Aforo de los puntos de muestreo

punto de muestreo	caudal	
	m ³ /s	l/s
Quebrada El Polvillo	0,217	216,74
Quebrada El Guaico	1,700	1700,42
Quebrada Guariman	0,019	18,59

Fuente

En términos generales el flujo de agua difiere entre las tres quebradas evaluadas, lo cual está dado en gran parte por las diferencias en dimensiones (profundidad y ancho principalmente) entre sí. Acorde con esto el cuerpo de agua de mayor envergadura que fue la quebrada Guaico, fue el que tuvo el caudal más alto (1.700,42 l/s). Este valor es aproximadamente ocho (8) veces el flujo de agua que presentó la quebrada Polvillo (216,74 l/s).

Por su parte, el sistema hídrico en el que se evidenció el menor transporte de agua fue la quebrada Guariman, para la cual se obtuvo un caudal muy inferior a los antes mencionados con un resultado de 18,55 l/s.

Tabla 3.2.5.43. Resultados de fisicoquímicos y microbiológicos de las quebradas muestreadas en mayo de 2011

Parámetro	Unidades	Quebrada Polvillo	Quebrada Guaico	Quebrada Guariman	Valores de referencia
% saturación O	%	46,4	74,3	76,1	70
Acidez total	mg/l	8	10,5	14,9	50
Alcalinidad total	mg/l	32,6	53,6	92,6	200
Calcio	mg/l	11,4	43,9	21,4	60
Cloruros	mg/l	<1	<1	<1	250
Coliformes fecales	NMP/100m L	90	260	270	2.000
Coliformes totales	NMP/100m L	500	1.700	2.400	20.000
Conductividad	uS/cm	142	390	217	1000
DBO	mg/l	3	8	4	4
DQO	mg/l	<10	12	<10	20
Dureza total	mg/l	46,6	150	83,4	300
Fósforo orgánico	mg/l	0,024	0,017	0,021	
Fósforo reactivo	mg/l	0,048	0,041	0,064	0,5

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Parámetro	Unidades	Quebrada Polvillo	Quebrada Guaico	Quebrada Guariman	Valores de referencia
Fósforo total	mg/l	0,093	0,073	0,119	
Grasas y aceites	mg/l	<0,08	<0,08	<0,08	ausentes
Hierro	mg/l	0,101	1,39	0,178	5
Magnesio	mg/l	4	11,9	7,95	36
Mercurio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
Nitratos	mg/l	0,174	<0,015	0,107	10
Nitritos	mg/l	0,105	0,1	0,088	0,1
Nitrógeno amoniacal	mg/l	<1	<1	<1	1,0
Nitrógeno total	mg/l	<1	<1	<1	
O.D.	mg/l	3,56	5,74	5,75	5
pH	unidades de pH	7,61	8,09	8,45	6.5-8.5
Potasio	mg/l	0,938	1,14	1,33	15
Sodio	mg/l	2,87	3,48	4,08	200
Sólidos totales	mg/l	70	216	128	500
Sólidos suspendidos totales	mg/l	2	26	8	
Sulfatos	mg/l	20,3	145	17,9	400
Sólidos disueltos totales	mg/l	68	190	109	
Temperatura ambiente	°C	22,2	24,3	22,1	
Temperatura del agua	°C	21,6	20,2	20,1	
Turbiedad	UNT	1,96	11,4	4,99	10

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

• **Análisis de resultados**

En general, los valores fisicoquímicos son normales y permiten el desarrollo adecuado de la hidrobiota que se establece en este tipo de ecosistemas.

Los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados presentan valores acordes con los definidos en el Decreto 1594 de 1984 para la destinación del agua en uso/consumo doméstico/humano, fines agrícola/pecuario y preservación de flora y fauna. Pese a que respecto a la turbidez, la quebrada Guaico no estuvo acorde con la normatividad al tenerse un resultado levemente superior al máximo permisible para fines de consumo humano y uso doméstico, en términos generales para las tres corrientes hídricas es necesario realizar un tratamiento convencional previo a la utilización del agua en los últimos fines mencionados, debido a la presencia de coliformes de tipo fecal en todos los puntos evaluados.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En la Tabla 3.2.5.43 se aprecia que pocos parámetros no cumplen los valores de referencia, esto indica que las tres fuentes de agua tienen en general una buena calidad, sin embargo, la quebrada El Polvillo tiene un leve déficit de oxígeno disuelto, lo cual no la hace apta para uso recreativo con contacto secundario (pesca). La mayor turbidez de la quebrada El Guaico puede estar asociada al mayor nivel de sólidos suspendidos (sin que supere de todas maneras el valor de referencia). Son aguas aptas para el consumo humano con tratamiento convencional (1594 de 1984 artículo 38). La quebrada El Polvillo es apta incluso para consumo humano solo con desinfección (1594 de 1984 artículo 39). Las tres quebradas tienen características de cuerpos de agua en buen estado de conservación, sin intervención antrópica o mínima. En general son aguas de calidad aceptable para fuentes de abastecimiento con tratamiento tipo desinfección y estabilización, comparándolos con el RAS 2000.

A continuación se presentan los valores de los índices de calidad del agua para cada cuerpo de agua evaluado. En la Tabla 3.2.5.44 se puede apreciar que todas las quebradas presentan para la fecha del muestreo un índice WQI entre 70 y 72, es decir que corresponden a una buena calidad del agua. Aunque en el caso de la quebrada Guaico, la condición buena está en el límite inferior, estando cercano al rango de calidad media, debido a la presencia de mayores contenidos de sólidos en general y DBO₅, respecto a los dos cuerpos de agua restantes. Cabe resaltar que el índice solo involucra unos parámetros específicos, por lo que se debe analizar los demás parámetros involucrados en el muestreo para determinar la calidad de estos cuerpos de agua.

Tabla 3.2.5.44. Resultado cálculo del índice de calidad WQI-NFS

Corriente	WQI	Calidad
Quebrada Polvillo	71,04	Buena: 71-90
Quebrada Guaico	70,12	Media: 51-70
Quebrada Guariman	72,88	Mala: 26-50

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En términos generales la adecuada calidad del agua está dada por una correcta disponibilidad de oxígeno, sumado a un pH normal y carga orgánica y de sólidos generalmente baja, lo cual se contrarresta con la presencia de coliformes fecales, que fue la condición que principalmente reduce la calidad del agua en los sistemas hídricos evaluados.

Acorde con lo mencionado anteriormente, en general la condición de calidad de agua buena, sugiere que las corrientes hídricas objeto de estudio no han sido afectadas por condiciones antrópicas particulares, teniendo como resultado una calidad de agua asociada a las condiciones hidroclimáticas de la zona para la fecha de monitoreo.

Dentro de los índices de contaminación, fueron calculados: índice de mineralización (ICOMI), índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) y el índice de contaminación trófico (ICOTRO). El ICOMI, se expresa en las variables de conductividad, dureza y

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

alcalinidad. El ICOMO comprende la relación entre tres variables fisicoquímicas (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno), las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica. ICOSUS involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua y el ICOTRO se determina con la concentración del fósforo total. Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua (Ramírez *et al.*, 1997).

En la Tabla 3.2.5.45 se presentan los resultados de los valores de ICO para cada corriente de agua muestreada en este estudio.

Tabla 3.2.5.45. Índices de Contaminación (ICO) obtenidos en los cuerpos de agua evaluados.

ESTACIÓN	ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN			
	ICOMI	ICOMO	ICOSUS	ICOTRO
Quebrada El Polvillo	0,15	0,30	0,00	0,09
Quebrada El Guaico	0,88	0,40	0,06	0,07
Quebrada Guariman	0,40	0,35	0,00	0,12
Indicación	Baja contaminación (cercano a 0) Alta contaminación (cercano a 1)			OLIGOTRÓFICO (<0,01) MESOTRÓFICO (0,01 – 0,02) EUTRÓFICO (0,02 – 1) Hipereutrófico (>1)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Para el índice de mineralización (ICOMI), los resultados obtenidos difieren entre estaciones teniéndose una baja contaminación en la quebrada El Polvillo, mientras que en el caso de la quebrada El Guaico tiende a ser alta la contaminación de este tipo, debido a los resultados de conductividad y dureza, muy superiores a lo reportado en los dos cuerpos de agua restantes. Para el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO), se registraron valores entre 0,30 y 0,40, los cuales son cercanos entre sí, y en general indican una contaminación moderada por materia orgánica, que es congruente con los resultados de oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes totales obtenidos en los diferentes cuerpos de agua.

El índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS) presentó valores mínimos en los diferentes cuerpos de agua caracterizados, teniéndose solamente un resultado de 0,06 en el caso de la quebrada El Guaico, donde se observó la mayor carga de este tipo de sólidos, que fue igualmente baja. En el caso de las corrientes hídricas restantes los resultados fueron nulos (ICOSUS igual a 0,00), debido a la presencia muy baja de partículas en suspensión.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El mayor valor de ICOTRO corresponde a la quebrada Guariman, donde se obtuvo el mayor reporte de fósforo total. Sin embargo en general los resultados de fósforo total obtenidos para los diferentes puntos evaluados tienden a ser bajos, y al igual que los demás índices de contaminación evaluados, son coherentes con la condición favorable de las aguas en la zona, siendo correspondiente con la calidad buena indicada para los tres cuerpos de agua evaluados.

En general, según los resultados obtenidos para los cuatro índices de contaminación evaluados, se observa que la mayor afección sobre las aguas de la zona está dada por los iones (ICOMI) y materia orgánica (ICOMO), aunque cabe mencionar que exceptuando el índice de contaminación por mineralización obtenido para la quebrada Guaico, en general la presencia de algún tipo de contaminación en los cuerpos de agua es prácticamente nula, tal como lo corroboran los resultados del ICOSUS. Acorde con esto y correspondientes con el índice de calidad del agua WQI antes discutido, se determina que los tres cuerpos de agua presentan condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas adecuadas, con una condición buena que no refleja alguna influencia particular que tenga incidencia sobre la calidad del recurso hídrico en el área estudiada.

Al integrar los resultados de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados con los criterios establecidos en el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, así como la relación existente entre éstos y los valores obtenidos de los índices de calidad del agua (WQI) y contaminación del agua (ICO), se determinó que los cuerpos de agua evaluados presentan una calidad de agua buena y por ende una baja contaminación por carga orgánica, trofia, mineralización y por sólidos suspendidos. Lo anterior se da por la presencia de condiciones adecuadas de pH, presencia de sólidos en general y bajas concentraciones de DBO₅ y coliformes en general.

La caracterización fisicoquímica y bacteriológica realizada para los cuerpos de agua superficiales ubicados en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, permitió corroborar un adecuado estado del recurso hídrico de todas las corrientes acuáticas evaluadas, pese a la presencia de un mayor contenido de iones en general en la quebrada Guaico, respecto a los dos ecosistemas restantes monitoreados.

- Ajuste cartográfico por Cola del Embalse

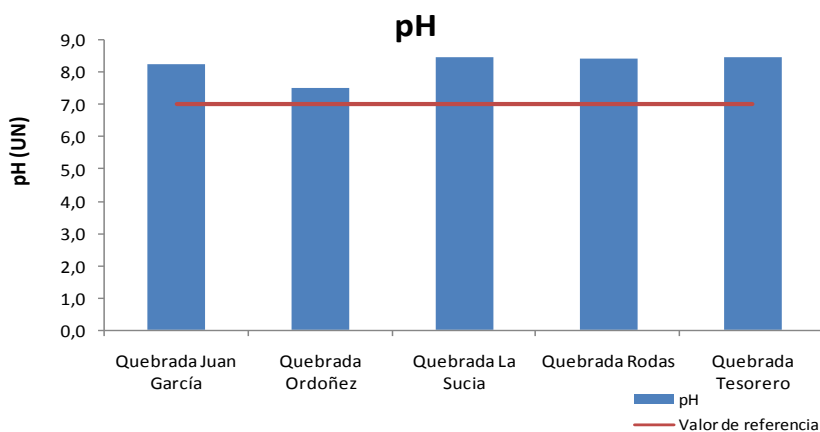
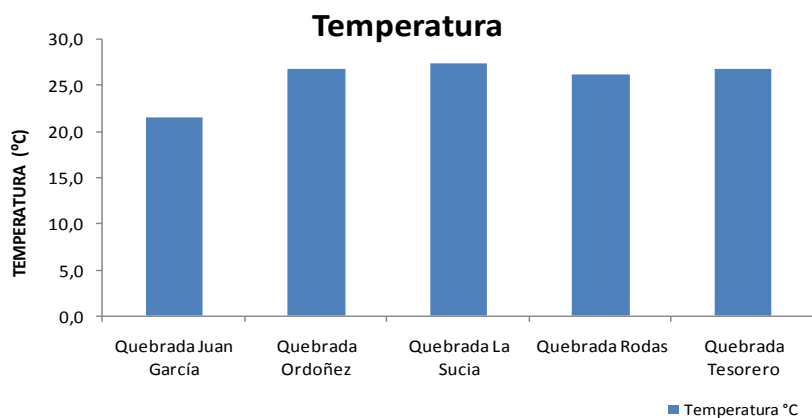
Los resultados de los parámetros medidos *in situ* se presentan en la Tabla 3.2.5.46 y en la Figura 3.2.5.17. Cabe resaltar que el valor de referencia que se presenta graficado en las figuras corresponde a la normatividad vigente en el país para agua potable (Decretos 1575 de 2007 y 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización de fuentes de agua superficiales. El valor de referencia del pH se estableció para efectos gráficos como 7 unidades de pH, sin embargo se entiende que realmente corresponde a un rango entre 6,5 – 8,5.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.46 Resultados de los parámetros medidos *in situ* de la corrección por cola del embalse

	Temperatura °C	pH	Conductividad uS/cm	Oxígeno disuelto mg/l	saturación de oxígeno %
Quebrada Juan García	21,6	8,26	214	10,2	123,7
Quebrada Ordoñez	26,9	7,54	354	8,52	114,7
Quebrada Sucia	27,5	8,5	364	10,79	109
Quebrada Rodas	26,2	8,43	180,5	11,22	147
Quebrada Tesorero	26,8	8,46	688	10,44	138,6

Fuente: Consorcio Generación Ituango.



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

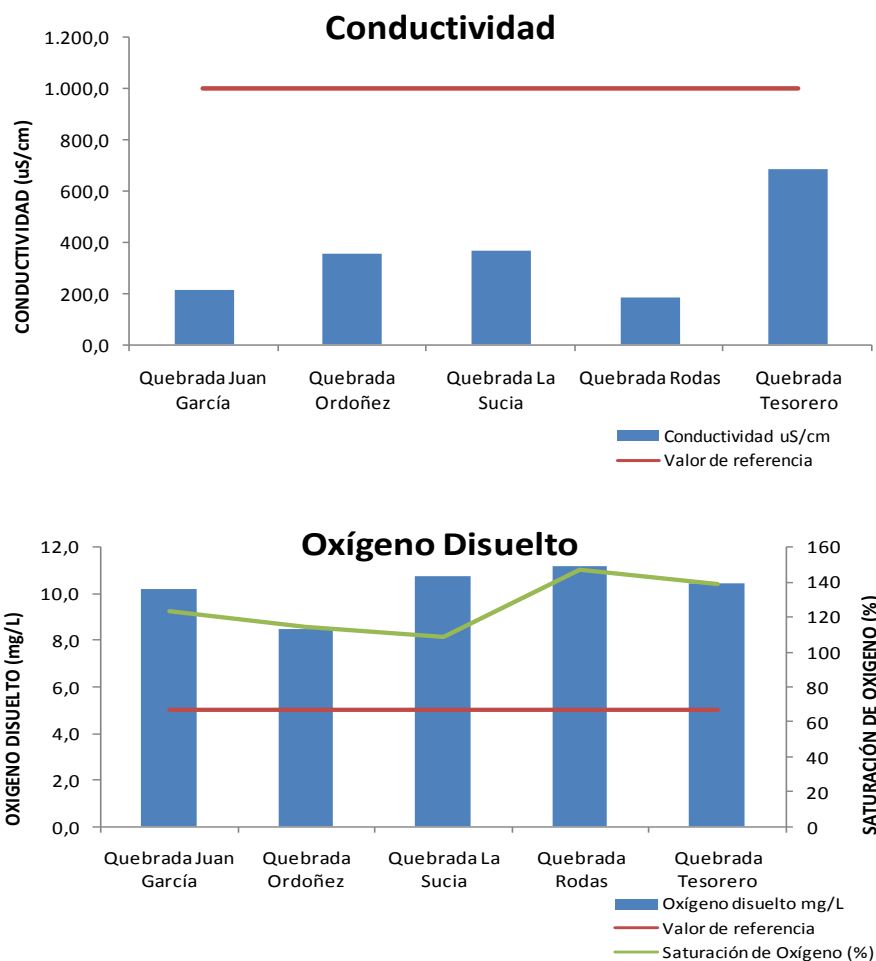


Figura 3.2.5.17 Resultados de los parámetros medidos *in situ* de la corrección por cola del embalse

Los resultados de los parámetros evaluados en el laboratorio se presentan en la Tabla 3.2.5.47 y en la Figura 3.2.5.18. Es importante destacar que cuando no hay valores representados en las figuras, es porque el valor es inferior al límite de detección el cual varía de acuerdo al parámetro analizado.

En las figuras se presenta un valor de referencia, el cual corresponde, bien sea a valores contemplados en la normatividad vigente en el país para agua potable (Decreto 2115 de 2007), criterios de calidad del agua según el uso (Decreto 1594 de 1984) o de acuerdo al nivel de calidad establecido por el RAS 2000 para la potabilización de fuentes de agua superficiales; dado el caso de que dicho valor no se encuentre en la norma, se buscaron valores típicos para aguas superficiales de buena calidad o niveles que le imprimen al agua características estéticas desagradables. Según eso para el

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

nitrógeno amoniacal, el valor de referencia es 1,5 mg/l, para la conductividad es 1000 uS/cm, para el sodio es 200 mg/l y para el potasio es 15,0 mg/l. En el caso de los sólidos, los totales son los únicos que se encuentran regulados en la norma.

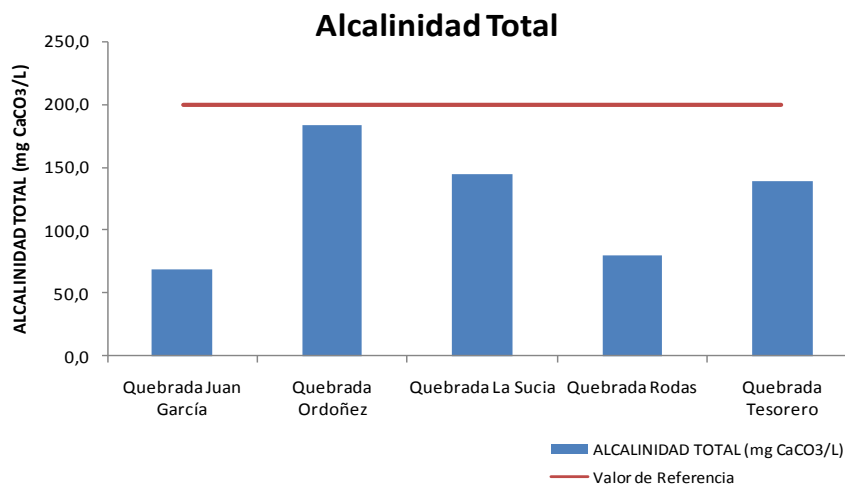
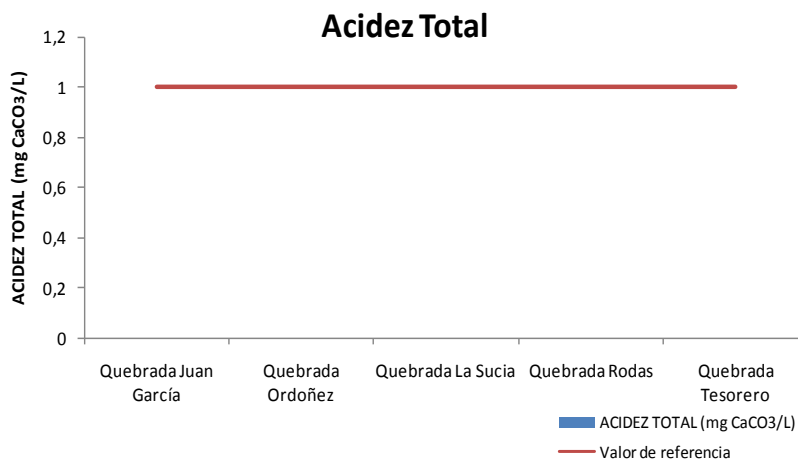
Tabla 3.2.5.47 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la corrección por cola del embalse.

Parámetros	Quebrada Juan García	Quebrada Ordoñez	Quebrada La Sucia	Quebrada Rodas	Quebrada Tesorero	Limite de detección	Valor de referencia
Acidez total (mg CaCO ₃ /l)	< 9,0	< 9,0	< 9,0	< 9,0	< 9,0	9.0	50
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /l)	69,09	183,26	144,05	79,77	139,23	9.0	200,0
Cloruros (mg Cl/l)	5,50	< 3,0	4,50	10,00	14,00	3.0	250,0
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	8,65	6,15	6,56	9,74	8,5	2	4
DQO (mg O ₂ /l)	< 43	< 43	< 43	< 43	< 43	43	20
Dureza total (mg CaCO ₃ /l)	76,282	82,675	118,027	45,632	139,658	0.038	300,0
Fósforo total (mg P/l)	0,271	0,069	0,044	0,102	0,039	0.03	
Fósforo reactivo (mg P-PO ₄ /l)	0,1	0,042	0,033	0,062	< 0,03	0.03	0,5
Fósforo orgánico (mg P ^{org} /l)	0,141	0,027	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0.03	
Nitratos (mg NO ₃ /l)	0,52	0,25	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0.04	10,0
Nitritos (mg NO ₂ /l)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0.002	0,1
Nitrógeno amoniacal (mg N-NH ₃ /l)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	3.0	1,5
Nitrógeno total (mg NTK/l)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	4,16	3.0	
Grasas y/o aceites (mg grasas/l)	0,9	6,2	2,7	1,1	2,0	0.5	0,1
Sólidos totales (mg ST/l)	318,0	210,0	304,0	141,0	675,0	12.0	500,0
Sólidos suspendidos (mg SS/l)	180,0	< 3,0	50,0	7,0	< 3,0	3.	
Sólidos disueltos (mg SD/l)	138	206,5	254,0	134,0	673,0	5.0	
Sólidos sedimentables (ml/l -h)	0,10	< 0,1	< 0,1	0,10	< 0,1	0.1	
Sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ /l)	43,66	25,95	8,8	14,3	294,40	2.5	250,0
Turbiedad (NTU)	76,10	0,93	2,03	3,21	0,82	0.2	2
Calcio (mg Ca/l)	13,986	11,016	15,449	7,786	9,599	0.005	60
Hierro (mg Fe/l)	6,172	2,003	0,201	0,227	< 0,199	0.199	0,3
Magnesio (mg Mg/l)	10,043	13,397	19,293	6,360	28,093	0.01	36
Mercurio (µg Hg/l)	< 0,488	< 0,488	0,488	< 0,488	< 0,488	0.000488	0,001
Potasio (mg K/l)	0,899	0,531	0,812	1,625	1,161	0.005	15
Sodio (mg Na/l)	66,400	14,953	20,213	10,077	23,693	0.03	200

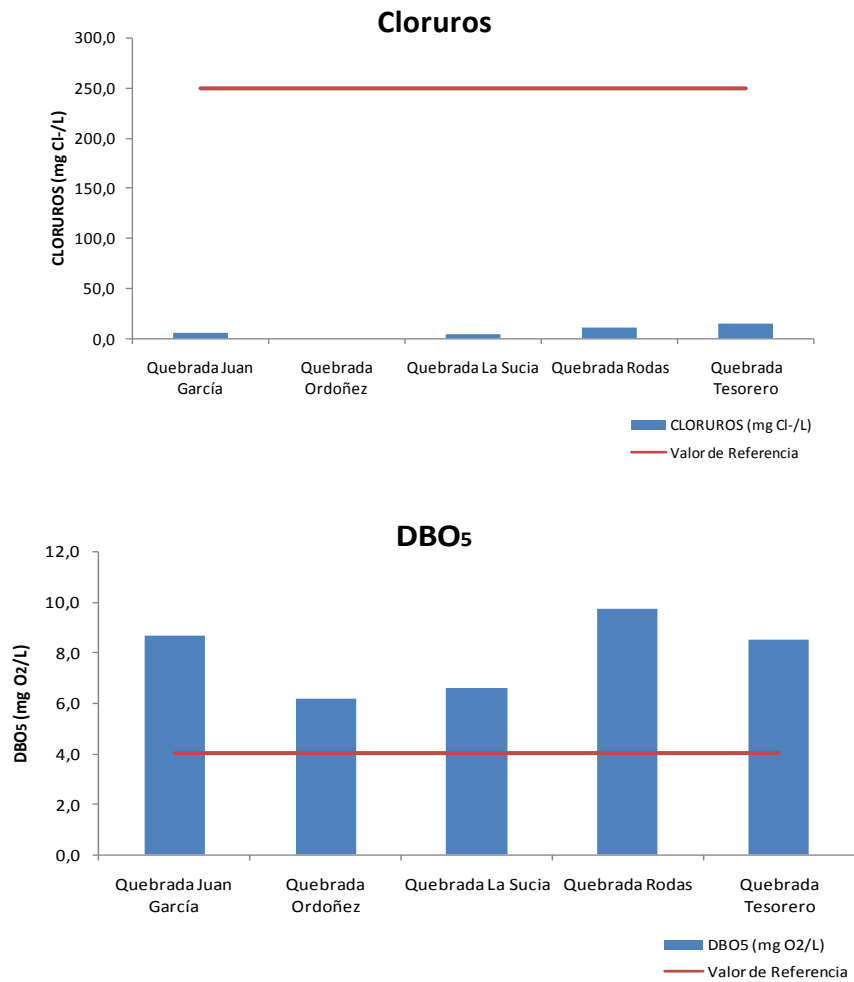
Los resultados se presentan en mg/l excepto para Turbiedad (NTU Unidades nefelométricas de turbidez) y los sólidos sedimentables (ml/l h)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

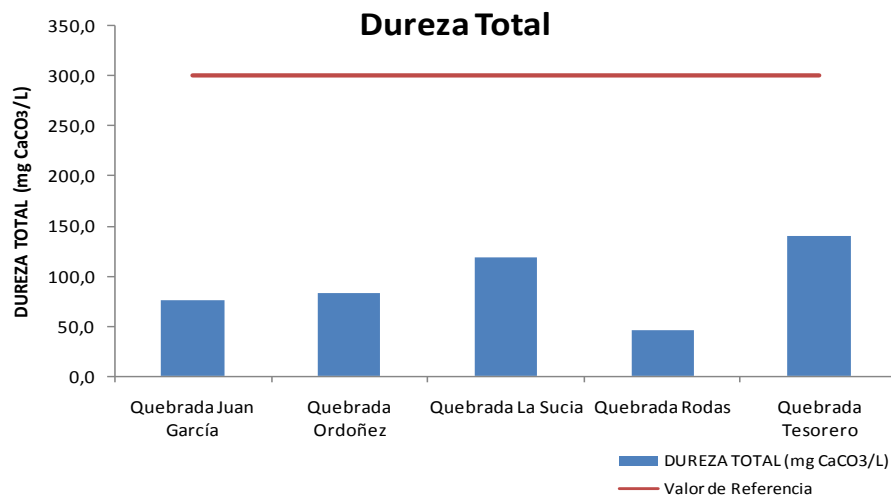
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



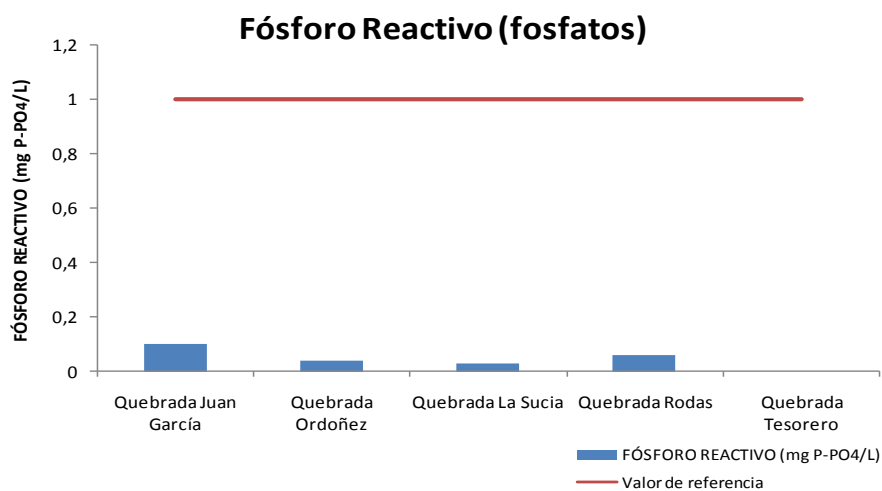
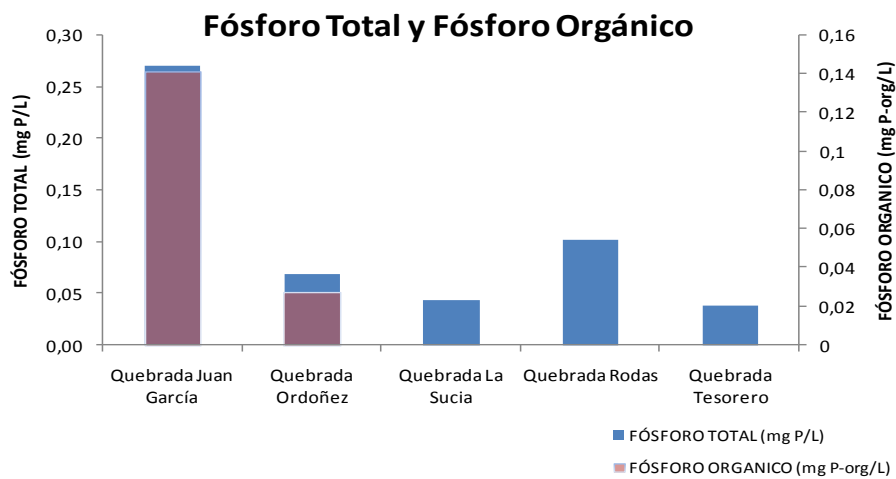
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



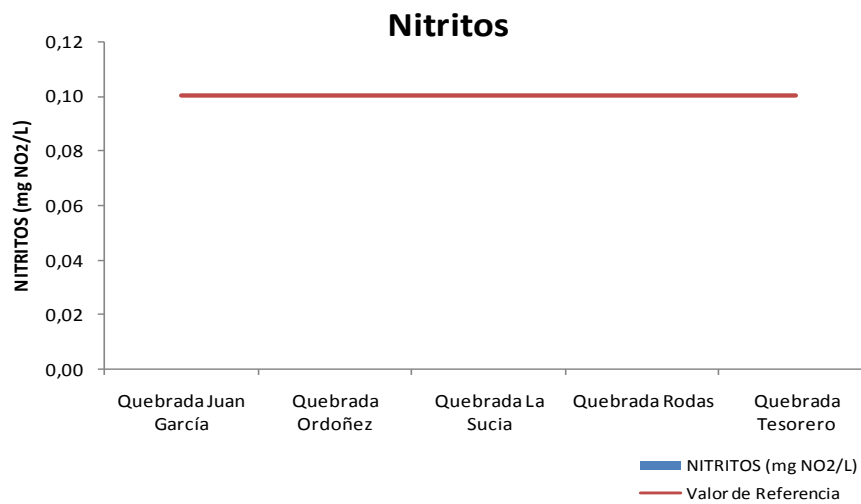
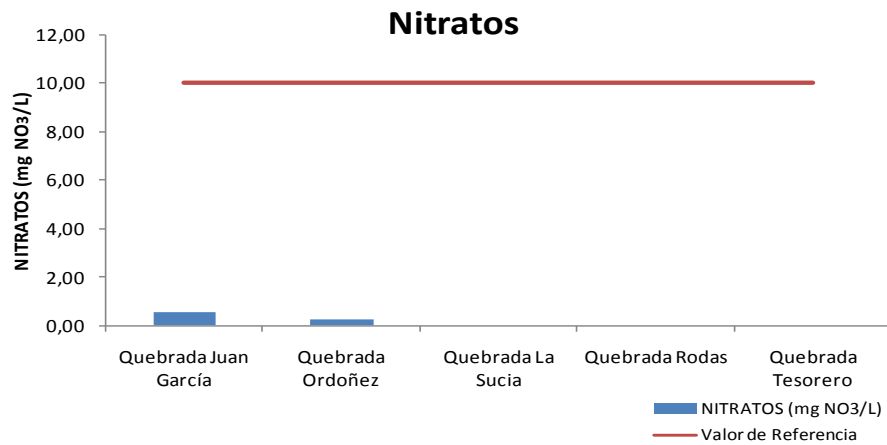
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

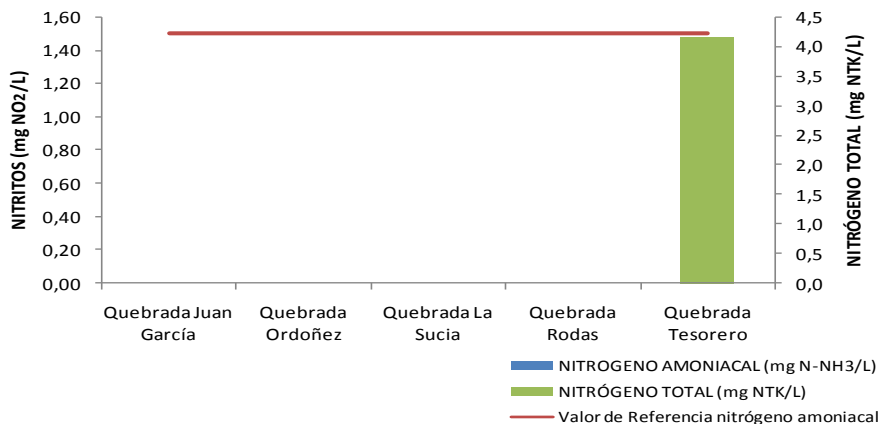


ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

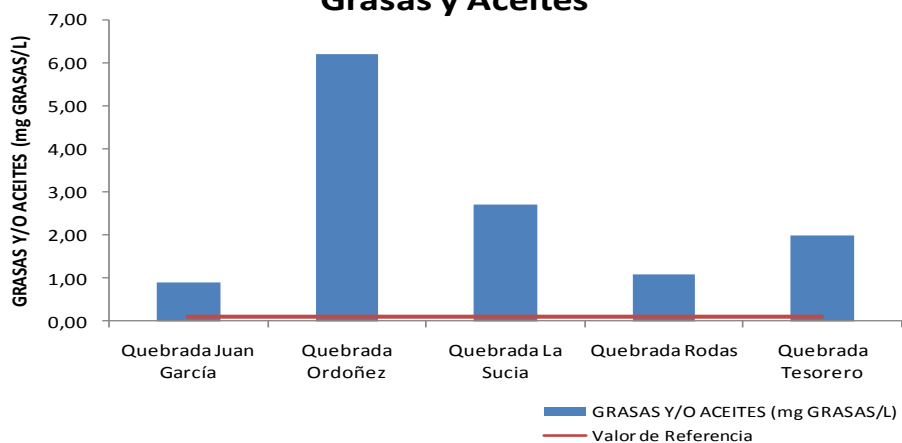


ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

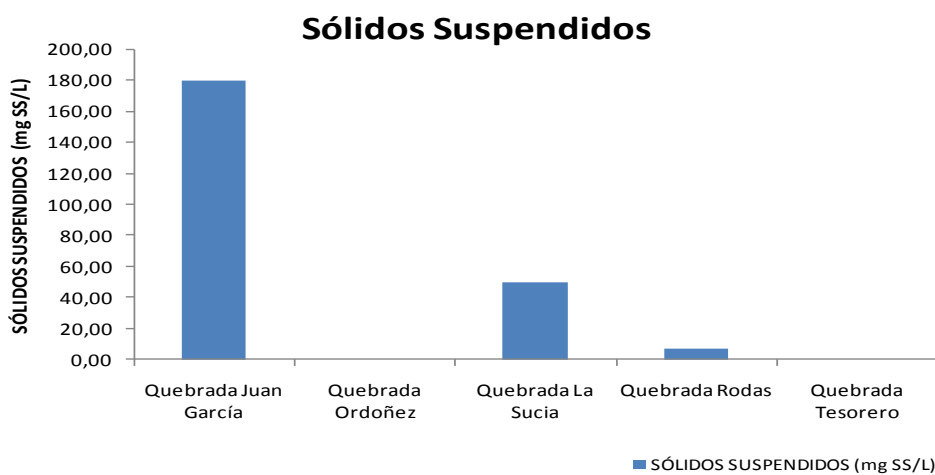
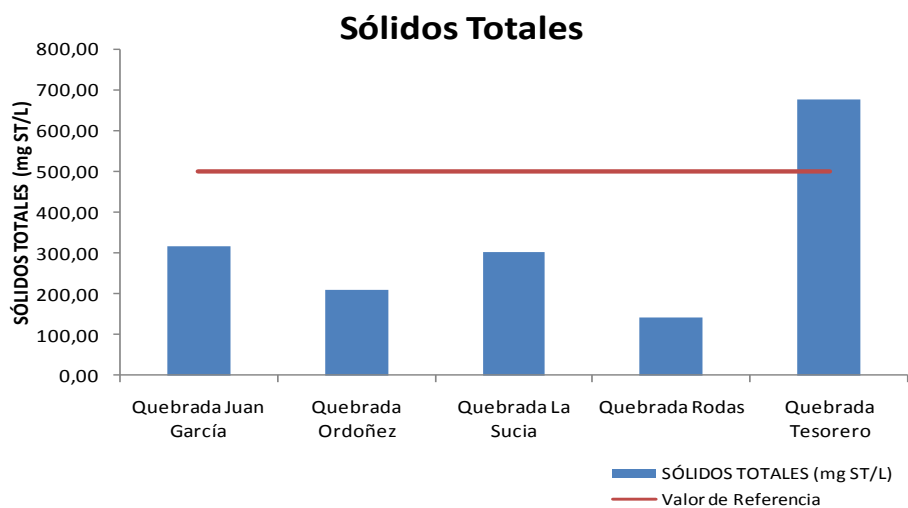
Nitrógeno Amoniacal y Nitrógeno Total



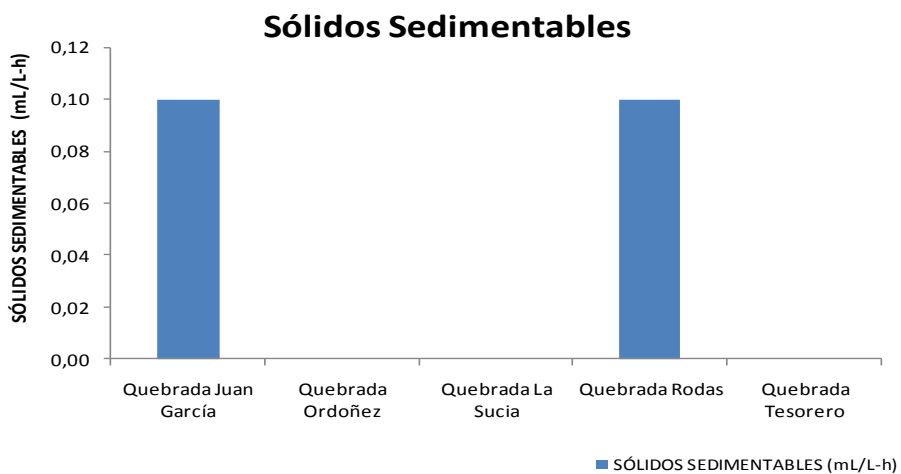
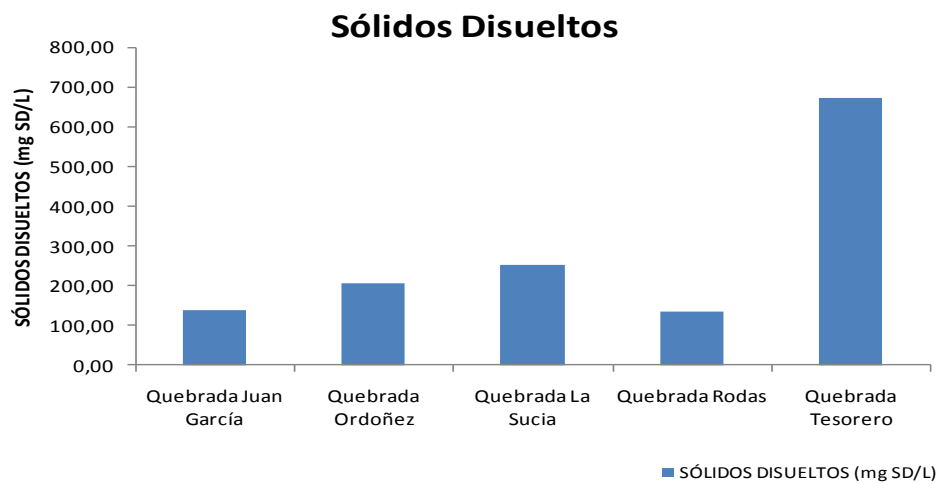
Grasas y Aceites



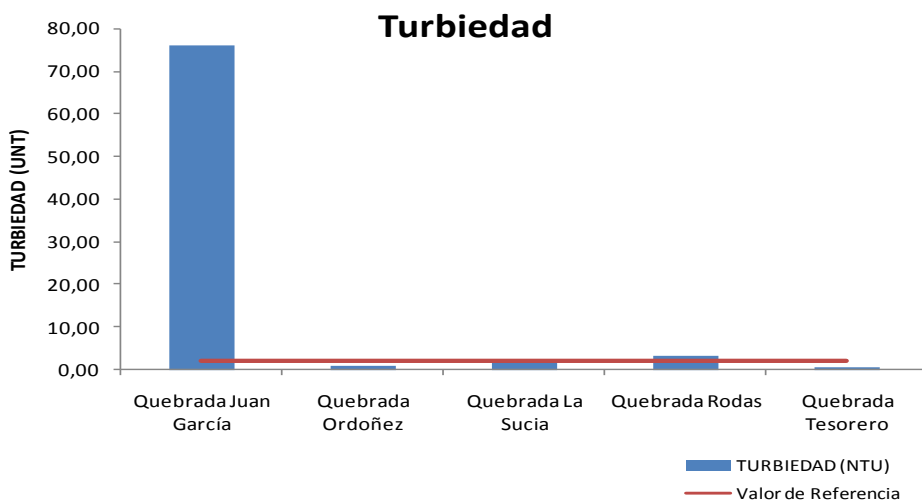
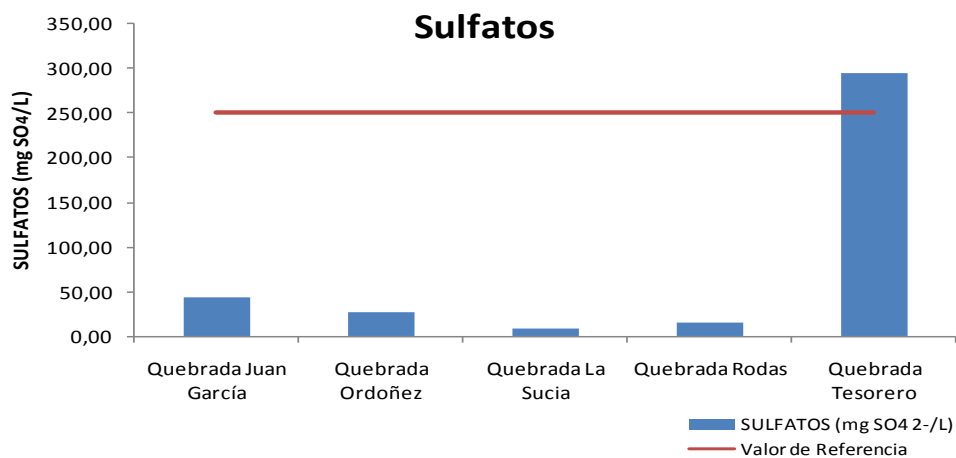
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



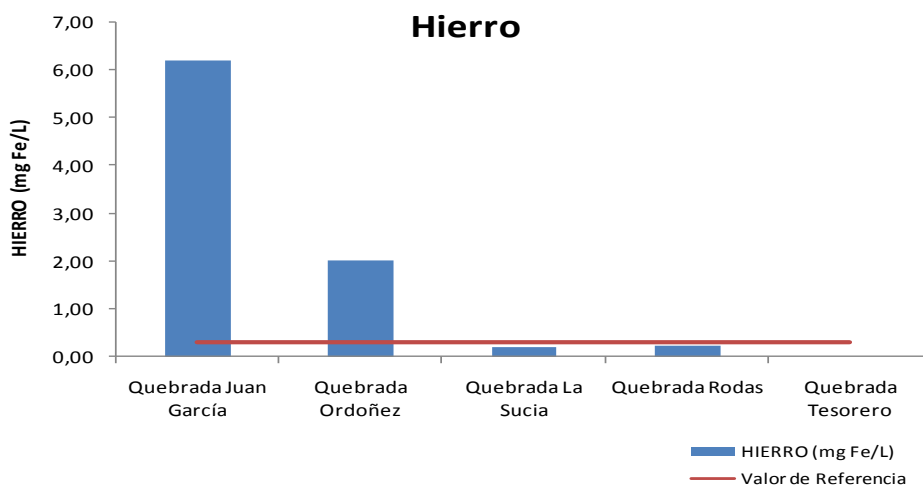
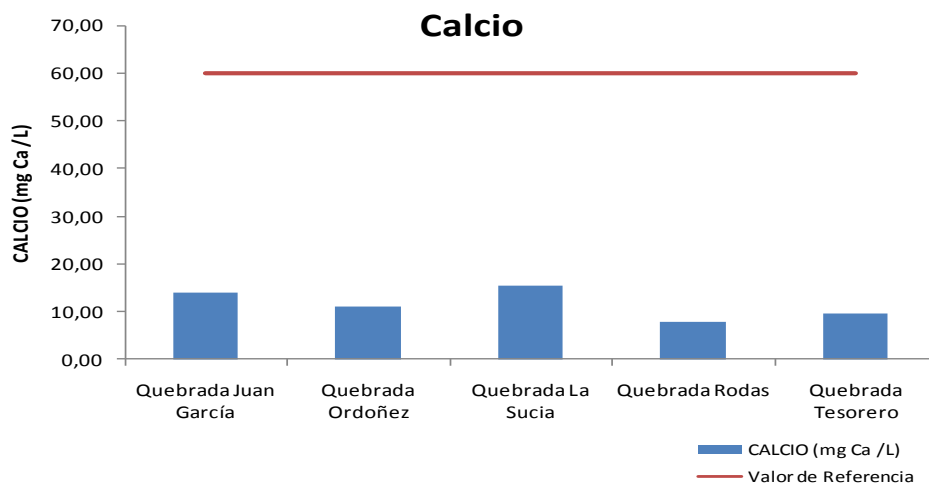
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



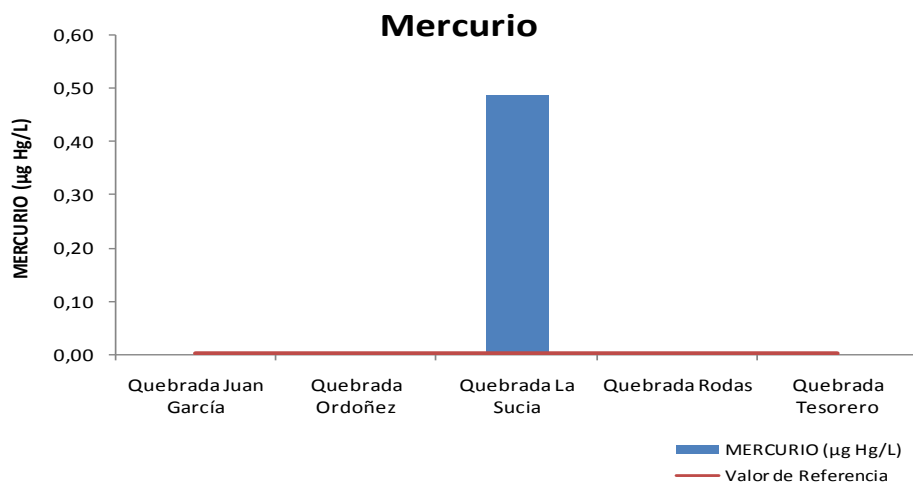
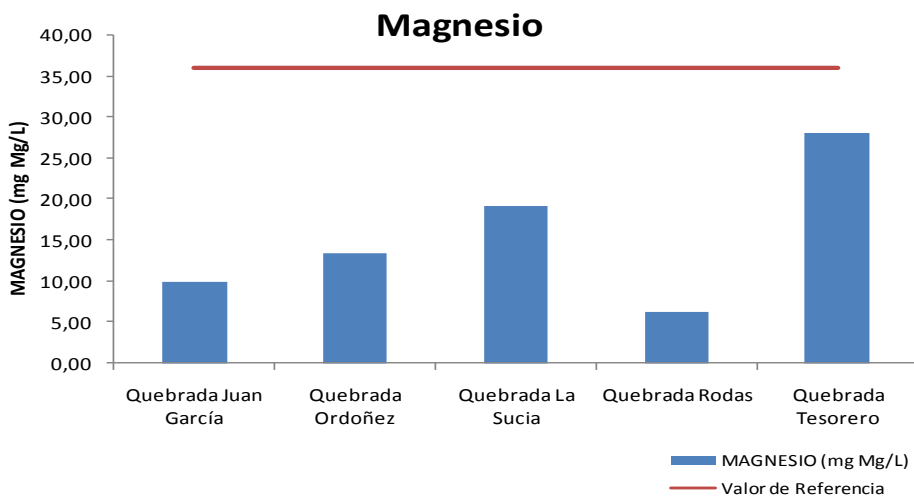
ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

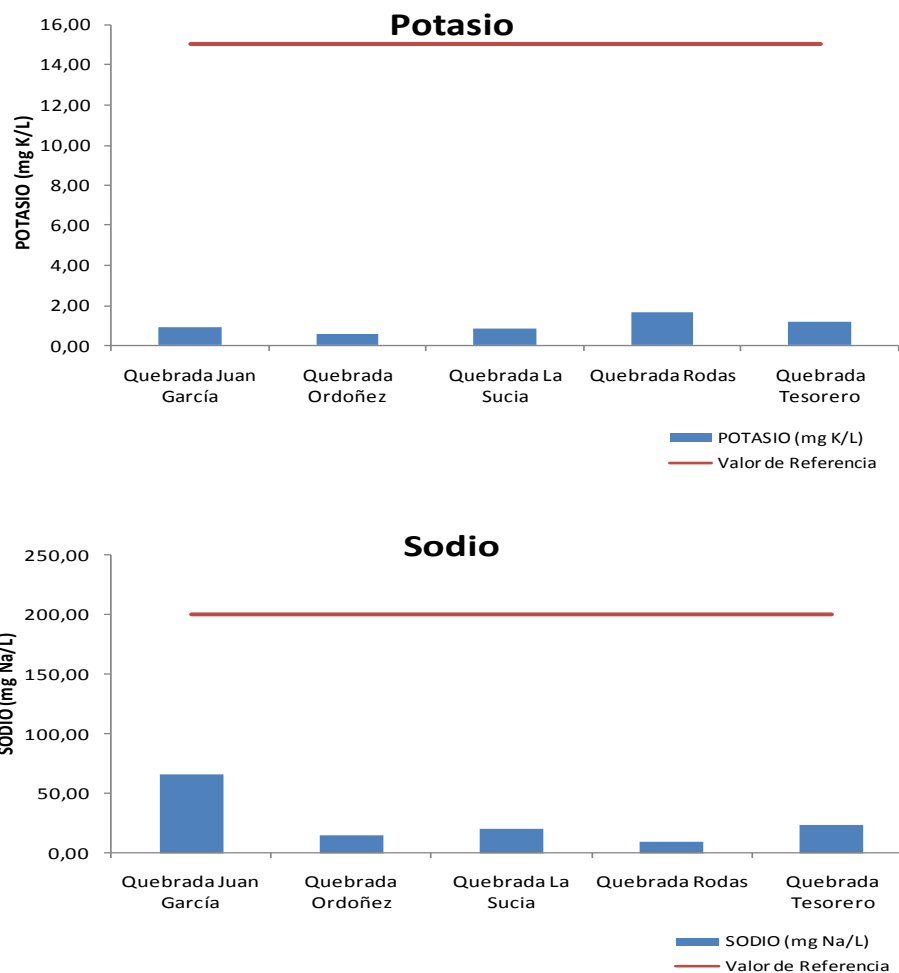


Figura 3.2.5.18 Resultados de los parámetros fisicoquímicos de la corrección por cola del embalse

Los resultados de los parámetros microbiológicos analizados en el laboratorio se presentan en la Tabla 3.2.5.48. y Figura 3.2.4.5.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.48 Resultados de los parámetros microbiológicos

Parámetros analizados	Quebrada Juan García	Quebrada Ordoñez	Quebrada La Sucia	Quebrada Rodas	Quebrada Tesorero	Valor de referencia
Coliformes Totales (NMP/100ml)	350x10 ³	1600x10 ³	1600x10 ³	1600x10 ³	1600x10 ³	20 x 10 ³
Coliformes fecales (E. Coli) (NMP/100ml)	170x10 ³	1600x10 ³	1600x10 ³	1600x10 ³	180x10 ³	2x10 ³

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

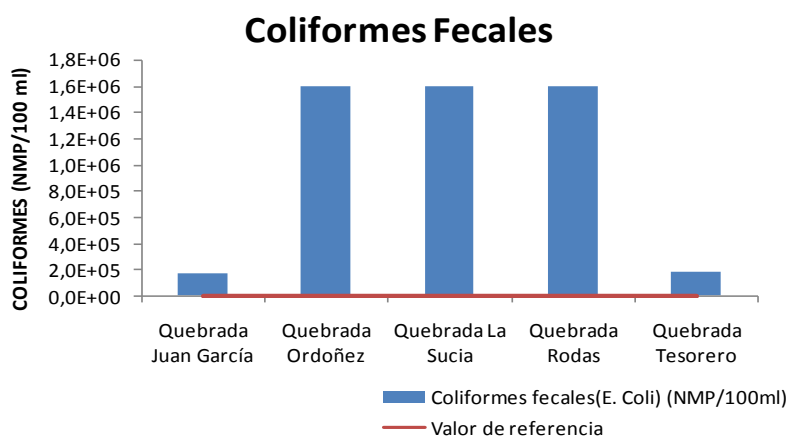
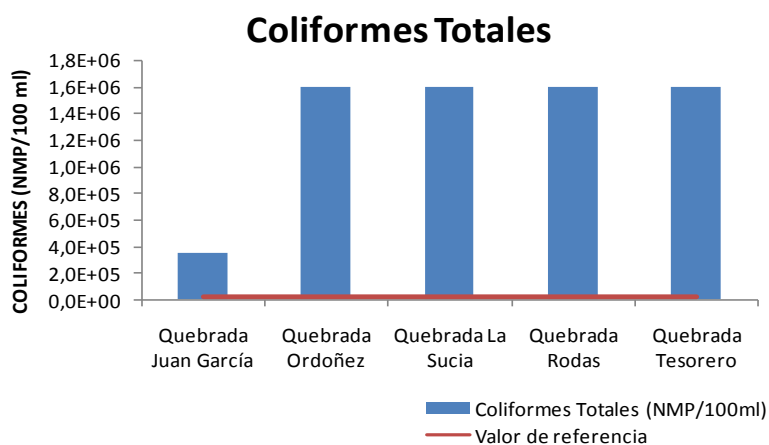


Figura 3.2.5.19 Resultados de los parámetros microbiológicos en laboratorio de la corrección por cola del embalse

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.5.49 Índices calidad NFS-WQI y clasificación de afluentes de la corrección por cola del embalse

Cuerpo de agua	Índice NFS- WQI		Índice ICA Obj	
	Valor	Clasificación	Valor	Clasificación
Quebrada Juan García	71	Buena	2.33	Media. Requieren procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Uso en riego restringido
Quebrada Ordoñez	86	Buena	2.33	
Quebrada Sucia	81	Buena	2.33	
Quebrada Rodas	71	Buena	2.33	
Quebrada Tesorero	73	Buena	2.33	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

• **Análisis de Resultados**

Según el Decreto 1594 de 1984, los afluentes analizados de acuerdo con su calidad, pueden ser destinados para: consumo humano con tratamiento convencional o desinfección, para uso agrícola, para uso pecuario y/o para uso recreativo con contacto primario o secundario; así mismo el RAS 2000 clasifica en nivel de calidad según grado de polución de las fuentes para su potabilización, en la Tabla 3.2.5.50 se indican los usos y el nivel de calidad para los diferentes cuerpos de agua, este análisis se realizó teniendo en cuenta los resultados de los parámetros evaluados y las interacciones entre ellos.

Tabla 3.2.5.50 Uso recomendado y clasificación de los afluentes

Cuerpo de agua	Decreto 1594 de 1984						Preservación de flora y fauna	RAS 2000			
	Consumo Humano- tratamiento convencional	Consumo Humano- desinfección	Uso Agrícola	Uso Pecuario	Uso recreativo contacto primario	Uso recreativo contacto secundario		Fuente aceptable	Fuente regular	Fuente deficiente	Fuente muy deficiente
Quebrada Juan García				X						X	
Quebrada Ordoñez				X						X	
Quebrada Sucia										X	
Quebrada Rodas				X						X	
Quebrada Tesorero				X						X	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

De acuerdo al Decreto 1594 de 1984, ninguna fuente de agua es apta para consumo humano por el valor obtenido en coliformes y grasas y aceites, y la quebrada Sucia supera el nivel de mercurio, sin embargo los demás parámetros cumplen con los valores de referencia de agua para consumo. Así mismo, ninguna fuente de agua es apta para uso agrícola por los coliformes y la quebrada Juan García sobrepasa los niveles de hierro total para este aprovechamiento. La quebrada Sucia es la única que no es apta para uso pecuario debido a su valor de mercurio presente en esta fuente.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Ninguna fuente de agua es apta para uso recreativo por los coliformes. Y para preservación de fauna y flora, las grasas y aceites sobrepasan los límites permisibles en todas las muestras, así como los valores de hierro para todos excepto para la quebrada Tesorero y mercurio para la quebrada La Sucia.

Observando los valores obtenidos de los índices de calidad del agua (ver Tabla 3.2.5.49) se aprecia que todas las fuentes de agua se clasifican en aguas de buena calidad según el NFS-WQI; y con calidad media según el ICA obj (requieren procesos convencionales de coagulación, decantación, filtración y desinfección, con uso en riego restringido), sin embargo comparando con el RAS 2000 todas las fuentes de agua son clasificadas como muy deficientes (requieren procesos específicos de tratamiento), esta clasificación se da por los valores de coliformes altos en todas las fuentes de agua. Cabe anotar que el ICA objetivo contempla también los coliformes presentados como número más probable (NMP) por lo tanto ambos resultados pueden ser comparados.

Comparando con los límites de referencia usados, en general todas las fuentes de agua son de buena calidad, sin embargo algunas sobrepasan algunos límites de referencia de agua para consumo humano con procesos de potabilización (Decreto 1594 de 1984). En las figuras que se presentan en los resultados, se usan estos límites de referencia debido a que son los parámetros comparables más estrictos que se tienen en la legislación como un punto de comparación para apreciar la calidad del agua de cada fuente, sin embargo se entiende que estas quebradas en particular no tendrán ese uso específico dentro del Proyecto. La destinación del recurso como embalse no tiene parámetros regulados en la legislación, salvo que el agua embalsada se usará posteriormente para recreación y en ese caso se debe analizar la calidad del agua futura, y realizar monitoreos permanentes. El caso de los parámetros que no se regulan en la legislación se usó como valores de referencia niveles típicos para aguas superficiales limpias.

Los resultados que sobrepasan los límites de referencia fueron:

- La DBO₅ para todas las fuentes de agua cuyos valores van desde 6,15 – 9,74 mg/l indicando aguas de calidad muy deficiente (RAS 2000).
- Las grasas y aceites para todas las fuentes de agua cuyos valores van desde 0,9 – 6,2 mg/l.
- La quebrada Tesorero sobrepasó los sólidos totales con un valor de 675,0 mg/l y los sulfatos con un valor de 294,4 mg/l.
- La quebrada Juan García sobrepasó el límite de turbiedad con un valor de 76,1 UNT.
- El valor de hierro total se sobrepasó en las quebradas Juan García y Ordoñez con valores de 6,172 mg/l y 2,003 mg/l respectivamente.
- El valor de mercurio se sobrepasó en la quebrada Sucia con un valor de 0,488 µg Hg/l.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En resumen las fuentes de agua cumplen con valores típicos de aguas superficiales de buena calidad, sin embargo no son aptas para consumo humano y para ello se deben someter a tratamientos específicos. Llama la atención el nivel de mercurio en la quebrada La Sucia, sería necesario indagar su origen aunque se puede atribuir a intervenciones antrópicas como minería. El nivel de hierro en las quebradas Juan García y La Ordoñez puede ser debido al suelo por el cual atraviesan dichos cuerpos de agua con influencia de acuíferos. Los niveles de DBO₅ y grasas y aceites pueden ser debidos a actividades agrícolas en la zona, típicos de aguas superficiales.

- **Análisis de Tendencias**

Se realizará a continuación un análisis espacial y temporal entre los frentes del Proyecto los cuales corresponden a las vías (rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle, vía sustitutiva El Valle – Ituango y la apertura de la vía Puerto Valdivia – presa) y el Proyecto como tal, es decir el embalse en términos generales desde presa hasta la cola del mismo.

En lo que se refiere al análisis temporal se entiende que es complicado hacer algunas afirmaciones debido a que los primeros muestreos se realizaron en 2006 y los siguientes entre 2009 y 2010 y las condiciones fisicoquímicas pueden variar por múltiples causas en tanto tiempo, adicionalmente solo se muestrearon dos quebradas tanto en el 2006 como en el 2010, las quebradas Juan García y Rodas en el municipio de Liborina, esto dentro del último muestreo que se realizó por corrección de cola del embalse.

De las dos quebradas muestreadas en dos períodos distintos del tiempo se puede decir que en general los parámetros analizados permanecieron constantes. Sin embargo para la quebrada Juan García algunos de parámetros muestrados variaron: incrementándose la DBO₅ (de 2,36 a 8,65 mg/l), el fósforo total (de 0,08 a 0,271 mg/l), los fosfatos (<0,04 a 0,1mg/l), los sólidos totales (de 165 a 318 mg/l), los sólidos disueltos (24,3 a 180 mg/l), la turbiedad (de 15,62 a 76,10 UNT). Lo anterior se puede explicar posiblemente debido a que entre el año 2006 y el año 2010 hubo un crecimiento poblacional en el casco urbano del municipio de Liborina, y dado que ésta quebrada es la fuente receptora de las aguas residuales de esta localidad, hubo un aumento en la presión por el recurso. Además esto se puede deber a que el intenso verano del 2010 puede estar haciendo que se disminuya el nivel del agua concentrando los contaminantes. Lo anterior explicaría adicionalmente en aumento en el hierro total que pasó de 1.107 a 6.174 mg/l.

Para el caso de la quebrada Rodas, aumento la DBO₅ (de < 2 a 9,74 mg/l) y el fósforo total (de 0,08 a 0,102 mg/l) esto al igual que en la quebrada Juan García se puede deber a un aumento en el aporte de cargas contaminantes puntuales o difusas aguas arriba de la cuenca o a la concentración debida al intenso verano. Es de resaltar un aumento inusual en los cloruros (de <3,0 a 10,0 mg/l) explicada de la misma manera posiblemente. Al igual que la quebrada Juan García, la quebrada Rodas también experimento un aumento en el hierro total entre el 2006 y el 2010 (de 0,042 a 0,227

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

mg/l) posiblemente debido a la concentración debida a la reducción del nivel del agua o a disolución mayor de la roca causada por procesos erosivos.

Las características microbiológicas al igual que algunas fisicoquímicas, aumentaron en ambas fuentes de agua, esto se puede explicar de la misma manera que se explicó el aumento en la concentración de los parámetros mencionados anteriormente. Aunque la calidad en términos generales es homogénea en el tiempo en estas quebradas, los índices variaron, incluso aumentaron de calidad media a buena, esto es por los parámetros usados para el cálculo.

Las condiciones climáticas cambiantes incluso de un día a otro hacen que varíen las condiciones fisicoquímicas y por consiguiente proporcionan una dificultad a la hora de hacer alguna comparación sin tener muy claras todas las variables que pueden jugar y así mismo tener más fuentes para comparar.

La demás fuentes de agua de cada uno de los frentes no se pueden comparar pues no se muestrearon de manera repetida en dos períodos distintos.

Espacialmente las comparaciones son igualmente difíciles de hacer pues para cada frente se realizaron muestreos en diferentes fechas e incluso años, lo cual hace que la comparación entre calidades del agua puede no ser confiable, sin embargo se hará una pequeña aproximación, haciendo la salvedad de que las diferencias pueden ser debidas a múltiples factores y no necesariamente a un deterioro de la calidad del agua.

En general la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle atraviesa cuencas que son muy similares entre sí con valores muy altos de turbiedad que van hasta 660.0 UNT, y todas, excepto la quebrada Uriaga sobrepasan ampliamente el valor de referencia o permisible como fuente de agua para consumo humano (5 UNT), esto se puede deber a que por estas quebradas ya pasa una carretera y durante algún tiempo se están adelantando arreglos en la vía desde el municipio de San José de la Montaña, trabajos que pueden hacer que los sólidos y la turbiedad aumenten cuando no se toman las medidas de protección suficientes a los cauces y se están moviendo grandes cantidades de suelo alrededor. Así mismo se pueden explicar los valores de DBO y de hierro altos en esas mismas fuentes de agua.

En las quebradas de la vía sustitutiva El Valle – Ituango se presentan valores más bajos de DBO que las de la rectificación, incluso están alrededor del valor de referencia de 4 mg/l excepto la quebrada Careperro que tiene 8,45mg/l. Sin embargo los valores de DBO de las quebradas muestreadas en la cola del embalse presentan valores muy similares a los de las fuentes de agua caracterizadas en el tramo de la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle. Pero los valores de DBO mayores se presentaron en la vía Puerto Valdivia – presa, excepto en la quebrada Remolinos (2,47mg/l), en donde los valores van desde 4,17mg/l hasta 26,41mg/l, para Remolino y La Rica respectivamente. La presencia de poca turbiedad y pocos sólidos en estas quebradas de la vía Puerto Valdivia, dan idea de que esta gran DBO es principalmente disuelta, lo que la hace más disponible para los microorganismos y por consiguiente están estas quebradas más vulnerables a afectaciones de la vida acuática por

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

eutrofización. Así mismo esta puede ser la explicación para el número elevado de coliformes.

Por último, para realizar una comparación más general se analizan los índices de calidad, los cuales arrojan como resultado que las quebradas de la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle, presentan un mayor deterioro de la calidad, mientras que la vía Sustitutiva El Valle - Ituango y la vía Puerto Valdivia – Sitio de Presa, presentan buena calidad, esto se explica de manera muy sencilla porque las cuencas de la rectificación ya están muy intervenidas, mientras las otras dos vías están en el diseño, y todavía no atraviesa una carretera por lo que hace que la zona no sea muy intervenida dando como resultado una mejor calidad.

Solo se compararon los frentes que se muestrearon entre 2009 y 2010, dado el largo período de tiempo de diferencia entre estos y el muestreo realizado en el 2006, lo que presentaría un mayor riesgo, al tratar de insinuar algo a cerca de la calidad de las quebradas entre ese año y la actualidad.

En general lo que se puede concluir es que las quebradas de la vía sustitutiva (Chiri, Orejón, Tenche, Ticutá y Bolivia) y la quebrada Tacui como posibles fuentes de agua potable para campamentos son aptas para ese uso con tratamientos específicos de acuerdo con el RAS 2000, sin embargo de acuerdo con los índices son todas de buena calidad, excepto la Tacui que tiene calidad media.

3.2.6 Usos del agua

Se identificaron los usos del agua para las fuentes de agua identificadas para los Municipios que hacen parte del área de influencia directa del proyecto.

3.2.6.1 Área de influencia directa (AID)

3.2.6.1.1 Metodología

La información sobre los usos del agua, se conformó con base en la información obtenida en los registros de las oficinas territoriales Tahamíes para los municipios de Ituango, Briceño, Toledo y San Andrés de Cuerquia, Hevéxicos para los municipios de Buritica, Sabanalarga, Liborina y Olaya, y Panzenú para el municipio de Valdivia, las cuales son jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA. Igualmente, de los datos contenidos en las fichas veredales levantadas en campo y finalmente, por las observaciones al momento de la caracterización de las fuentes de agua del Proyecto.

3.2.6.1.2 Resultados

En la Tabla 3.2.6.1 se detallan las concesiones de agua otorgadas por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia –CORANTIOQUIA- en el área de estudio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, así como los caudales otorgados y sus respectivos usos. Se resalta el hecho que en los municipios de Briceño, Toledo y San Andrés de Cuerquia no existe ninguna concesión legalizada.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.6.1 Concesiones existentes en los municipios del área de estudio

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
HX1-2009-46	Olaya		El Pencal	El Chorrillo	Junta de Acción Comunal Vereda El Pencal	El Chorrillo (Código 10073)	Pecuario	0,127	8,857
							Agrícola	4,100	
							Doméstico	1,141	
				La Cejita		La Cejita (Código 10072)	Pecuario	0,045	
							Doméstico	0,409	
							Agrícola	1,481	
				La Viejita		La Viejita (Código 10071)	Doméstico	0,304	
							Agrícola	1,220	
							Pecuario	0,030	
HX1-2007-16	Olaya	Sucre		El Cuescal	Gil Miller Gutiérrez Mena	La Guavá (Código 1043) Alias LA CALERA - MONTAÑITA	Agrícola	4,270	4,278449
							Pecuario	0,008	
HX1-2007-98	Olaya	Sucre		Tautanal	John Jairo Mejía Gutiérrez	La Guavá (Código 1043) Alias LA CALERA - MONTAÑITA	Pecuario	0,042	2,499143
				El Piñal			Agrícola	1,220	
							Pecuario	0,017	
							Agrícola	1,220	
HX1-2008-1	Olaya	Sucre		Socolao Lote No.1	Luis Javier Velez Duque	La Guavá (Código	Pecuario	0,021	1,7808
							Doméstico	0,0098	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
						1043) Alias LA CALERA - MONTAÑITA	Agrícola	1,75	
HX1-2008-99	Olaya	Sucre		La Senegueta	José Adonai Ospina Oquendo	La Guavá (Código 1043) Alias LA CALERA - MONTAÑITA	Agrícola	1,22	1,240671
							Doméstico	0,012222	
							Pecuario	0,008449	
I-5082	Olaya	Sucre			José Humberto VélezGonzález	La Tahami (Código 1982)	Doméstico	0,028	4,4
					Javier VélezGonzález		Agrícola	0	
					Alfonso León VélezGonzález		Pecuario	0	
					Javier VélezGonzález		Pecuario	0	
					Alfonso León Vélez González		Doméstico	0	
					Carlos Alberto Restrepo		Agrícola	0	
					José Humberto Vélez González		Agrícola	2,914	
					Javier Vélez González		Doméstico	0	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
					José Humberto Vélez González		Pecuario	0,058	
					Luis Carlos Jiménez López		Agrícola	1,35	
					Carlos Alberto Restrepo		Pecuario	0	
					Luis Carlos Jiménez López		Pecuario	0,034	
					Alfonso León Vélez González		Agrícola	0	
					Carlos Alberto Restrepo		Doméstico	0	
					Luis Carlos Jiménez López		Doméstico	0,016	
HX1-2003-162	Olaya		Loma de Olaya	La Asomadera (029-0006023)	Hugo Alberto Aguirre Bastidas	La Barbuda (Código 1038)	Doméstico	0,046	1,274
							Agrícola	1,2	
							Pecuario	0,028	
HX1-2007-13	Olaya		El Pencial	La Playa	Comercializadora Bravo Nieto Y Cia Ltda	La Barbuda (Código 1038)	Acuicultura	1,6	4,4
							Agrícola	2,8	
HX1-2007-5	Olaya		Comunidad Oquendo	Encierro de Morrito	Andrés Fernando Betancur Rodas	La Barbuda (Código 1038)	Agrícola	3,22	3,22
HX1-2007-50	Olaya		Quebrada Seca	Comunidad Quebrada Seca	Municipio De Olaya	Quebrada Seca (Código)	Doméstico	2,476851	4,274927
							Agrícola	1,798076	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
						1677)			
HX1-2008-98	Olaya	Llanadas	Badajos	El Palmar	José Manuel Jaramillo Palacio	Quebrada Seca (Código 1677)	Agrícola	0,42	0,887591
							Pecuario	0,467591	
HX1-2009-51	Olaya		Quebrada Seca	Aguas Lindas	Jaime William De Los Ríos Álvarez	Quebrada Seca (Código 1677)	Doméstico	0,008842	0,985917
							Pecuario	0,036111	
							Agrícola	0,940964	
I-3965	Olaya		La Venturosa		Jesús Eduardo Posada Ceballos	Quebrada Seca (Código 1677)	Agrícola	1,372	2,83
							Doméstico	0,035	
							Acuicultura	1,381	
							Pecuario	0,042	
Municipio de Buriticá									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
HX1-2002-161	Buriticá	El Naranjo	La Cabecera del Llano	La Mina	Margarita Gloria Vélez Agudelo	La Mina (Código 2441)	Agrícola	21	21,645
							Pecuario	0,028	
HX1-2002-161	Buriticá	El Naranjo	Higabra	El Tesorero	Margarita Gloria Vélez Agudelo	La Guava (Código 3221)	Agrícola	0,6	0,017
							Pecuario	0,017	
Municipio de Liborina									

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
HX1-2005-120	Liborina	La Honda	Rodas	Granja el Retorno	Jhon Henry Roldan Sepúlveda	El Retorno (Código 7710)	Agrícola	0	2,539
							Doméstico	0	
							Pecuario	0	
						Rodas (Código 7711)	Doméstico	0,02	
							Pecuario	1,394	
							Agrícola	1,125	
HX1-2005-205	Liborina	La Honda			La Asociación De Usuarios Del Acueducto La Honda	San Miguel (Código 8637)	Agrícola	0,024	3,214
							Doméstico	3,016	
							Pecuario	0,174	
Municipio de Sabanalarga									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
HX1-2003-106	Sabalarga		Remartín	Cangrejo	Jaime De Jesús Henao Moreno	El Chochito (Código 6962)	Doméstico	0,005	0,013
							Pecuario	0,008	
HX1-2003-138	Sabalarga		Nohavá		J.A.C. Vereda Nohava	MARIN	Doméstico	0,552	1,003
							Agrícola	0,437	
							Pecuario	0,014	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
HX1-2003-166	Sabanalarga		Membrillal		J.A.C Membrillal Juan Bautista Bautista	Nape (Código 9639)	Sin Información	1,587	2,937
						Chontaduro (Código 9638)	Sin Información	1,35	
HX1-1996-172	Sabanalarga		El Junco		Asoc.Usuarios Dto Adecuación Tierras El Junco	El Junco (Código 2943)	Agrícola	15	15
Municipio de Ituango									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
TH-1-03-4	Ituango		Los Galgos		Municipio	Sin nombre	doméstico	-	0,055
							Escuela Rural Los Galgos	-	
TH-1-03-7	Ituango		Cortaderal		Municipio	Sin nombre	doméstico	-	0,048
							Escuela Rural Cortaderal	-	
TH-1-03-123	Ituango		Cortaderal		William de Jesús Sucerquia Arango	dos nacimientos de la microcuena	doméstico y pecuario	-	0,793
TH-1-03-25	Ituango		La Honda		Municipio	Qda Arenales	doméstico	-	0,2

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
Municipio de Valdivia									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
PZ2-09-3-854	Valdivia	Puerto Valdivia	Astilleros		Empresa Energías Protectoras del Ambiente S.A.	Quebrada La Guamera	Estudio de Recursos Naturales, para Aprovechamiento Hidroeléctrico: "Proyecto Pequeña Central Hidroeléctrica El Oriente"	-	-
Municipio de Santa Fe de Antioquia									
Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
HX1-2004-70	Santa Fé de Antioquia		La Seca	La Meseta - los Mangos - Yacura	Héctor Rodrigo Cadavid Arango	La Seca (Código 1366)	Doméstico	-	1,548
							Agrícola	-	
							Pecuario	-	
HX1-2005-119	Santa Fé de Antioquia		La Seca	El Jardinerero, Jahuesito y la Mesa	Juan Jesús Cano Hernández	La Seca (Código 1366)	Agrícola	-	0,271
							Doméstico	-	
							Pecuario	-	
HX1-2005-128	Santa Fé de		La Seca	Casa Azul	Alirio Rendón	La Seca	Pecuario	-	4,5

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Expediente	Municipio	Corregimiento	Vereda	Predio	Usuario	Fuente	Usos	Caudal por usuario (l/s)	Caudal total (l/s)
Municipio de Olaya									
	Antioquia			(024-0001134)	Hurtado	(Código 1366)	Doméstico	-	
							Agrícola	-	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En la Tabla 3.2.6.2

Tabla 3.2.6.2 se identifican las fuentes y los usos de agua que se da en las localidades de la zona de estudio; esta información hace parte de la caracterización de la dimensión social de este estudio, y se encuentra consignada en las fichas veredales levantadas en la zona de influencia local directa.

Tabla 3.2.6.2 Usos del agua en la zona de influencia

Municipio	Localidad Vereda/ Corregimiento	Fuente	Uso
Ituango	Pascúital	La cañada de los Chorros	Acueducto veredal
		Nacimiento de la vereda	Animales y riego
	La Honda	Cortadera, El Palmar, La Pená	Bebederos de ganado
		Río Cauca	Pesca, bebederos, barequeo
		Nacimiento Honda	Riego de cultivos
		Quebrada de Singo	Bebedero de ganados
	Los Galgos	Río Ituango	Consumo humano
		Río Cauca	Pesca y minería
Los Naranjos	La Batea	Ninguno	
Briceño	Alto del Chiri	Quebrada del Chirí	Consumo humano
		Río Cauca	Consumo humano
		Careperro	Consumo humano
		Nacimiento El Oso	Toma de acueducto
	Berlín – Pueblo Nuevo	Quebrada San Pedro	Consumo humano
		Cañada La Cuelga	Toma de acueducto
	La Calera	Quebrada del Convento	Consumo finca El Convento
		Quebrada El Pescado	Consumo humano
		Quebrada La Guinea	Toma de acueducto
	La Mina	Quebrada El Juez	Ninguno
		Quebrada La Mina	Acueducto, consumo humano
		Quebrada de Quica	Consumo humano
	Moravia	Quebrada Socavones	Ninguno
		Quebrada Espíritu Santo	Consumo humano
		Otras cañadas	Consumo, animales, moliendas
	Orejón	Quebrada Orejón	Cuando se llama Orejón se han juntado varias cañadas y de cada una se toma las aguas para cada casa
		Quebrada Chirí	Consumo humano
		Quebrada El Juez	Consumo humano
Pescado	Quebradas Tomas de Agua	Consumo humano	
	Quebrada La Alcantarilla	Consumo humano	
Toledo	Barrancas	Quebrada La Majula (Matanzas)	Consumo humano
		Cañada Roque	Acueducto
		Quebrada La Uriaga	Consumo humano

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Municipio	Localidad Vereda/ Corregimiento	Fuente	Uso
	Brugo	Quebrada La Santamaría	Animales
		Río Cauca	Pesca, barequeo, bebederos
		Quebrada La Honda	Consumo, riego y animales
		Quebrada El Bique	Animales y consumo
	Cascarela	Río Cauca	Consumo humano
		Nacimientos en toda la vereda	Consumo humano
	El Valle	Quebrada la Uriaga	Consumo, riego y animales
		La Máfola	Consumo humano
		Río San Andrés	Consumo humano
		Río Cauca	Consumo humano
	Miraflores	Quebrada La Majula	Ninguno
		Quebrada Taque	Ninguno
		Nacimiento de agua la Rendija	Acueducto veredal
San Andrés de Cuerquia	Alto Seco	Quebrada del Indio, Quebrada Loma Grande,	Consumo humano
		Quebrada El Guadual, Quebrada La Chorrera, quebrada La Honda,	Consumo humano
		Quebrada El Pilón	Toma de acueducto
		Quebrada La Redonda	Trapiche
	Cañaduzales	Río San Andrés	Bebederos
		Quebrada Cañada Honda	Agua para dos casas de la parte alta
		Quebrada Cañaduzales	Acueducto veredal
		Otras cañadas	Consumo humano y animales
	El Bujío	Quebrada La Honda	Ninguno
		Río San Andrés	Bebederos, pesca, baño
		Cañada	Beneficia dos casas
	El Cántaro	Nacimientos de aguas propias	Acueducto de 13 viviendas
		Quebrada Taque	Consumo humano
	El Roble – El Barro	Quebrada la Chorrera	Ninguno
		Quebrada Cañaduzales	Ninguno
	Loma Grande	Quebrada El Peñol (límite veredal)	Ninguno
	Santa Gertrudis	Quebrada La Cabaña	Consumo humano
		Quebrada El Chorrón	Acueducto de la vereda
		Quebrada El Chachafruto	Actividades agropecuarias
		Quebrada El Potrero	Consumo humano
Buriticá	Angelina	Cañada del Salto	Consumo humano
		Cañada Membrillal	Consumo humano
		Cañada Palmar	Acueducto
		Cañada La Peña del Loro	Consumo humano

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Municipio	Localidad Vereda/ Corregimiento	Fuente	Uso
Sabanalarga	Membrillal	Río Cauca	Minería de aluvi3n, pesca
		Quebrada Niquía	materiales, arena, piedra. riego
		Quebrada La Fé	Materiales, toma de agua, consumo la Barranca, surte a Membrillal
		Quebrada Chontaduro	Consumo humano
		Quebrada El Orito, La cueva	Consumo, nacimiento el Jague
	El Junco	Quebrada El Junco	Consumo, riego y animales
		Quebrada Pená	Riego y animales
	Vereda Nohavá	El Chocho	Consumo vereda Remartín
		El Marín	Consumo, riego y animales
	Vereda de Remartín	Quebrada Nohavá, quebrada Remartín	Consumo humano
		Quebrada El Palmar	Ganado
		Quebrado El Hur3n	Ganado
Río Cauca		Minería, ganado, pesca	
Sabanalarga	Vereda San Crist3bal - Pená	Quebrada La Linda	Agua municipal y veredal, riego, pesca y la minería
		Río Cauca	Pesca y Minería
		Quebrada San Pedro	Consumo humano
		Nacimiento	Consumo en la vereda y La Ermita
Liborina	La Honda	Quebrada la Pedrona	Consumo Barrio Nuevo, riego y animales
		Quebrada Pená	Consumo, riego y animales
	Vereda Rodas	Quebrada Rodas	Consumo humano
		Quebrada Guasimal	Consumo humano
		Quebrada El Balsal	Consumo humano
Olaya	Sucre	Quebrada Tahami	Consumo humano y riego
		Río Cauca	Pesca, materiales de playa
		La Cascada (Quebrada Tahamí)	Turístico
	El Guayabo	Quebrada La Bocatoma	Consumo humano
		Quebrada la Barbua	Riego y animales
		El Pozo	Consumo humano
		Quebrada Tahamí	Acueducto de Sucre
	La Florida y Quebrada Seca. Corregimiento de Sucre	Nacimiento de Llanadas	Acueducto veredal
		Río Cauca	Riego y energía
Quebrada Tahamí		Consumo de viviendas	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.6.4 y Tabla 3.2.6.5 se retoman los cuerpos de agua caracterizados y se identifican sus principales usos, según la intervención del Proyecto sobre cada cauce.

Tabla 3.2.6.3 Principales usos de las fuentes de agua en la zona del embalse y vía San Andrés - El Valle

Cuerpo de agua	Consumo doméstico	Vertimiento	Riego	Agropecuario	Minería y extracción de materiales de playa
Río Cauca - Puente Pescadero		X			X
Quebrada Tacuí				X	
Río Ituango		X		X	
Río San Andrés		X		X	
Quebrada Santamaría		X		X	
Quebrada Peque		X		X	
Quebrada La Pená		X		X	
Río Cauca - Sabanalarga		X		X	
Quebrada Rodas				X	X
Río Cauca Liborina					X
Quebrada Juan García		X		X	
Quebrada La Honda		X		X	
Quebrada Clara				X	
Quebrada La Barbuda		X			X
Río Cauca Puente de Occidente		X			
Quebrada Tesorero			X	X	
Quebrada Ordoñez				X	
Quebrada Rodas	X			X	
Quebrada La Sucia		X			
Quebrada Juan García		X		X	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Tabla 3.2.6.4 Principales usos de las fuentes de agua en la zona de la vía sustitutiva El Valle – Ituango

Cuerpo de Agua	Consumo doméstico	Vertimiento	Riego	Agropecuario	Minería y Extracción de material de playa
Quebrada Bolivia	X				
Quebrada Burundá	X			X	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuerpo de Agua	Consumo doméstico	Vertimiento	Riego	Agropecuario	Minería y Extracción de material de playa
Quebrada Tenche Margen derecha	X				
*Quebrada Tenche Margen izquierda (Villa Luz)	X				
Quebrada Chirí	X				
Quebrada Orejón	X				
Quebrada Careperro				X	

*Además tiene un uso actual industrial, para perforación de túneles y galerías.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Para el campamento del Palmar la quebrada Bolivia surte para consumo doméstico y recibe vertimientos, la quebrada Burundá es utilizada para bebedero de animales y consumo doméstico (horario de trabajo), la quebrada Tenche es utilizada para consumo doméstico (horario trabajo), la quebrada Chirí es fuente del acueducto veredal, toman el agua del nacimiento al igual que la quebrada Orejón y de la quebrada Careperro el agua es utilizada para los bebederos de ganado.

Tabla 3.2.6.5 Principales usos de las fuentes de agua en la zona de la vía Puerto Valdivia-Presa

Cuerpo de Agua	Consumo doméstico	Vertimiento	Riego	Agropecuario	Minería y Extracción de material de playa
Quebrada Arrocería			X		
Quebrada Las Tapias	X	X			
Quebrada Remolino		X			
Quebrada Vagamenton	X	X	X		X
Quebrada Deirsi (La Planta)	X	X			
Quebrada Arenales	X	X			
Quebrada Achira	X	X			
Quebrada la Guamera	X	X			
Quebrada La Rica		X		X	
Río Sinitave		X		X	X
*Quebrada Ticuitá	X				

*Además tiene un uso actual industrial, para perforación de túneles y galerías.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cabe resaltar que la quebrada Tapias, es la fuente de abastecimiento para el acueducto comunal del Corregimientos de Puerto Valdivia, y no posee ningún tratamiento.

- Disponibilidad actual del recurso hídrico

Debido a la gran cantidad de cuerpos de agua que posee la zona del área de influencia, el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, no afectará la disponibilidad, ni usos del agua para los habitantes de la zona, ya que los pobladores de las veredas captan el agua de los nacimientos de las quebradas más cercanas.

- Conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua

Las fuentes de agua que se encuentran dentro del área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, incluyen cuerpo de agua entre ríos, quebradas y caños, lo que indica una gran oferta hídrica para los pobladores residente en estas zonas, siendo esta la razón por la que se considera poco probable que se presenten conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y uso del agua. Además, las condiciones orográficas de la zona, que posee como característica predominante las pendientes muy escarpadas, no permiten asentamientos de población a gran escala, lo que no aumentaría la cantidad de ofertante del recurso.

3.2.7 Geotecnia

Este elemento del medio físico se desarrolla para el área de influencia directa del proyecto

3.2.7.1 Geotecnia de las obras principales

En esta sección se presentan los resultados de las evaluaciones geotécnicas de los materiales encontrados en el área del Proyecto, realizadas con el propósito de poder caracterizar los materiales y servir de criterio para el diseño de obras viables desde el punto de vista geotécnico.

3.2.7.1.1 Clasificación del macizo rocoso

A partir de mapeos geológicos de superficie y de la extensa campaña exploratoria realizada en la zona, consistente en exploración directa por medio de galerías y perforaciones a rotación y exploración indirecta como complemento de las primeras por medio de líneas de refracción, se han definido los perfiles geológicos del macizo y realizado una caracterización geotécnica de los mismos.

Los perfiles geológicos se han descrito mediante la metodología propuesta por Deere & Patton (1971), los cuales se ilustran en la Figura 3.2.7.1 y en la Figura 3.2.7.2, las convenciones se pueden ver en la Tabla 3.2.7.1.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.7.1 Convenciones vertedero

Perfil Gneis Cuarzo Feldespático Pzmf	Depósitos
<p>IC-IIA Suelo y Bloques de Roca</p> <p>IIA Roca muy Fracturada y Meteorizada</p> <p>IIB Roca poco Meteorizada</p> <p>III Roca no Meteorizada</p> <p>— Falta Mellizos</p>	<p>Qc Depósito Coluvial</p> <p>Qalt Depósito Aluviotorrencial</p>

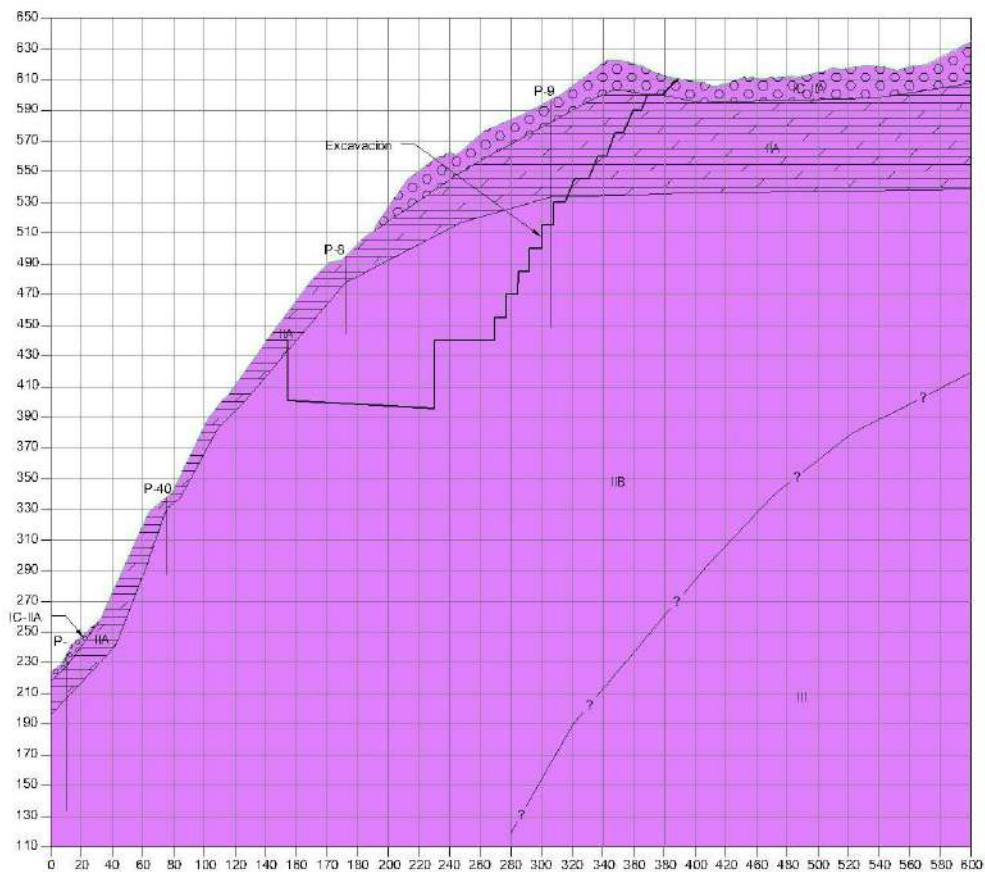


Figura 3.2.7.1 Perfil por la sección más crítica del vertedero

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

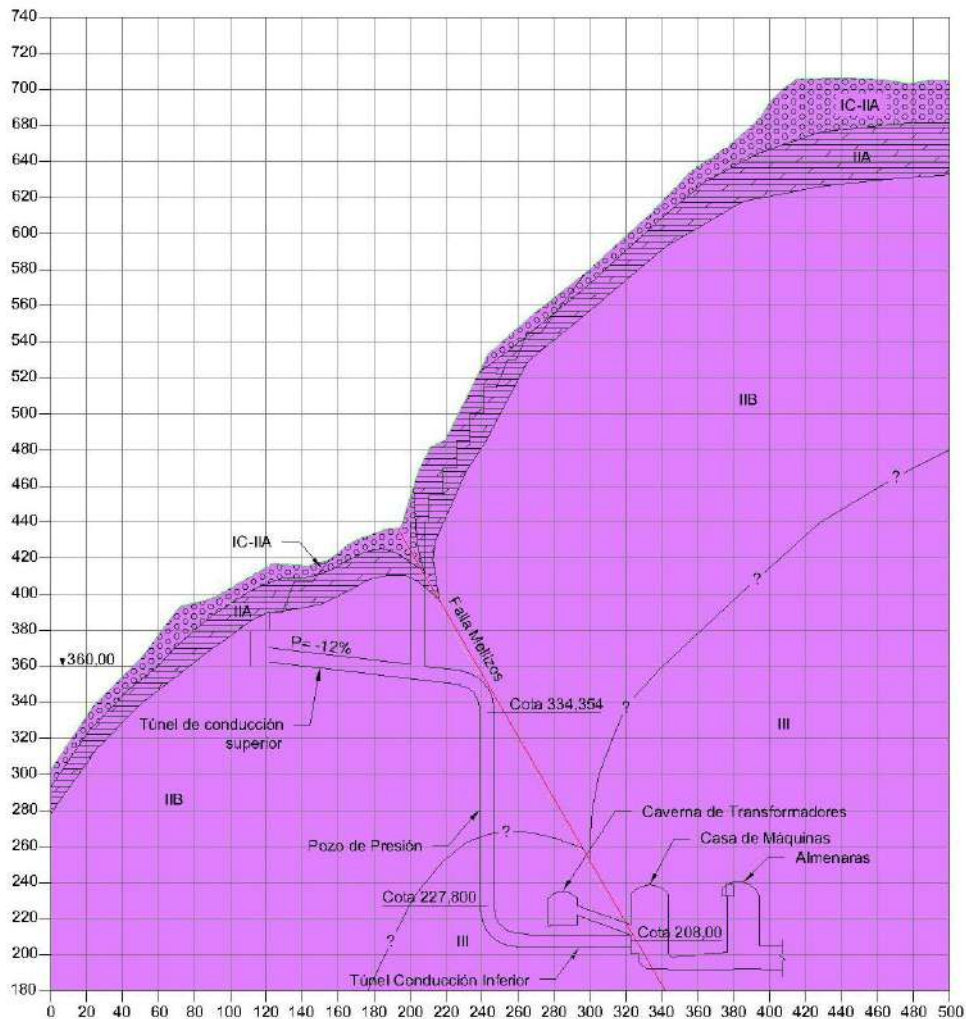


Figura 3.2.7.2 Perfil por portal de pozos de compuertas

Los perfiles geotécnicos se han elaborado teniendo en cuenta la descripción de las perforaciones de las cuales se obtiene una calificación del Índice geológico de resistencia (Geological Strength Index – GSI), el recobro y la designación de la calidad de la roca RQD (Rock Quality Designation) en profundidad.

Caracterización del GSI (Geological Strength Index): Se evalúa a partir de las perforaciones disponibles y se usa como referencia la propuesta de Cai *et al.* (2007), el cual determina el GSI usando el espaciamiento de las discontinuidades. Este artículo complementa la tabla recomendada por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (International Society of Rock Mechanics ISRM), en cuanto al tamaño de los bloques y el espaciamiento de las discontinuidades (ver Figura 3.2.7.3).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

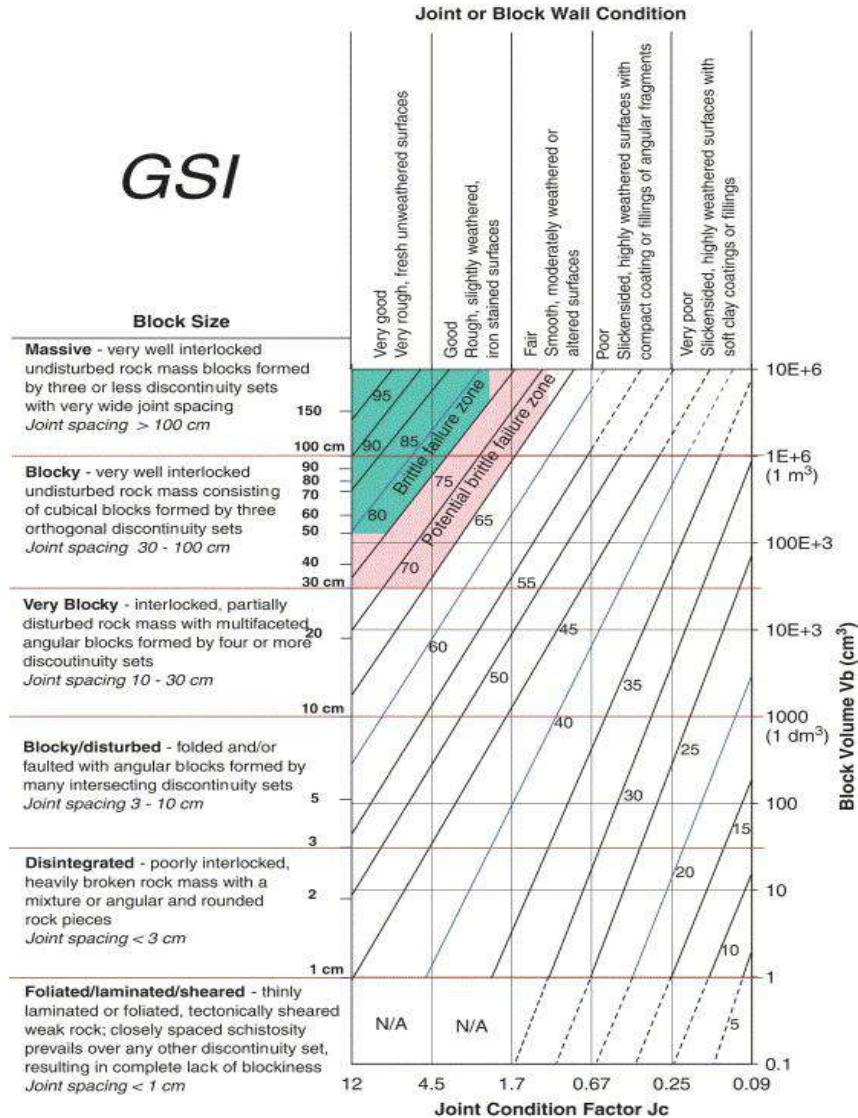


Figura 3.2.7.3 Índice Geológico de Resistencia

3.2.7.1.2 Estimación de parámetros

Luego de estimar la estratigrafía se definen los parámetros que caracterizan cada uno de los estratos que intervienen en la estabilidad de los cortes, dichos parámetros son GSI, resistencia a la compresión inconfiada, m_i (factor que depende del tipo de roca), afectación por el proceso de voladura (D).

Se han definido intervalos para el Proyecto que dan una idea de la calidad del macizo rocoso en función del GSI y es la siguiente:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Calidad buena a muy buena: $60 \leq \text{GSI} \leq 80$
- Calidad regular a buena: $35 \leq \text{GSI} \leq 60$
- Calidad regular a mala: $20 \leq \text{GSI} \leq 35$
- Calidad muy mala: $0 \leq \text{GSI} \leq 20$

En la parte baja de la ladera el GSI alcanza valores altos más rápidamente que en la parte alta. Es así como para la parte baja se alcanzan valores de GSI por encima de 60 a profundidades, de máximo 20 m y en la parte alta el GSI mayor de 60 aparece a lo sumo a los 60 m de profundidad. Las perforaciones ubicadas cerca de la zona afectada por las fallas Tocayo y Mellizo también muestran un espesor mayor de la zona fracturada en los primeros metros.

3.2.7.1.3 Estabilidad de excavaciones superficiales

La estabilidad de los cortes puede estar gobernada por la estabilidad global del macizo rocoso o por estabilidades locales por el desprendimiento de cuñas o caída de bloques.

La estabilidad del macizo rocoso depende de las propiedades del mismo, independiente de las cuñas que se puedan formar.

A partir de los perfiles geológicos y geotécnicos y de la variación de los parámetros con el criterio de Hoek y Brown se realizaron los análisis de estabilidad con ayuda del software Slide V 5.0, el cual usa la metodología de equilibrio límite para definir el factor de seguridad.

Se realizaron análisis en condiciones estáticas y pseudoestáticas para un sismo de diseño de 1.500 años.

Se han realizado los análisis de estabilidad para las secciones más críticas dentro de las obras principales. Las bermas de los cortes en general deben tener una pendiente del 5 % hacia el interior del talud, esto acorde a los análisis de caída de bloques realizados. Estas bermas deben tener protección para evitar la infiltración de aguas superficiales.

Las geometrías propuestas luego de realizar estos análisis son las siguientes:

- **Portal de entrada desviación:** Bancos verticales y bermas de 4 m inclinadas hacia el interior del talud con pendiente de 5% hasta la cota 360 msnm, en la cual se deja una berma de 4 m y se continúa el corte hasta el final con inclinación 0,25H:1,0V.
- **Portal de salida desviación:** En esta zona se construyeron diversos perfiles geológico-geotécnicos dada la variación de los estratos, como se muestra en el plano de geología y exploración D-PHI-012_GEN-GE-B-030. Se ubicó el portal de tal forma que el techo quedara en roca y además que se interfiriera lo menos posible con la excavación para el vertedero y el lleno de la presa. La mayor parte del corte del portal queda en el depósito aluviotorrencial para el cual se recomienda una

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

geometría consistente en bancos inclinados 0,75H:1,0V de 15 m de altura y bermas de 7,5 m.

En la zona del túnel interno donde aflora la roca se debe cortar vertical y retirar el estrato de roca IIA de forma que la superficie remanente esté conformada por roca IIB, esto se hace cortando sobre el contacto de la roca IIA y la roca IIB.

- **Taludes Captación:** Los ocho portales de captación están divididos en dos grupos ubicados en dos plazoletas ambas en la cota 350 msnm.

- **Portales captación 1 al 4:** en la plazoleta de la cota 350 msnm se comienza con un primer banco vertical hasta la cota 390 msnm (banco de 20 m), a partir de la cual se cambia la geometría a 0,5H:1,0V hasta la cota 390 msnm (banco de 20 m), en esta cota se conforma una berma de 10 m de ancho, continuando con bancos de 10 m verticales y bermas de 7,5 m hasta la cota 495 msnm, finalizando el corte con bancos de 15 m inclinados 0,6H:1,0V y bermas de 2,25 m hasta el chafalán, tratando sistemáticamente la superficie en concreto lanzado, barras de anclaje y drenes horizontales. La geometría descrita corresponde a la más crítica, los remates de la excavación hacia los laterales debe tener una configuración más tendida pero nunca debe ser mayor de 0,75H:1,0V, en los casos en que sean mayores se deberá implementar un tratamiento en concreto lanzado, barras de anclaje y drenes horizontales.

- **Portales 4-8:** la configuración es similar hasta la cota 390 msnm a la de los portales de túneles del 1-4, a partir de esta cota se construye un banco de 15 m de altura 0,4H:1,0V, y hasta finalizar el corte se continúa con una pendiente 0,75H:1,0V hasta el chafalán, a partir de la cota 390 msnm se espera roca meteorizada y fracturada con suelo entre discontinuidades (IIA), por lo cual debe tener un tratamiento sistemático consistente en concreto lanzado, barras de anclaje y drenes horizontales.

- **Taludes Pozos de compuertas:** en la plazoleta de la cota 434,8 msnm se comienza el corte con bancos verticales y bermas de 7,5 m hasta la cota 510 msnm y/o estrato IIA en la cual se conforma una berma de 7,5 m y a partir de la cual se corta con una geometría 0,4H:1,0V hasta la cota 555 msnm y/o estrato IC-IIA; en esta cota se construye una berma de 10 m y se remata el corte con una inclinación 0,75H:1,0V, dicha berma podrá variar de acuerdo con los diseños detallados de la excavación y las condiciones encontradas durante construcción.

- **Taludes vertedero:** los cortes para el vertedero se recomiendan desde el canal hacia arriba de la siguiente forma; un primer banco vertical de 10 m de altura aproximada y berma de 10 m, a partir de dicha berma se continúa con bancos verticales de 15 m y bermas de 7,5 m hasta la cota 530 msnm, en los extremos de la excavación se debe tender el banco vertical dada la cercanía del estrato superior meteorizado a una geometría con bancos de 15 m de altura 0,4H:1,0V y reduciendo la berma a dos metros para darle continuidad al drenaje.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- **Taludes pozo de impacto:** estos cortes se proyectan con bancos de 15 m y bermas de 7,5 m. El efecto de la socavación del agua en el pozo de impacto se busca reducirlo dejando un machón en roca que puede ser máximo de 30 m de altura dada la estratigrafía de la zona.
- **Taludes descarga intermedia:** en esta zona la geometría debe conformarse de la siguiente forma:
 - Talud frontal encima del portal: se comienza el corte con un banco vertical hasta la cota 275 msnm y berma de 6 m, seguida por un banco vertical de 15 m y berma de 5 m en la cota 290 msnm, a partir de la cual se continúa con un banco de 15 m de altura con inclinación 0,25H:1,0V y berma de 5 m en cota 305 msnm, de ahí hacia arriba hasta cerrar el corte 0,25H:1,0V.
 - Taludes laterales: Margen derecha: primer banco vertical hasta la cota 275 msnm, berma de 7 m, seguido por un banco 0,25H:1,0V hasta la cota 290 msnm con berma de 5 m en dicha cota, de ahí hasta terminar el corte 0,5H:1,0V. Margen izquierda: geometría 0,5H:1,0V.
- **Taludes acceso a galería de acceso a descarga intermedia:** esta galería comienza al nivel de la plazoleta del aluviotorrencial, y las geometrías de corte son las siguientes: Talud frontal encima del portal: geometría de corte 0,5H:1,0V. Taludes laterales: geometría de corte 0,75H:1,0V.
- **Taludes acceso a galería de acceso a descarga de fondo:** esta galería queda ubicada en la cota 230 msnm y accede en la parte baja del depósito aluviotorrencial por lo que se decide preservar al máximo las condiciones actuales del depósito evitando cortes en la base del mismo, por lo anterior en este sitio se recomienda acceso mediante un portal falso.
- **Taludes de descarga:** En esta zona se recomienda retirar completamente el depósito aluviotorrencial que queda encima de los portales, conformar el depósito coluvial colgado que queda por encima de la roca IIA con una geometría 0,75H:1,0V, conformar el estrato de roca IIA con una geometría 0,75H:1,0V. Los cortes remanentes en roca, que afloran en la medida en que se excava, deben ser conformados con bancos de 15 m y bermas de 7,5 m con pendiente de 5 % hacia el interior del talud.
- **Taludes plazoleta subestación;** la plazoleta se ubica en la cota 475 msnm, comienza con un banco vertical de 20 m hasta la cota 495 msnm y/o estrato IIA y berma de 10 m, continuando con bancos 0,4H:1,0V de 15 m de altura y bermas de 5 m hasta la cota 520 msnm, de ahí en adelante hasta el chaflán con bancos 0,75H:1,0V de 15 m de alturas y bermas de 5 m hasta el chaflán. Este corte debe llevar tratamiento sistemático en concreto lanzado, malla electrosoldada y drenes horizontales.
- **Plazoleta de acceso a casa de máquinas;** la plazoleta se ubica en la cota 307 msnm a partir de la cual se corta un banco vertical de 10 m hasta la cota 317

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

msnm y/o estrato IIA, con una berma de 10 m, siguiendo con bancos con geometría 0,75H:1,0V de 15 m y bermas de 5 m hasta el chaflán. Debe realizarse tratamientos sistemático

3.2.7.1.4 Taludes controlados por la estabilidad de los bloques de roca

Dentro de este grupo se encuentran los taludes cuyas estructuras, al interceptarse conforman cuñas potencialmente inestables, que gobiernan la estabilidad del macizo rocoso de acuerdo con su orientación y características como persistencia, rugosidad, presencia de agua y material de relleno en las discontinuidades. En la Tabla 3.2.7.2 se muestran los aspectos considerados en los análisis y los tipos de tratamientos obtenidos.

Tabla 3.2.7.2 Tratamiento definido para falla planar en taludes en roca

Sismo	Presión de agua	Ancho bloque (m)	Barra N°	Espaciam (m)	Inclin (1)	Longitud (2)
0,17g	Parcialmente abatida por drenes	6-12	8	1-2	-5°	6-12

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Inclinación respecto a la horizontal positiva hacia arriba y negativa hacia abajo
- Longitud requerida de anclajes desde la parte alta del banco hacia abajo

El tratamiento de taludes en roca depende directamente del grado de fracturamiento y de las características de las discontinuidades de la misma, las cuales inciden de forma directa en el comportamiento geomecánico del macizo y se expresa mediante el Índice Geológico de Resistencia (GSI).

De forma general, salvo algunas particularidades, los tratamientos de los taludes definidos se muestran en la

Tabla 3.2.7.3.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.7.3 Tratamiento general para taludes

N°	Condición	Identificación en campo	Tratamiento
TALUDES EN SUELO			
	-	Bloques de roca subangulares envueltos en matriz arenosa con gravas, capacidad media - alta	Tratamiento sistemático en concreto lanzado de 10 cm de espesor con drenes, malla electrosoldada y drenes horizontales de 10 m de longitud Geometría de corte variable
TALUDES EN TRANSICIÓN SUELO – ROCA			
		Roca altamente fracturada, tamaño de bloque máximo de 0,3 m, envueltos en matriz arenosa con gravas, proporción matriz: bloques (30-60)-(70-40) aproximadamente.	Tratamiento sistemático en concreto lanzado de 10 cm de espesor con drenes, malla electrosoldada y drenes horizontales de 10 m de longitud Geometría de corte variable
TALUDES EN ROCA			
1	GSI>60	Roca masiva con menos de tres juegos de discontinuidades y con presencia de diaclasas con las siguientes características: -Orientación subparalela a la cara del talud dentro de + / - 20° -Buzamiento entre 50 y 70° -Persistencia mayor de 3 m	Tratamiento puntual con pernos de roca tipo BAL 8 entre 6-9 m de longitud espaciados como se indique en los planos al tresbolillo y perforaciones de drenaje entre 8-11 m de longitud espaciadas, Geometría de corte: Bancos verticales y bermas
2	35<GSI<60	Roca medianamente fracturada espaciamiento de juntas entre 10 y 50 cm , con las superficies de discontinuidad entre moderadamente alteradas a alteradas y/o rellenos menores de 0,5 cm	Tratamiento sistemático en concreto lanzado de 5 cm de espesor reforzado con fibra y pernos de roca tipo BAL 8 entre 6-9 m de longitud espaciados 2,0 m al tresbolillo y perforaciones de drenaje entre 8-11 m de longitud espaciadas 4 m al tresbolillo Geometría de corte: Bancos verticales y bermas
3	GSI<35	Roca altamente fracturada y/o meteorizada, espaciamiento de juntas entre 1 y 10 cm , pueden presentar superficies oxidadas y/o rellenos	Tratamiento sistemático en concreto lanzado de 10 cm de espesor con malla electrosoldada y pernos de roca tipo BAL 8 entre 6-9 m de longitud, espaciados 2,0 m al tresbolillo y perforaciones de drenaje entre 8-11 m de longitud espaciadas 4 m al tresbolillo Geometría de corte 0,4H:1,0V

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Notas:**

1. Geometría de corte en roca: Bancos verticales de altura igual a 15 m, bermas variables dependiendo el sitio.
2. Los detalles de refuerzo y protección de los taludes se muestran en los planos.
3. La pendiente transversal de las bermas será del 5% hacia el interior del talud
4. La pendiente longitudinal de las bermas será definida con base en criterios hidráulicos

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

5. Perforaciones de drenaje de diámetro $\phi = 0,05\text{m}$ y longitud $L=10\text{ m}$ espaciadas 5 m en dos filas (una en la base y otra en la mitad de la altura del banco)
6. El drenaje superficial recomendado en los planos hidráulicos, debe implementarse previo al comienzo de los trabajos de excavación del vertedero.

3.2.7.1.5 Túneles y obras subterráneas

- Definición de tipos de terreno en túneles.

El diseño geotécnico de los túneles considera cuatro tipos de terreno en cuanto al soporte que requieren, como se describe a continuación.

- Tipo I

Se define Tipo I como el soporte que es necesario aplicar, donde la resistencia a la compresión confinada de la roca es media o mayor (mayor de 50 MPa), el macizo es masivo o ligeramente fracturado a masivo, donde se puede avanzar sin necesidad de colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de roca las infiltraciones no tienen consecuencia aunque se presenten con presión de media a alta y concentradas a lo largo de las fracturas de la roca, sin que produzca ningún tipo de inestabilidad. Eventualmente y por razones de seguridad después de realizar el desabombe de la superficie generada por la excavación puede requerirse la aplicación esporádica de concreto lanzado reforzado o no, y la instalación de pernos de roca. Aunque dadas las características de la roca Tipo I la excavación puede realizarse a sección completa, es decir, en una etapa, y en avances de varios metros, en los túneles de mayor tamaño la excavación puede realizarse por etapas a consideración del constructor y/o donde el diseño así lo especifique.

- Tipo II

Se define Tipo II como el soporte necesario para garantizar estabilidad de macizos donde la resistencia a la compresión confinada de la roca es media o mayor (mayor de 50 MPa), el macizo se encuentra fracturado en el techo y ligeramente fracturada en paredes, se puede avanzar sin necesidad de colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de terreno las infiltraciones pueden presentarse con presión de media a alta, concentradas a lo largo de las fracturas de la roca alcanzando a producir ocasionalmente inestabilidades locales. En este tipo de terreno se requiere tratamiento sistemático con pernos de roca y concreto lanzado reforzado en el techo y con concreto lanzado reforzado en las paredes y eventualmente algunos pernos. Aunque dadas las características de la roca Tipo II en túneles con diámetros del orden de 8 a 9 metros y menores la excavación puede realizarse a sección completa, su construcción puede realizarse en dos etapas. En los túneles de mayor tamaño la excavación debe ser realizada en dos o más etapas a consideración del constructor y/o donde el diseño así lo especifique. Los avances en este tipo de terreno estarán limitados a longitudes máximas de 3 m.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Tipo III

Se define Tipo III como el soporte necesario para garantizar la estabilidad de macizos donde la resistencia a la compresión confinada de la roca es media baja o mayor (mayor de 25 MPa), y el macizo se encuentra fracturado y alterado en el techo y paredes, se puede avanzar sin necesidad de colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de terreno las infiltraciones pueden producir problemas de estabilidad debido al grado de fracturamiento de la roca. En este tipo de roca requiere tratamiento sistemático con pernos de roca y concreto lanzado reforzado en el techo y paredes. Dadas las características de la roca Tipo III en túneles con diámetros del orden de 8 a 9 metros y menores la excavación puede realizarse a sección completa, no obstante lo anterior se puede decidir construirse en dos etapas con túnel piloto. En los túneles de mayor tamaño la excavación debe ser realizada en dos o más etapas a consideración del constructor y/o donde el diseño así lo especifique.

- Tipo IV

Se define soporte Tipo IV como el soporte necesario para garantizar la estabilidad de macizos cuyo material está compuesto por suelo o roca altamente fracturada. La resistencia a la compresión confinada de la roca es baja. El macizo se encuentra altamente fracturado y eventualmente con presencia de suelo en las fracturas, sectores en suelo con longitudes mayores a 5 m en suelo o zonas de portales localizadas en suelo o donde el techo de roca sea delgado y este cargado con suelo, el avance del túnel puede requerir colocar soporte en el frente de la excavación. En este tipo de terreno las infiltraciones pueden generar problemas de estabilidad. El tratamiento de la excavación es sistemático con perfiles de acero, pernos de roca y concreto lanzado en el techo y paredes. La longitud de los avances en este tipo de terreno no debe exceder un metro máximo. Dadas las características de la roca Tipo IV la excavación debe ser realizada en etapas, excepto en aquellos túneles donde por su pequeño diámetro se demuestre que no es necesario.

3.2.7.1.6 Resultados del diseño

En los siguientes numerales se hace una breve descripción de las obras.

Los soportes y tratamientos para todas las estructuras se recomiendan con base a los tipos de soporte que se describieron y se pueden observar en los respectivos planos.

- Sistema de desviación del río: Los túneles son de 830 m y 1.000 m de longitud aproximadamente. Los dos túneles con sección hidráulica de 14 m de ancho, hastiales verticales de 7 m de altura y bóveda de 7 m de radio. La cota de piso a la entrada y salida de los túneles se tiene prevista a 219 y 215 msnm, respectivamente. Ver Tabla 3.2.7.5.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.7.4 Soporte sistema de desviación

Túnel de desviación (Sección 7x14)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 10$ (GSI > 65)
II	$2 < Q < 10$ (56 < GSI < 65)
III	$Q < 2$ (GSI < 50)
Túnel de desviación (Sección 14x14)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 30$ (GSI > 75)
II	$4 < Q < 30$ (56 < GSI < 75)
III	$Q < 4$ (GSI < 56)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En zonas de presencia de depósito aluviotorrencial se utilizará para el tipo de soporte el rango indicado en la Tabla 3.2.7.5.

Tabla 3.2.7.5 Soporte depósitos aluviotorrenciales

Depósito aluvio-torrencial (Sección 14x14)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 10$ (GSI > 65)
II	$2,5 < Q < 10$ (52 < GSI < 65)
III	$Q < 2$ (GSI < 52)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Sistema de descarga intermedia

El túnel para la descarga intermedia es de 8 m de ancho, hastiales verticales de 4 m de altura y bóveda semicircular de 4 m de radio, con una longitud de 783 m, aproximadamente. En un punto intermedio, en abscisa alineada con la corona de la presa, se dispone de un domo o cámara de compuertas, para el control y cierre del flujo por el túnel.

Las galerías de acceso al túnel de descarga intermedia y a descarga de fondo son de 5,2 m de ancho y de 5,3 m de alto y bóveda semicircular (ver Tabla 3.2.7.6).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.7.6 Soporte sistema de descarga intermedia

Túnel de descarga intermedia (Sección 8x8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>10 (GSI>69)
II	2<Q<17 (50<GSI<69)
III	Q<2 (GSI<50)
Galería de acceso al túnel de descarga intermedia (Sección 5x6,75)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>10 (GSI>65)
II	2,5<Q<10 (52<GSI<65)
III	Q<2,5 (GSI<52)
Galería de acceso al túnel de descarga de fondo (Sección 5x6,75)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>10 (GSI>65)
II	2,5<Q<10 (52<GSI<65)
III	Q<2,5 (GSI<52)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Sistema de conducción y descarga

Los túneles de carga están dispuestos en dos grupos de modo que de cada uno de los bloques de estructuras de captación parten cuatro conducciones: las número 1 al 4 se localizan al norte, más cerca del vertedero, y las número 5 al 8 al sur de las anteriores.

El túnel de conducción superior posee una pendiente descendente del 10 %, empalma con el pozo de presión vertical y continúa finalmente en el túnel inferior, que es blindado y horizontal hasta llegar a la casa de máquinas. En la plazoleta de pozos de compuertas, se localizan los respectivos pozos que albergan las compuertas que permiten el cierre de la conducción.

El sistema consiste en ocho pozos con compuertas que operan bajo presiones equilibradas, una para cada túnel de carga, localizadas en los túneles de conducción superior cerca a las captaciones. Cada compuerta se instala en un pozo vertical y es manejada por un pórtico grúa que opera dentro de una galería a la cual se accede mediante un túnel corto.

La galería está dispuesta en dirección norte – sur, paralela al eje común de las estructuras de captación.

Los pozos de compuertas son verticales; serán revestidos en concreto reforzado. Están provistos de un tabique central en toda su profundidad para separar el compartimiento de la compuerta del conducto de aireación, dispuesto aguas abajo, para la entrada de aire durante el vaciado de la conducción después de cerrada la compuerta, o para su

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

evacuación durante el llenado. En la Tabla 3.2.7.7, se pueden ver soporte sistema de conducción

Tabla 3.2.7.7 Soporte sistemas de conducción

Túnel de conducción superior (Sección 8x8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 17$ (GSI > 69)
II	$2 < Q < 17$ (50 < GSI < 69)
III	$Q < 2$ (GSI < 50)
Pozo de compuertas de la conducción superior (Sección \square 8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 10$ (GSI > 65)
II	$2 < Q < 10$ (50 < GSI < 65)
III	$Q < 2$ (GSI < 50)
Galería de acceso al pozo de compuertas de la conducción superior (Sección 10,5x10,5)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 30$ (GSI > 75)
II	$4 < Q < 30$ (56 < GSI < 75)
III	$Q < 4$ (GSI < 56)
Pozo presión (Sección \square 8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 17$ (GSI > 69)
II	$2 < Q < 17$ (50 < GSI < 69)
III	$Q < 2$ (GSI < 50)
Túnel de conducción inferior (Sección 8x8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 17$ (GSI > 69)
II	$2 < Q < 17$ (50 < GSI < 69)
III	$Q < 2$ (GSI < 50)
Túnel de descarga (Sección 12,8x12,8)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	$Q > 25$ (GSI > 73)
II	$3,5 < Q < 25$ (55 < GSI < 73)
III	$Q < 3,5$ (GSI < 55)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Obras de casa de máquinas

La localización del complejo de generación (caverna de transformadores, casa de máquinas y almenara) a nivel macro, es decir, del esquema del Proyecto, fue definido sobre la margen derecha con el fin de aprovechar las ventajas topográficas y de la forma del cauce del río. La localización final en el estribo derecho fue definida con la pretensión de minimizar el potencial impacto de las principales estructuras geológicas que se han identificado en el sitio (falla Mellizo y el lineamiento, todavía no verificado, llamado durante el estudio de factibilidad en 1982 como falla Tocayo). Estas estructuras se consideraron como de mayor trascendencia y significado para el comportamiento del macizo rocoso que las zonas esquistosas, que son de extensión limitada como se explicó en la sección de geología. En la Tabla 3.2.7.8 Soporte sistema de Casa de Máquinas.

Tabla 3.2.7.8 Soporte sistema de Casa de Máquinas

Excavación	Soporte
Caverna de transformadores	<p>En bóveda: Pernos de roca BAL 8 de longitud 6,0 m, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y tres capas de concreto lanzado reforzado con malla-electro soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p> <p>En hastiales (incluidas las culatas): Pernos BAL 8 de longitud 6,0 m, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y dos capas de concreto lanzado reforzado con malla electro-soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p>
Casa de máquinas	<p>En bóveda: Pernos de roca BAL 8 de longitud 12,0 m, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y tres capas de concreto lanzado reforzado con malla electro-soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p> <p>En hastiales (incluidas las culatas): Pernos BAL 8 de longitud 9,0 m y 12,0 m en el primer tercio de la altura, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y dos capas de concreto lanzado reforzado con malla electro-soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p>
Almenaras	<p>En bóveda: Pernos de roca BAL 8 de longitud 12,0 m, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y tres capas de concreto lanzado reforzado con malla electro-soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p> <p>En hastiales (incluidas las culatas): Pernos BAL 8 de longitud 9,0 m y 12,0 m en el primer tercio de la altura, espaciados cada 2,0 m al tresbolillo, y dos capas de concreto lanzado reforzado con malla electro- soldada con un área de acero de 3,35 cm²/m en ambas direcciones, cada capa de 5 cm de espesor.</p>

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Túnel de acceso

El acceso a la casa de máquinas se hace mediante un túnel vehicular en forma de herradura con paredes verticales. El túnel se desprende de la plazoleta de acceso y llega a la sala de montaje en la caverna de la casa de máquinas, con una pendiente

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

descendente del 10,5%, de este túnel se desprenden las galerías de construcción. En la Tabla 3.2.7.9 se puede ver Soportes túneles de acceso.

Tabla 3.2.7.9 Soportes túneles de acceso

Túnel de Acceso a Casa de Máquinas (Sección 7,5x6,2)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>11 (GSI>66)
II	2,5<Q<11 (52<GSI<66)
III	Q<2,5 (GSI<52)
Túnel de Acceso a Casa de Máquinas (Sección 6,5x5,6)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>11 (GSI>66)
II	2,5<Q<11 (52<GSI<66)
III	Q<2,5 (GSI<52)

- Pozo de salida de cables

Comienza con una sección en herradura tipo arco rebajado de 8,0 x 7,0 m unos cuantos metros del alineamiento para luego terminar en sección 4,0 x 5,0 llegando a la caverna de transformadores. Ver Tabla 3.2.7.10.

Tabla 3.2.7.10 Soportes pozo de salida de cables

Pozo de Salida de Cables (Sección 4x5)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>7 (GSI>62)
II	1<Q<7 (44<GSI<62)
III	Q<1 (GSI<44)
Pozo de Salida de Cables (Sección 8x7)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>11 (GSI>66)
II	2,5<Q<11 (52<GSI<66)
III	Q<2,5 (GSI<52)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Sala de control de casa de máquinas

Se compone de dos tipos de secciones, una de 7,5 x 12,5 y otra de 10,0 x 12,5 en forma de herradura con arco rebajado, una mayor claridad en cuanto a la forma de la sección se da en los respectivos planos y manual de características. En cuanto a las propiedades geotécnicas se prevé que podría encontrarse una parte afectada por la falla. En la Tabla 3.2.7.11, se observar Soportes sala de control.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.7.11 Soportes sala de control

Sala de Control de Casa de Máquinas (Sección 7,5x12,5)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>28 (GSI>74)
II	4<Q<28 (56<GSI<74)
III	Q<4 (GSI<56)
Sala de Control de Casa de Máquinas (Sección 10x12,5)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>28 (GSI>74)
II	4<Q<28 (56<GSI<74)
III	Q<4 (GSI<56)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Túnel y pozo de aireación de las almenaras

Comienza con una sección en herradura de 7,0 x 7,0 m por una longitud de un poco más de 18 m en la cota 435 msnm, para luego descender con un pozo circular de diámetro 7,5 m y una inclinación de aproximadamente 58°, para llegar al nivel de las galerías de construcción superiores en la almenara N° 1.

Se espera que su excavación sea mayoritariamente en roca de buenas calidades geotécnicas y que no se tenga afectación por alguna de las fallas. En Tabla 3.2.7.12, se observa Soportes pozo de aireación

Tabla 3.2.7.12 Soportes pozo de aireación

Pozo de Aireación de Almenaras	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>10 (GSI>65)
II	2<Q<10 (50<GSI<65)
III	Q<2 (GSI<50)
Túnel de Aireación de Almenaras (Sección 7x7)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>10 (GSI>65)
II	2<Q<10 (50<GSI<65)
III	Q<2 (GSI<50)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Túnel de aireación de la central

Su sección es en herradura del tipo arco rebajado con una sección de 4,0 x 5,0 m, según la localización de su portal y dado al comportamiento de las galerías exploratorias que se encuentran en la zona, no se esperan problemas de estabilidad

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

generalizados que no se puedan atender con el soporte recomendado. En la Tabla 3.2.7.13 Soportes túnel de aireación.

Tabla 3.2.7.13 Soportes túnel de aireación

Túnel de Aireación y Evacuación de la Central (Sección 4x3,5)	
Soporte Tipo	Q (GSI)
I	Q>8 (GSI>63)
II	0,7<Q<8 (41<GSI<63)
III	Q<0,7 (GSI<41)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

3.2.7.2 Geotecnia de la vía de acceso por San Andrés de Cuerquia

3.2.7.2.1 Estudio de estabilidad de taludes

Estas actividades estuvieron apoyadas en la exploración y los estudios de geología para ingeniería y geotecnia.

Los factores de seguridad aceptables para el diseño corresponden a 1,1 en el caso pseudoestático y a 1,3 para el caso estático.

Los elementos tenidos en cuenta se pueden resumir en:

- Reconocimiento y caracterización de los taludes actuales y los procesos de remoción de masa que en ellos se han desarrollado.
- Exploración y caracterización de las propiedades geotécnicas de los geomateriales presentes en el corredor.
- Análisis numérico mediante la técnica de equilibrio límite, teniendo en cuenta diferentes mecanismos de falla, y cargas por sismo. Y análisis numérico de posibles bloques de roca que se conformen en condiciones desfavorables para la estabilidad.
- Diseño de detalle de los taludes típicos para cada tramo, definiendo geometría y tratamientos.
- Recomendaciones constructivas especiales donde se requiera.

3.2.7.2.2 Diagnóstico geotécnico y recomendación de taludes

Se realizaron recorridos de campo con el fin de definir las características actuales de los taludes de la vía actual, identificación de sitios críticos y la programación de la exploración de campo a ejecutar para caracterizar los geomateriales que conforman los taludes existentes en la vía.

En el apartado de resultados, conclusiones y recomendaciones se presentan los subsectores, que por sus características litológicas, geomorfológicas y geotécnicas, permiten agruparse o determinarse como homogéneos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Como puede observarse, en el corredor se presentan subsectores donde los taludes serán conformados en suelo, otros donde los taludes serán conformados en roca, pero que en su parte superior pueden presentar taludes en suelo, y otros subsectores donde de manera intermitente se presentan taludes en suelo y en roca. De acuerdo con el material predominante se procedió de la siguiente forma:

- **Taludes en roca:** Se realizó una cartografía geotécnica de los macizos rocosos que conforman los taludes adyacentes de conformidad con las metodologías aplicables sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.
- **Taludes en suelo:** Se realizó una cartografía de los taludes adyacentes y muestreos de material para ensayos de laboratorio con el fin de caracterizar el material, con el propósito de obtener la información sobre propiedades geomecánicas de los suelos requeridas por las metodologías de estabilidad de taludes por equilibrio límite.

Los análisis presentados corresponden al corredor definido con base en las condiciones geotécnicas y diseño vial identificados al inicio de los trabajos. Para propósito del modelamiento matemático de la estabilidad de los taludes se utilizó una sectorización geológico-geotécnica para el corredor vial objeto de estudio.

Se realizaron análisis de estabilidad estáticos y pseudoestáticos para el corredor vial objeto de estudio, sectorizados con base en reconocimientos geológico-geotécnicos y exploración de campo realizados.

Se tomaron zonas representativas desde el punto de vista geológico-geotécnico con tipos de suelo similares basados en el reconocimiento y la exploración de campo.

El resumen, las recomendaciones completas dadas en cada uno de los sectores, se presenta en la Tabla 3.2.7.14.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.7.14 Recomendaciones de taludes

Abscisa		Material	Geometría	Observaciones
Inicial	Final		Opción 1	
km 8+500	km 8+725	Suelo IC y Roca IIA	(1)	(2)
km 8+725	km 9+050	Suelo Residual	0,75H:1,0V	(8)
km 9+050	km 9+070			Transición
km 9+070	km 9+220	Suelo residual y roca IIA	(4)	(2)
km 9+220	km 9+280	Depósito coluvial	0,75H:1,0V	Revegetar
km 9+280	km 9+300			Transición
km 9+300	km 9+460	Roca IIA	(5)	
km 9+460	km 9+540	Depósito coluvial	0,75H:1,0V	Revegetar
km 9+540	km 9+560			Transición
km 9+560	km 9+680	Roca IIA	(6)	(2), (12)
km 9+680	km 9+700	Puente		
km 9+710	km 9+730	DESLIZAMIENTO	(7)	(15)
km 9+700	km 9+960	Suelo residual y Roca IIA	(7)	(2)
km 9+960	km 10+000	Puente		
km 10+000	km 10+070	Depósito coluvial	0,75H:1,0V	Revegetar
km 10+070	km 10+100			Transición
km 10+100	km 10+320	Roca IIA	(6)	
km 10+340	km 10+460	Suelo residual y Roca IIA	0,75H:1,0V	(11)
km 10+460	km 10+490			Transición
km 10+490	km 10+770	Roca IIA	(6)	(2), (12)
km 10+770	km 10+800			Transición
km 10+800	km 11+250	Suelo residual y Roca IIA	(9)	(8)
km 11+250	km 11+500	Suelo residual y Talud de roca IIA	0,5H:1V	(13)
km 11+500	km 11+810	Depósito coluvial	(10)	
km 11+810	km 12+200	Depósito coluvial	0,75H:1V	(8)
km 12+200	km 12+300	Depósitos de ladera meteorizados	0,5H:1V	(14)
km 12+300	km 12+430	Roca IIA	0,5H:1V	
km 12+430	km 12+630	Depósito coluvial	0,75H:1V	(8)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Notas: Los cortes con pendiente 0,5H:1V y 0,25H:1V son en roca, el corte con pendiente 0,75H:1V es en suelo. Si durante el proceso constructivo en alguna de las geometrías de corte se encuentra el suelo dentro del espesor recomendado como corte en roca, se deberá realizar el corte con la pendiente recomendada para suelo (0,75H:1V).

(1) Geometría de corte: Primeros 5 m superiores 0,75H:1,0V, 0,5H:1,0V hasta la banca de la vía.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- (2) Si durante el proceso constructivo se detectan zonas con RQD<50% se debe recubrir con concreto lanzado la superficie el talud.
- (3) Revegetación del estrato de suelo.
- (4) 0-6m 0,5H:1V, >6m 0,75H:1V.
- (5) 0-15m 0,5H:1V, >15m 0,75H:1V
- (6) 0-10m 0,25H:1V, 10-15m 0,5H:1V, >15m 0,75H:1V
- (7) 0-10m 0,5H:1V, >10m 0,75H:1V
- (8) Recubrir con agrotexil y material vegetal
- (9) 0-8m 0,5H:1V, > 8m 0,75H:1V
- (10) Construcción de un muro de contención de 2 m de altura con pata hacia atrás continuando con talud de pendiente 0,5H:1V reforzado con líneas de soil nailing de 14 m de longitud considerando una distancia de 2,0 m entre ejes y una inclinación de 15°. La primera fila se deberá colocar como mínimo a 1,5 m por debajo de la corona del talud. La presión de inyección mínima de la lechada será de 650 kPa. Instalar drenes horizontales de la misma longitud de los pernos.
- (11) En este tramo existe un sector de antigua cantera, se deberá retirar el material caído y limpiar el talud quitando el material colgado.
- (12) En taludes en roca deben hacerse perforaciones de 10 m de longitud inclinadas 15° y espaciadas 2 mal tres bolillos en los sitios en los que se detecten afloramientos de agua.
- (13) En donde se encuentren depósitos de talud (bloques de roca de gran tamaño) cubrir con malla flexible sintética o de alambre de acero que proteja de la caída de bloques, en caso tal que se presenten.
- (14) Recubrir con malla electrosoldada con concreto lanzado.
- (15) Recubrir con malla electrosoldada con concreto lanzado, colocar dos filas de drenes horizontales separados 1,5 m entre ejes al tres bolillo y de longitud aproximada de 10 m. La primera fila de drenes colocarla aproximadamente 2 m de altura desde base del talud. Peinar el talud en su parte superior.

3.2.7.3 Geotecnia de la vía de acceso por Puerto Valdivia

3.2.7.3.1 Estudio de estabilidad de taludes

Las actividades que se llevaron a cabo para la evaluación de la estabilidad de los taludes fueron las siguientes:

- Se define la geología del sitio, los rasgos geomorfológicos y los procesos de remoción en masa.
- Con base en la geología, exploración del subsuelo y recorridos de campo se sectoriza la vía.
- De cada uno de los sectores típicos se elaboran perfiles estratigráficos de las secciones representativos de las características geológicas y topográficas del tramo.
- Se estiman las propiedades geotécnicas de cada uno de los horizontes involucrados en la intervención.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Luego se hacen los análisis de estabilidad que son de dos tipos, uno para una masa como tal (considerando la roca como una sustancia rocosa) y otro para las cuñas que se forman al cortar el talud. El análisis global del material emplea la técnica de equilibrio límite para diferentes mecanismos de falla, y cargas por sismo. Y análisis numérico para definir la estabilidad de las cuñas que se forman corresponde a un análisis de también de equilibrio con base en la resistencia de las discontinuidades.
- Finalmente, se define la geometría de los taludes típicos para cada sector, definiendo los tratamientos necesarios para la estabilidad.

Diagnóstico geotécnico y recomendación de taludes

Se realizaron recorridos de campo con el fin de definir las características actuales de las laderas, identificar sitios críticos y programar la exploración de campo requerida para caracterizar los materiales que conforman las laderas existentes.

Los cortes de los taludes de la vía están conformados por suelo, roca con la parte superior en suelo y otros con roca. De acuerdo con el material predominante se define el procedimiento de análisis a seguir.

- **Taludes en roca:** Se realiza una cartografía geotécnica de los macizos rocosos de conformidad con las metodologías aplicables sugeridas por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas.

Se divide el eje de la vía de acuerdo con los cambios litológicos presentes, y se subdividen los sectores geológicos según la aferencia de los levantamientos de macizo realizados a lo largo del corredor vial. La división se analiza de manera individual determinando las características predominantes de las discontinuidades de cada una.

Se analiza de manera probabilista y determinista las cuñas que se forman con base en las familias de discontinuidades. Se determina la inclinación y el tipo de tratamiento más adecuado para la estabilidad en caso de requerirse.

- **Taludes en suelo:** Se realizó una cartografía de las laderas adyacentes y muestreos de material para efectuar ensayos de laboratorio con el fin de caracterizar el material de los suelos involucrados y requeridos en los análisis de estabilidad de taludes por equilibrio límite.

El resumen con las recomendaciones completas dadas en cada uno de los sectores se presenta en la Tabla 3.2.7.15.

Tabla 3.2.7.15 Recomendaciones de taludes

Abscisa		Material	Geometría	Observaciones
Inicial	Final		Opción 1	
km 0+000	km 0+274	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(1)	(10),(13)
km 0+274	km 0+670	TUNEL		

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Abscisa		Material	Geometría	Observaciones
Inicial	Final		Opción 1	
km 0+670	km 1+550	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(1)	(10),(13)
km 1+550	km 1+570			Transición
km 1+570	km 1+730	Depósito	(5)	(10)
km 1+730	km 1+750			Transición
km 1+750	km 4+040	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(1)	(10),(13)
km 4+040	km 4+060			Transición
km 4+060	km 6+200	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(15)	(10),(13)
km 6+200	km 6+220	Suelo ICIIA y Roca IIA		Transición
km 6+220	km 6+730	Suelo ICIIA y Roca IIA	(16)	(10),(13)
km 6+730	km 6+750	Suelo ICIIA y Roca IIA	(19)	(10),(13)
km 6+750	km 8+180	Suelo ICIIA y Roca IIA	(16)	(10),(13)
km 8+180	km 8+200			Transición
km 8+200	km 12+200	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(1)	(10),(13)
km 12+200	km 12+220			Transición
km 12+220	km 14+800	Suelo ICIIA y Roca IIA	(3)	(10),(13)
km 14+800	km 14+820			Transición
km 14+820	km 15+010	Roca IIA-Roca IIB	(4)	(13)
km 15+010	km 15+030			Transición
km 15+030	km 15+900	Suelo ICIIA y Roca IIA	(3)	(10),(13)
km 15+900	km 15+920			Transición
km 15+920	km 16+240	Roca IIA-Roca IIB	(4)	(13)
km 16+240	km 16+260			Transición
km 16+260	km 16+350	Depósito	(5)	(10)
km 16+350	km 19+350	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(6)	(10), (12),(13)
km 19+350	km 20+800	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(7)	(10), (12),(13)
km 20+800	km 22+100	IC-IIA, Roca IIA	(8)	(10), (12),(13)
km 22+100	km 22+650	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(7)	(10), (12),(13)
km 22+650	km 23+130	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(9)	(10), (12),(13)
km 23+130	km 23+160			Transición
km 23+160	km 23+750	Roca IIA	(4)	(13)
km 23+750	km 23+770			Transición
km 23+770	km 25+450	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(7)	(10), (12),(13)
km 25+450	km 31+100	Suelo IC-IIA, Roca IIA	(14)	(10),(13)
km 31+100	km 31+700	Depósito, IC-IIA y Roca IIA	(17)	(10),(13)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Abscisa		Material	Geometría	Observaciones
Inicial	Final		Opción 1	
km 31+700	km 31+850	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(14)	(10),(13)
km 31+850	km 34+480	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(3)	(10),(13)
km 34+480	km 34+510			Transición
km 34+510	km 34+790	Depósito	(5)	(10)
km 34+790	km 34+820			Transición
km 34+820	km 35+000	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(3)	(10),(13)
km 35+000	km 35+393	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(21)	(10), (12),(13)
km 35+393	km 35+600	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(21)	(10), (12),(13),(23)
km 35+600	km 36+170	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(21)	(10), (12),(13),(22)
km 36+170	km 36+377	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(21)	(10), (12),(13),(23)
km 36+377	km 36+400	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(21)	(10), (12),(13)
km 36+400	km 36+730	Depósito de Talud, IC-IIA, Roca IIA	(9)	(10), (12),(13)
km 36+730	km 36+950	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(14)	(10),(13)
km 36+950	km 37+120	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(8)	(10), (12),(13)
km 37+120	km 37+260	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(14)	(10),(13)
km 37+260	km 37+855	Suelo IC-ICIIA y Roca IIA	(8)	(10), (12),(13)

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

• **Notas:**

Los cortes con pendiente 0,5H:1V y 0,25H:1V son en roca, los cortes con pendiente 1,0H:1V, 1,5H:1,0V y 0,75H:1V son en suelo. Si durante el proceso constructivo en alguna de las geometrías de corte se encuentra el suelo dentro del espesor recomendado como corte en roca, se deberá realizar el corte con la pendiente recomendada para suelo (0,75H:1V) y viceversa.

- (1) Geometría de corte: Primeros 5 m superiores 0,75H:1,0V, 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (2) Geometría de corte:0,75H:1,0V.
- (3) Geometría de corte: Primeros 3 m superiores 0,75H:1,0V, 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (4) Geometría de corte:0,25H:1,0V.
- (5) Geometría de corte:1,5H:1,0V.
- (6) Geometría de corte: Primeros 8,0 m superiores 1,0H:1,0V, 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (7) Geometría de corte: Primeros 2,0 m superiores 0,75H:1,0V, berma de 3 m de ancho, 6 m con pendiente 0,75H:1,0V y 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (8) Geometría de corte: Primeros 4 m superiores 0,75H:1,0V y 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (9) Geometría de corte: Primeros 4,0 m superiores 0,75H:1,0V, berma de 3 m de ancho y 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (10) Revegetación del estrato de suelo. Colocar mantos o mallas para el control de la erosión y a su vez que proporciones condiciones excelentes para el crecimiento de una vegetación sana.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- (11) Soil Nail. Tratamiento al talud en el estrato correspondiente a suelo.
- (12) Protección en la zona de depósito de talud con mallas biaxiales para la caída de bloques, en la parte superior del talud por encima de la berma.
- (13) Si durante el proceso constructivo se detectan zonas en roca con RQD<50% se debe recubrir con concreto lanzado la superficie el talud.
- (14) Geometría de corte: Primeros 2 m superiores 0,75H:1,0V, 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (15) Geometría de corte: Primeros 15 m superiores 1,0H:1,0V, 0,5H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (16) Geometría de corte: Primeros 10 m superiores 1,0H:1,0V, 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (17) Geometría de corte: Primeros 10 m superiores 0,75H:1V, 0,25H:1V hasta la banca de la vía.
- (18) Geometría de corte: Primeros 3 m superiores 0,75H:1,0V, berma de 3 m de ancho, 8 m con pendiente 0,75H:1,0V y 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (19) Geometría de corte: 0,4H:1,0V.
- (20) Geometría de corte: Primeros 3 m superiores 0,5H:1,0V, berma de 3 m de ancho, 8 m con pendiente 0,5H:1,0V y 0,25H:1,0V hasta la banca de la vía.
- (21) Geometría de corte: 0,5H:1,0V
- (22) Sistema de 4 tipos de anclajes con mallas biaxiales para protección contra caída de bloques.
- (23) Sistema de 2 tipos de anclajes con mallas biaxiales para protección contra caída de bloques.

3.2.8 Atmósfera

De manera general puede decirse que la zona del Proyecto presenta un clima que está determinado a nivel interanual por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical. La región se encuentra localizada en un cañón profundo y cálido conformado por las Cordilleras Central y Occidental, al cual llegan corrientes húmedas provenientes del Caribe y el océano Pacífico, principalmente, y, eventualmente, pero con mucha menor influencia de la Amazonía, estas corrientes dan origen a tormentas de tipo orográfico y convectivo que generalmente se producen simultáneamente. Las condiciones orográficas hacen impredecible el análisis de algunas variables hidroclimáticas propias de la zona de las obras, ya que no se cuenta con una estación climatológica ubicada exactamente en el sitio de las obras. A nivel interanual, la climatología, en especial las lluvias, se ve altamente influenciada por el sistema “El Niño/Oscilación del Sur” (ENSO), el cual, durante su fase caliente tiene como consecuencia un descenso pronunciado en las lluvias y en su fase fría un aumento de las mismas, convirtiéndose en un modulador de la hidrología Colombiana.

Para el desarrollo de este estudio se han utilizado varios registros de estaciones climatológicas y pluviométricas que permiten caracterizar la zona de estudio. En la

Figura 3.2.8.1, se presenta su localización y en la Tabla 3.2.8.1 se presentan las características generales de las estaciones que circundan la zona del proyecto, incluyendo el área del embalse.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.1 Características generales de las estaciones que circundan la zona del proyecto

Estación	Tipo	Entidad	Años de registro disponible		Coordenadas (MAGNA Oeste)		Altitud (msnm)	Precipitación Promedia anual
			Desde	hasta	Este	Norte		
La Honda	CP	EPM	1983	2009	1,278,076.8	1,233,054.9	540	2171
Pescadero Ituango	CP	EPM	2007	2009	1,155,200.3	1,278,381.2	650	1480
El Palmar	CP	IDEAM	1982	1992	1,155,867.6	1,278,966.1	580	1946
Matanza	PM	IDEAM	1970	1994	1,156,270.6	1,269,444.0	500	2255
Anzá	PM	IDEAM	1970	1995	1,136,210.0	1,188,268.7	620	1640
Boquerón	PM	IDEAM	1970	1990	1,156,854.1	1,191,454.3	2510	2600
Boquerón	PM	IDEAM	1959	1993	1,158,246.4	1,191,912.3	3150	2150
Caicedo	PM	IDEAM	1970	1994	1. 121,425.6	1,201,140.4	1750	1820
Guasabra	PM	IDEAM	1975	1994	1,126,933.4	1,212,213.6	2100	1505
T. Rubios	CO	IDEAM	1970	1978	1,250,926.7	1,214,711.9	450	1065
H. Cotové	CO	IDEAM	1975	1995	1,137,992.2	1,214,083.3	530	1030
Olaya	PM	IDEAM	1970	1995	1,141,651.7	1,225,154.3	575	1100
Abriaquí	PM	IDEAM	1974	1993	1,112,156.8	1,225,086.3	1920	2125
Giraldo	PM	IDEAM	1970	1995	1,125,047.9	1,230,644.7	2100	1745
La Placita	PM	IDEAM	1970	1995	1,145,314.2	1,234,382.2	1250	1810
H. Piunti	CO	IDEAM	1970	1995	1,128,721.3	1,236,183.9	1540	1420
Cañasgordas	CO	IDEAM	1973	1994	1,115,820.1	1,236,154.9	1200	2535
Sabanalarga	PM	IDEAM	1975	1995	1,139,746.3	1,249,116.7	1000	1320
San Bernardo	PG	EPM	1966	1992	1,168,218.1	1,249,922.1	1740	2015
Cruces	PM	IDEAM	1970	1995	1,161,842.5	1,254,710.6	2830	2210
San Andres	PM	IDEAM	1970	1995	1,154,466.7	1,256,532.3	1600	1675
Oro	PM	IDEAM	1975	1993	1,145,249.1	1,258,349.8	2100	1790
La cumbre	PM	IDEAM	1970	1995	1,126,798.9	1,269,363.6	2440	1660
Cedeño	PM	IDEAM	1970	1994	1,182,048.1	1,273,216.1	2400	3610
Villanueva	PM	EPM	1983	1994	1,183,877.1	1,276,910.5	1950	5295
Briceño	PG	IDEAM	1970	1995	1,172,819.0	1,278,716.0	1440	5585
Santa Isabel	CO	IDEAM	1970	1995	1,180,167.1	1,284,273.2	900	4600

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Estación	Tipo	Entidad	Años de registro disponible		Coordenadas (MAGNA Oeste)		Altitud (msnm)	Precipitación Promedia anual
			Desde	hasta	Este	Norte		
El Cedro	PG	EPM	1980	1994	1,190,114.8	1,286,866.9	900	400
Ituango	CO	IDEAM	1970	1977	1,148,848.9	1,287,859.4	1575	1430
P. Valdivia	PM	IDEAM	1979	1995	1,185,644.8	1,297,201.1	150	4670
La granja	PM	IDEAM	1975	1994	1,146,980.6	1,297,072.6	1000	1830
Santa Rita	PM	IDEAM	1982	1995	1,161,697.2	1,300,805.6	1950	2650
Puerto Raudal	PM	IDEAM	1970	1995	1,192,974.4	1,306,449.3	125	5425

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

El análisis climatológico de la zona de las obras principales está basado en los registros de la estación climatológica Pescadero Ituango, instalada en abril del 2007 por las Empresas Publicas de Medellín, y que se constituye en la estación más cercana al sitio de presa, a pesar de estar ubicada en la cota 650 msnm; desafortunadamente por su corto período de registro (Abril 2007 – a la fecha) fue necesario hacer un proceso de validación de los datos antes de su uso; para poder reflejar efectos de meso escala que se manifiestan en períodos multianuales mayores a 2 años, como lo es el fenómeno ENSO. Para el proceso de validación y complementación de la información, se tomaron y analizaron, entre otros, los registrados en las estaciones El Palmar y Matanzas (ambas operadas por el IDEAM), las cuales cuentan con registros de tiempo mayores y podrían dar una idea general de la variación temporal de algunas variables. Desafortunadamente, La estación el Palmar, solo operó en el periodo 1982 a 1992; dicha estación se encontraba localizada en la margen izquierda del río a la altura de la cota 580 msnm, a 2,3 km del sitio de presa muy cerca a donde hace 3 años se instaló la estación Pescadero Ituango. La estación Matanzas se localiza en la cota 500 msnm en el cañón del río San Andrés afluente del río Cauca a aproximadamente a 1 km aguas arriba del Corregimiento de El Valle, posee registro desde el año 1970.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

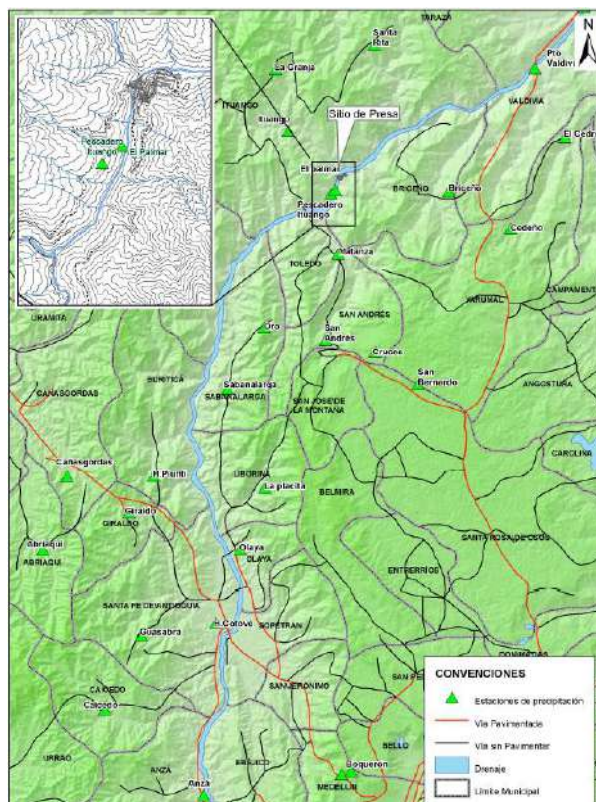


Figura 3.2.8.1 Estaciones climatológicas de la zona de estudio

3.2.8.1 Precipitación

A continuación se presenta un análisis del comportamiento espacial de la precipitación media anual, de la variación de la precipitación mensual y algunos datos de precipitaciones máximas en el sitio de presa y la zona del embales.

3.2.8.1.1 Media anual

El análisis de precipitación media anual se hizo con base en los registros de varias estaciones ubicadas al rededor del embalse, con base en los cuales se construyeron las isoyetas presentadas en la Figura 3.2.8.2 de donde se puede concluir lo siguiente:

El cañón del río Cauca, en el tramo desde Santa Fé de Antioquia hasta el sitio de presa presenta una precipitación promedio anual del orden de 1.350 mm denotando un aumento de la lluvia a media que nos alejamos del cañón y asciende hacia la cabeceras de las vertientes en sentido oriente y occidente.

En la zona de aguas abajo de la presa el efecto orográfico del caño no es tan marcado y se observa como las isoyetas de precipitación atraviesen el cauce del río Cauca. En esta zona se registran precipitaciones anuales con valores que alcanzan los 5.000 mm.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Como se puede observar, el sitio de presa se encuentra en una zona de transición donde se estima que la lluvia media anual puede llegar a ser del orden de 1.900 mm.

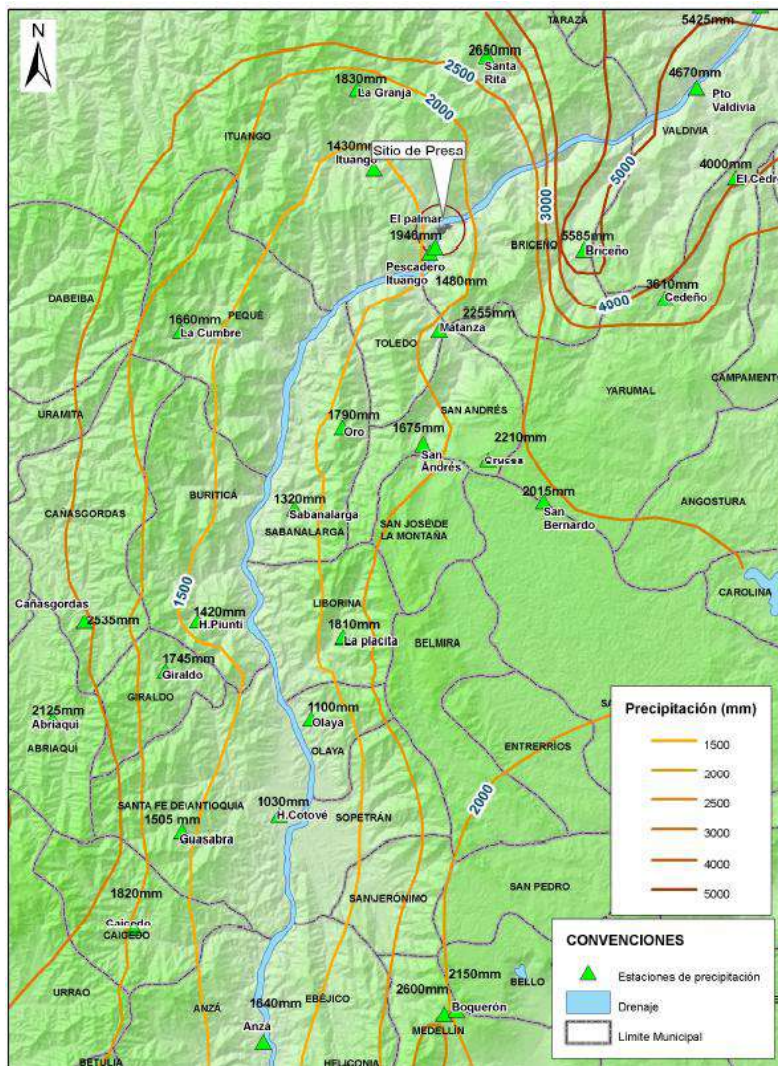


Figura 3.2.8.2 Precipitación media anual

3.2.8.2 Variación mensual precipitación

De acuerdo con los análisis realizados sobre los registros disponibles se observa que la zona donde se localizarán las obras principales, existe un comportamiento unimodal en el cual las mayores precipitaciones se presentan en los meses de Junio y Julio, con valores medios de hasta 300 mm/mes; y el periodo seco se inicia en noviembre y se extiende hasta marzo o abril. La Figura 3.2.8.3 muestra la variación mensual multianual

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

de de las lluvias en las estaciones de El Palmar (En el periodo 1983 – 1992) y Pescadero Ituango (En el periodo 2007 2009), así como una curva conjunta agrupando los datos de las dos estaciones dado que la ubicación geográfica de ambas es prácticamente la misma, con base en esta agrupación de datos se asumió la variación de la precipitación estimada en la zona de las obras.

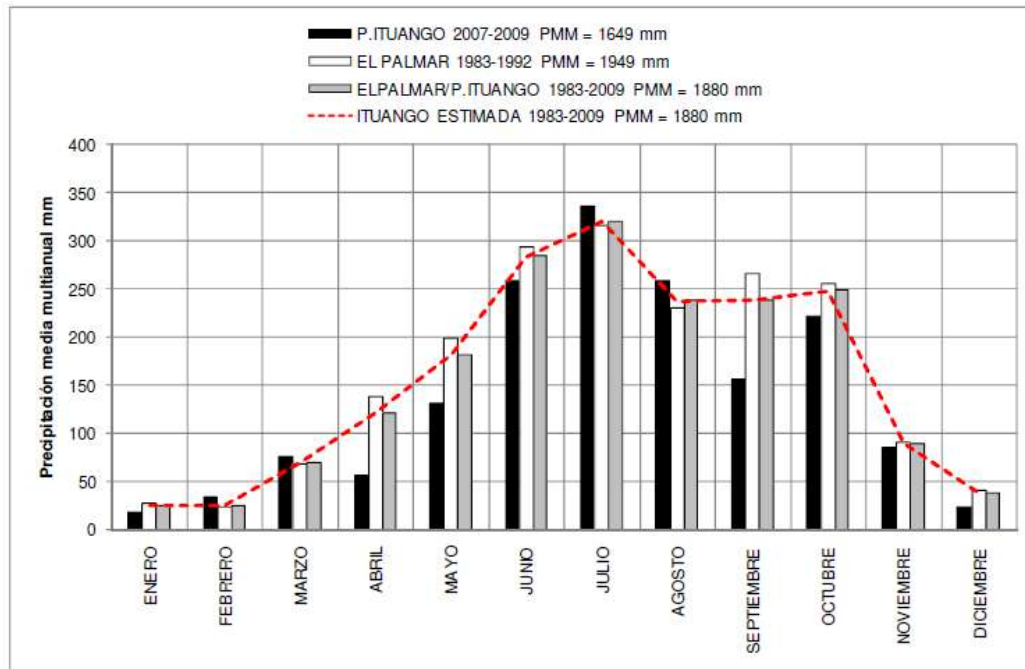


Figura 3.2.8.3 Variación de la precipitación mensual en estaciones cercanas al sito de presa

3.2.8.3 Máximas diarias

Para la zona del proyecto se efectuaron algunos análisis de frecuencia de precipitaciones máximas diarias de varias estaciones, como por ejemplo: La Granja, Santa Rita, Olaya, Sabanalarga, Matanzas y El Palmar, entre otras. Para la el sitio de las obras principales se llegó a la conclusión de que a pesar de los pocos registros de la estación El Palmar el ajuste de la curva de frecuencia presentaba una tendencia regional acorde con las demás estaciones, por lo que se optó por asumir este análisis para establecer las precipitaciones máximas diaria en la zona de la obras principales. En la Figura 3.2.8.4, se presenta la curva obtenida junto con los datos que dieron origen a dicho ajuste.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

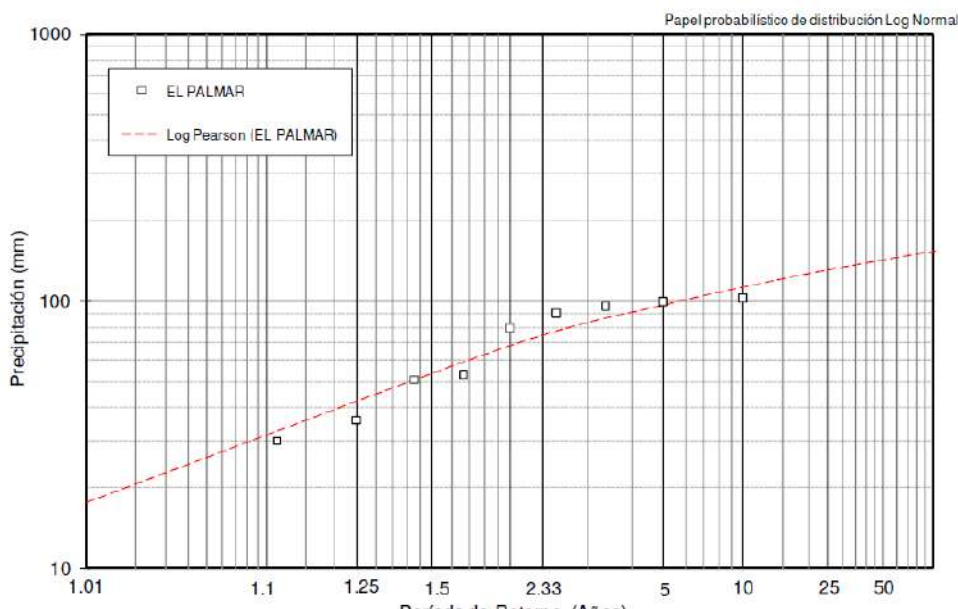


Figura 3.2.8.4 Curva de frecuencia estación El Palmar

En la Tabla 3.2.8.2, se presenta los datos de intensidad asumida para el sitio de las obra principales, la cual fue estimada con base en la curva de frecuencia de precipitaciones máximas de la estación El Palmar aplicando unos factores de reducción temporal de la precipitación estimados por INTEGRAL para el departamento de Antioquia y que ha demostrado ser viable, incluso en otras latitudes

Tabla 3.2.8.2 Datos de intensidad frecuencia duración, para la zona de la presa

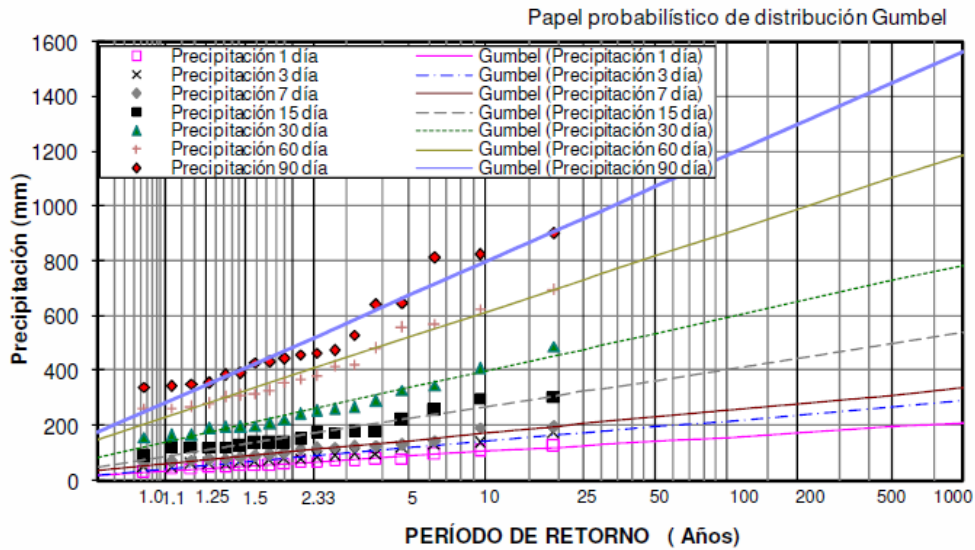
Duración (minutos)	Intensidad en mm/hora para diferentes periodos de retorno en años				
	2,33	10	25	50	100
5	133	204	237	258	278
10	111	170	197	215	231
15	98	150	174	190	204
30	70	107	124	136	146
45	55	84	97	106	114
60	45	70	81	88	95

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

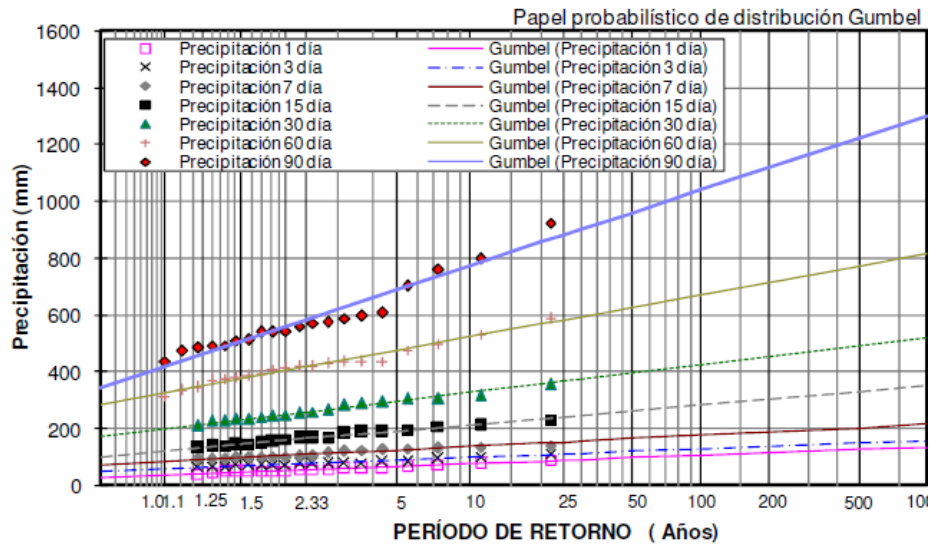
Para la zona del embalse se llevó a cabo un análisis de frecuencia de precipitaciones de diferentes duración (3, 7, 15, 30, 60 y 90 días) en las estaciones de Olaya y Sabanalarga, esto con el fin de tener información para evaluar la probabilidad de deslizamientos en la algunas zonas del embalse. Los resultados de este estudio se

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

presentan en la Figura 3.2.8.5 y estos datos fueron suministrados al grupo de geólogos y geotécnicos encargados de evaluar los deslizamientos.



Estación Olaya



Estación Sabanalarga

Figura 3.2.8.5 Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.8.4 Temperatura

La temperatura en Colombia depende en gran medida de la altura, y dadas las condiciones encañonadas de la zona de estudio, esta variable es muy sensible dadas las condiciones abruptas del cañón del río Cauca.

De acuerdo con los registros de históricos de las estaciones climatológicas analizadas, se observa un aumento de temperatura en los meses de febrero y mayo y disminuciones entre los meses octubre-noviembre. Para el caso de la estación de El Palmar ubicada en la cota 580 msnm aproximadamente, la temperatura media es de 25,6 °C, con registros de temperatura máxima instantánea de 34,4°C. Mientras que los registros de la estación Pescadero Ituango ubicada en la cota 650 msnm, presentan como valor de temperatura media 24,6°C; un valor mínimo diario de 22°C y un máximo diario de 28°C, entre sus registros de máximo instantáneo de temperatura se encontró un valor de 36,3°C y la temperatura mínima instantánea registrada en dicha estación 17,5C.

Partiendo del hecho de que por cada 100 m de variación en la cota hay un cambio de temperatura de 0,5 °C, se estima que en el cauce del río, la temperatura media debe ser superior a los 26,7°C (para la cota 220 aprox.), aunque este estimativo pudiera quedarse un poco corto si se considera los efectos que generará el estrecho cañón sobre el régimen de vientos, que a su vez incide en el régimen de temperaturas. Ver Figura 3.2.8.6.

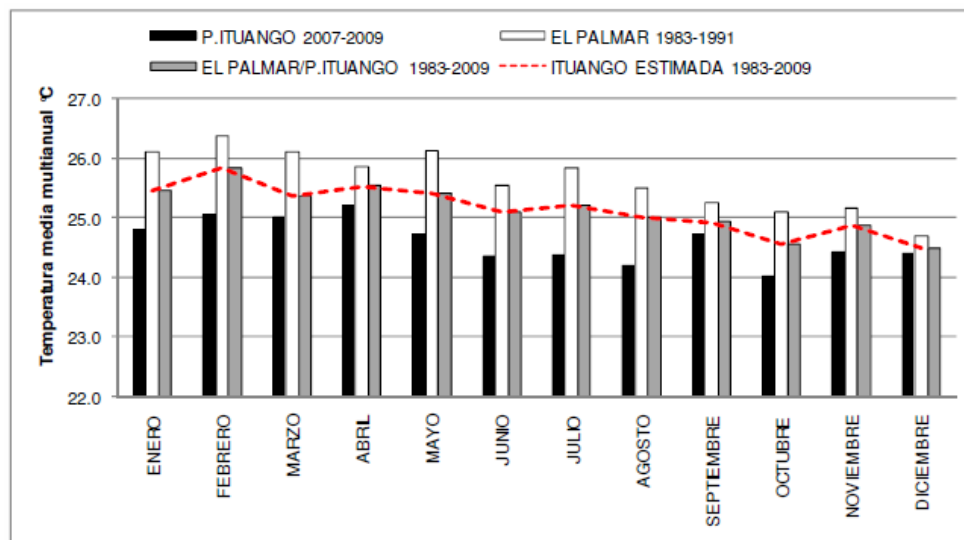


Figura 3.2.8.6 Temperatura media a 650 msnm

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.8.5 Evaporación

3.2.8.5.1 Brillo solar

Los valores máximos de radiación (180 W/m^2) se presentan en las épocas de menores lluvias, al inicio del año, las cuales corresponden a una menor tasa de nubosidad. Esto contrasta con las épocas de mayores lluvias, en los meses de octubre y noviembre, donde la radiación solar registrada se ve disminuida alcanzando valores de 160 W/m^2 . En la Figura 3.2.8.7, se presentan la variación mensual de la radiación registrada.

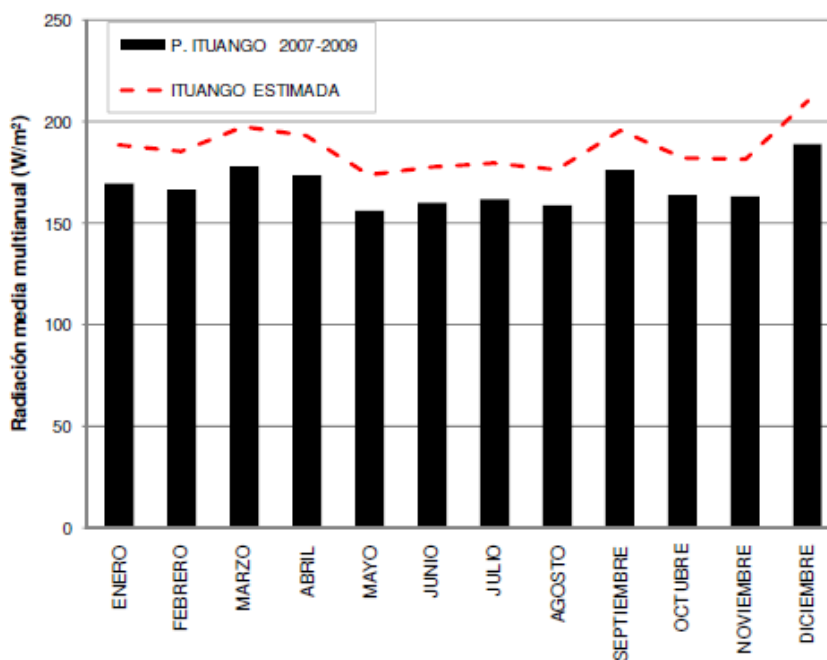


Figura 3.2.8.7 Radiación solar (W/m^2) para el sitio de presa

3.2.8.5.2 Humedad relativa

La humedad relativa registrada en las estaciones localizadas a unos 600 msnm presenta valores que oscilan entre 74%-84%. Se nota un aumento de la humedad en el periodo correspondiente a los meses junio-octubre y una disminución acentuada en el periodo enero-marzo con humedades entre 73%-75%. Al igual que las mayoría de las demás variables, esta información puede tener variaciones respecto a los valores esperados en el fondo del cañón del río (Cota 220 aprox) donde se ubican las obras del proyecto. Ver Figura 3.2.8.8.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

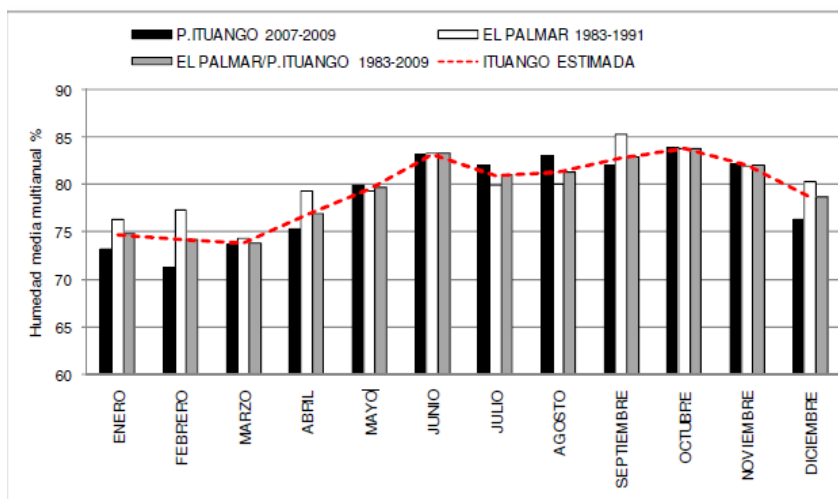


Figura 3.2.8.8 Parámetros estadísticos de humedad relativa para el sitio de presa

3.2.8.6 Calidad del aire

Para la caracterización de la calidad del aire en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, fue necesario la realización de cuatro jornadas de campo, en diferentes épocas y sitios, las cuales incluyen las posibles afectaciones en las características de este componente por el efecto de las obras, todas estas jornadas se realizaron con miras a la evaluación de los impactos posibles en las poblaciones vecinas a las obras y a la protección de los seres vivos en general.

Como primer ítem evaluado se encuentra el material particulado, a continuación se hará un pequeño resumen de la primera jornada de muestreo realizado. Los resultados de las campañas de muestreo siguientes se detallarán más adelante.

3.2.8.6.1 Primera jornada de muestreo – material particulado en suspensión

Este fue realizado por la Universidad Pontificia Bolivariana, los resultados de las campañas de muestreo siguientes se detallarán más adelante.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA) y el Decreto 02 de 1982 establecen el método del Alto Volumen (gravimétrico) como válido para el análisis de material particulado suspendido en la atmósfera.

Para el monitoreo de Material Particulado suspendido en la atmósfera se emplearon equipos HI-VOL (Alto Volumen), Marca GRASEBY-GMW, equipos estandarizados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

Estados Unidos de América (US EPA).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Puntos de muestreo

La primera jornada entre el 8 de Febrero y el 19 de Febrero de 2007 se realizó en tres sitios considerados como representativos de las condiciones actuales de calidad del aire, en cuanto a material particulado, tanto en las cabeceras municipales de San Andrés de Cuerquía y de Toledo, como en el entorno rural, en el corregimiento de El Valle.

Todos los puntos están sometidos a la influencia permanente de aportes de material particulado ocasionado por el tráfico de vehículos, sin embargo dos de ellos (los ubicados en el municipio de San Andrés y en el corregimiento El Valle) reciben el aporte adicional de fuentes lineales porque las vías adyacentes se encuentran sin pavimentar.

- Punto 1:

El HI-VOL se instaló en la terraza de la tienda del Barrio El Recreo, ubicada a 20 metros frente al Hospital de San Andrés de Cuerquía, a 15 metros de la vía de entrada al Hospital y a 25 metros de la vía principal que comunica con el municipio de Ituango; todas estas vías están sin pavimentar. La vegetación de este punto es medianamente densa.

- Punto 2:

El HI-VOL se instaló en la terraza de la vivienda perteneciente al señor Luis Castro (Cra 8 con Calle 11), ubicada aproximadamente a 15 metros de la casa del gobierno (en construcción) y a 20 metros del Hospital Municipal de Toledo. En los alrededores del sitio se encuentran ubicados hoteles, restaurantes, discotecas, billares, almacenes, cafeterías, graneros, cantinas, farmacias, entidades de servicios telefónicos y de salud. Las vías cercanas se encuentran pavimentadas. La vegetación en este punto es escasa.

- Punto 3

El HI-VOL fue instalado en la terraza de la escuela del corregimiento de El Valle del municipio de Toledo, al occidente del parque (aproximadamente a 100 metros) y a 30 metros de la vía (sin pavimentar). La vegetación en este punto es medianamente densa.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Datos y resultados

En la Tabla 3.2.8.3, Tabla 3.2.8.4, Tabla 3.2.8.5, se presentan los resultados de las concentraciones del monitoreo de material particulado y las condiciones climáticas.

Tabla 3.2.8.3 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto1

Fecha	Punto 1, San Andres de Cuerquia Concentración (µg/m ³)	Condiciones Climáticas y Observaciones
08-09/02/2007	110	Cielo despejado. Viento moderado. Se observa un bajo tránsito vehicular.
09-10/02/2007	72	Cielo despejado, viento moderado.
10/02/2007	148	Se observa constante tránsito vehicular, debido a la llegada de los habitantes de las veredas al casco urbano del municipio. Cielo despejado, viento moderado.
11/02/2007	142	Cielo despejado, intensidad del viento baja. Tránsito vehicular alto el cual genera alta concentración de material particulado.
12/02/2007	165	Cielo despejado, intensidad del viento alta, la cual genera en su contacto con el suelo seco una concentración importante de material particulado. Se observa un bajo tránsito vehicular.
13/02/2007	136	Cielo despejado, viento moderado. Bajo tránsito vehicular.
14/02/2007	150	Cielo despejado, viento moderado. Bajo tránsito vehicular.
15/02/2007	164	Cielo despejado, viento fuerte. Se observa un tránsito vehicular bajo.
16/02/2007	184	Cielo despejado, viento fuerte. Tránsito vehicular alto.
17/02/2007	139	Tránsito Vehicular alto. Cielo despejado, viento moderado.
Promedio Geométrico de las Muestras	137	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.4 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto 2

Fecha	Punto 2, Toledo Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Condiciones Climáticas y Observaciones
08/02/2007	35	Cielo parcialmente cubierto. Viento fuerte, tránsito vehicular bajo.
09/02/2007	35	Cielo cubierto, lluvia moderada. Viento fuerte, tránsito vehicular bajo.
10/02/2007	28	Cielo despejado, Viento fuerte. Bajo tránsito vehicular.
11/02/2007	67	Cielo parcialmente cubierto. Tránsito Vehicular alto.
12/02/2007	45	Cielo despejado. Se observa viento fuerte en la dirección norte-sur. Tránsito vehicular bajo.
13/02/2007	51	Cielo despejado. Se observa viento fuerte en la dirección norte-sur. Tránsito vehicular bajo.
14/02/2007	34	Cielo parcialmente cubierto, Viento moderado. Se observa bajo tráfico vehicular.
15/02/2007	58	Cielo parcialmente cubierto, Viento moderado. Se observa bajo tráfico vehicular.
16/02/2007	41	Cielo despejado, viento fuerte en dirección norte-sur
17/02/2007	24	Cielo despejado, viento moderado. Tránsito vehicular bajo.
Promedio Geométrico de las muestras	40	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.5 Resultados del monitoreo de material particulado, condiciones climáticas y observaciones del punto 3

Fecha	Punto 3 Valle de Toledo Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Condiciones Climáticas y Observaciones
09/02/2007	70	Cielo despejado, viento moderado. Bajo tránsito vehicular.
10/02/2007	68	Cielo despejado, viento moderado. Tránsito vehicular bajo.
11/02/2007	61	Cielo despejado, viento moderado. Se observa un tráfico vehicular alto.
12/02/2007	93	Cielo despejado, Viento fuerte. Bajo tránsito vehicular.
13/02/2007	49	Cielo despejado, bajo tránsito vehicular. Se interrumpió el flujo eléctrico en la zona desde las 20:00 horas del día 12-02-07 hasta las 8:30 horas del día 13-02-07
14/02/2007	54	Cielo despejado, viento moderado. Se interrumpió el flujo eléctrico en la zona durante una hora.
15/02/2007	65	Cielo cubierto, lluvia leve. Se observa bajo tránsito vehicular.
16/02/2007	81	Cielo cubierto, lluvia leve. Se observa bajo tránsito vehicular.
17/02/2007	65	Cielo despejado, viento moderado. Bajo tránsito Vehicular.
18/02/2007	63	Cielo despejado, viento moderado. Bajo tránsito Vehicular
Promedio Geométrico de las muestras	66	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Legislación**

Las condiciones actuales de referencia para evaluar la calidad del aire con base en los niveles máximos permisibles para contaminantes críticos, están contenidas en la Resolución 601 de 4 de Abril de 2006, capítulo II, artículo 4, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (véase Tabla 3.2.8.6).

Tabla 3.2.8.6 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Anual

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
		150	24 horas
SO ₂	ppm (µg/m ³)	0,031 (80)	Anual
		0,096 (250)	24 horas
		0,287 (750)	3 horas
NO ₂	ppm (µg/m ³)	0,053 (100)	Anual
		0,08 (150)	24 horas
		0,106 (200)	1 hora
O ₃	ppm (µg/m ³)	0,041 (80)	8 horas
		0,061 (120)	1 hora
CO	ppm (mg/m ³)	8,8 (10)	8 horas
		35 (40)	1 hora

Nota: mg/m³ ó µg/m³: a las condiciones de 298,15 °K y 101,325 KPa . (25 ° C y 760 mm Hg)

Fuente: Resolución 601 de 4 de Abril de 2006, capítulo II, artículo 4

En la misma Resolución, en el capítulo V, Artículo 10, se establece la concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar, por parte de las autoridades ambientales competentes, los estados excepcionales de Prevención, Alerta y Emergencia (véase la Tabla 3.2.8.7).

Tabla 3.2.8.7 Concentración y tiempo de exposición de los contaminantes para los niveles de prevención, alerta y emergencia

Contaminante	Tiempo de Exposición	Unidades	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	µg/m ³	375 µg/m ³	625 µg/m ³	875 µg/m ³
PM10	24 horas	µg/m ³	300 µg/m ³	400 µg/m ³	500 µg/m ³
SO ₂	24 horas	ppm (µg/m ³)	0.191 (500)	0.382 (1000)	0.612 (1600)
NO ₂	1 hora	ppm (µg/m ³)	0.212 (400)	0.425 (800)	1.064 (2000)
O ₃	1 hora	ppm (µg/m ³)	0.178 (350)	0.356 (700)	0.509 (1000)
CO	8 horas	ppm (mg/m ³)	14.9 (17)	29.7 (34)	40,2 (46)

Nota: mg/m³ ó µg/m³: a las condiciones de 298,15 °K y 101,325 KPa . (25 °C y 760 mm Hg)

Fuente: Resolución 601 de 4 de Abril de 2006, capítulo II, artículo 4

Para poder comparar estos datos con los encontrados en las mediciones hechas, los valores de la norma se deben ajustar a las condiciones locales, mediante la siguiente ecuación:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

$$Norma\ local = N\ de\ Calidad\ a\ C\ de\ R \left[\frac{pb\ local * 298^{\circ}K}{760 * (73 + T^{\circ}C)} \right]$$

N de Calidad a C de R: Norma de Calidad a condiciones de referencia (760 mm Hg y 25° C)

T : temperatura promedio ambiente local (° C).

pb local: presión barométrica local (mm Hg).

Para los casos específicos en estudio, las Normas a condiciones locales se presentan en la Tabla 3.2.8.8.

Tabla 3.2.8.8 Normas a condiciones locales

Municipio	Presión barométrica	Temperatura	Material particulado promedio anual	Material particulado en suspensión por 24 horas
San Andrés de Cuerquia	638 mm Hg	28°C	83 µg/m ³	250µg/m ³
Toledo	611 mm Hg	23°C	81 µg/m ³	243 µg/m ³
El Valle	620 mm Hg	30°C	94 µg/m ³	281µg/m ³

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Índices de calidad del aire

Para clasificar la situación atmosférica local, se emplea el Índice de Calidad Ambiental para aire atmosférico establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA). Este Índice, denominado PSI (Pollution Standard Index), presenta una clasificación por categorías que permite definir la calidad del aire atmosférico. En la Tabla 3.2.8.9, se observa el PSI a condiciones estándar y en Tabla 3.2.8.10, se muestran estas condiciones corregidas para condiciones locales.

Tabla 3.2.8.9 Categoría ambiental definida para el PSI material particulado en suspensión

Parámetro	Concentración (µg/m ³ en 24 h)	Rango PSI	Calidad del Ambiente	Efectos Sobre la Salud
	0 - 75	0-50	Buena	
	75 - 260	51 - 100	Aceptable	
Material	260 - 375	101 - 200	Inadecuada	Leve agravamiento de síntomas en personas susceptibles a irritaciones
Particulado	375 - 625	201 - 300	Mala	Significativos síntomas de agravamiento y disminución de tolerancia al ejercicio en personas con enfermedades del corazón o pulmones

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Parámetro	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 h)	Rango PSI	Calidad del Ambiente	Efectos Sobre la Salud
	625-875	301 - 400	Pésima	Comienzo prematuro de ciertas enfermedades en adición con significativos síntomas de agravamiento y la disminución de la tolerancia al ejercicio en personas saludables
	875 -1000	401 - 500	Crítico	Muerte prematura para enfermos o personas de avanzada edad. Gente saludable experimentara síntomas adversos que afectarán su actividad Normal

Fuente : OTT, Wayne R. Environmental Indices-Theory and Practice. Ann Arbor Science. Michigan, 1978. 371 p y Redaire, Boletín informativo No 3, Julio de 1994. Medellín

Tabla 3.2.8.10 Categoría ambiental definida para el PSI material particulado en suspensión

Parámetro	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Rango PSI	Calidad del Ambiente	Efectos sobre la salud
	Concentración ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 h)					
Material Particulado	0 – 62	0 – 61	0 – 70	0-50	Buena	
	62 – 216	61 -210	70 -244	51 - 100	Aceptable	
	216 - 312	210 – 303	244 – 351	101 - 200	Inadecuada	Leve agravamiento de síntomas en personas susceptibles a irritaciones
	312 - 520	303 - 505	351 - 586	201 - 300	Mala	Significativos síntomas de agravamiento y disminución de tolerancia al ejercicio en personas con enfermedades del corazón o pulmones
	520 - 728	505 - 707	586 - 820	301 - 400	Pésima	Comienzo prematuro de ciertas enfermedades en adición con significativos síntomas de agravamiento y la disminución de la tolerancia al ejercicio en personas saludables
	728 - 832	707 - 809	820 -937	401 - 500	Crítico	Muerte prematura para enfermos o personas de avanzada edad. Gente saludable experimentara síntomas adversos que afectarán su actividad Normal

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

• **Conclusiones**

Comparando los resultados obtenidos con la Norma, los Puntos 2 y 3 están por debajo de la norma, sólo el Punto 1 la sobrepasa, lo cual puede deberse al material

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

particulado producido por el tránsito vehicular de las vías adyacentes, las cuales se encuentran sin pavimentar.

En el caso de la norma local diaria, ninguno de los muestreos estuvo por encima de dicho valor. Por lo tanto, aunque la situación no se puede comparar estrictamente con lo estipulado por la ley, sí es evidente que la tendencia de los muestreos presenta niveles bajos de concentración en los puntos estudiados, para esta época del año.

Para el Punto 1 los resultados de los índices de calidad estuvieron dentro del rango de porcentaje de: “Bueno” un 10 %; “Aceptable” un 80 y un 10 % “Inadecuado”, lo que visto en conjunto, indica una categoría atmosférica “Aceptable”.

Para el Punto 2, los índices de calidad estuvieron dentro rango de porcentaje de 100 % “Bueno”, lo que permite clasificarlo dentro de la categoría atmosférica “Buena”.

En el Punto 3, igualmente, el 100 % de los valores de los índices de calidad correspondieron al rango “Bueno”, lo que indica una categoría atmosférica “Buena”.

Para la zona del proyecto los índices de calidad del aire registraron un porcentaje de 70% “Bueno”, 27% “Aceptable” y un 7 % “Inadecuada”, lo que indica una categoría atmosférica general “Buena”, para los diez días de monitoreo.

3.2.8.6.2 Segunda jornada de muestreo - PST, PM10, SO₂, NO₂, CO y O₃- Vía San Andrés-El Valle

Como complemento a la evaluación de las concentraciones de material particulado, y dando respuesta a la resolución 0155 de 2009, por medio de la cual se otorga la licencia ambiental, se realizaron muestreos de las concentraciones de fondo de: PST, PM10, Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O₃) en el área de influencia de la vía San Andrés-El Valle, además se analizaron las condiciones meteorológicas, en especial las que permiten elaborar la Rosa de Vientos y determinar la tendencia de arrastre de los contaminantes, lo anterior para confirmar el comportamiento y los cambios que se puedan presentar en gran parte por la construcción y operación de dicha obra.

Las evaluaciones de calidad del aire, se realizaron entre el 31 de Agosto y el 9 de septiembre para las dos estaciones ubicadas en el municipio de San Andrés de Cuerquia, y entre el 10 y el 19 de septiembre para la estación ubicada en El Valle corregimiento del municipio de Toledo.

El análisis y la frecuencia de muestreo se desarrollaron de acuerdo con lo definido por la normatividad expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 601 del 04 de abril de 2006.

La marca de los muestreadores de alto volumen (Material Particulado) THISCH (códigos de los equipos SN 2062, serial P7454). El método del PST provee una medida de concentración másica de partículas suspendidas con un diámetro aerodinámico menor diámetro nominal de 100 micrómetros en el aire ambiente, durante un período de 24 horas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El equipo modelo RAC GRASEBY ANDERSEN (modelo 209068 serial 24162,) se utilizó para el muestreo de los SOx y NOx, el analizador portátil marca BACHARACH (serie KU1196) para CO y el analizador portátil Marca ECO sensores Modelo A-21ZX con rango de detección entre 0 y 10 ppm y un límite de detección 0,01ppm para las mediciones de ozono.

Para verificar y reportar las condiciones climáticas y levantar rosas de viento para cada punto monitoreado se utilizó la estación meteorológica Vantage Pro2 marca Davis la cual tiene las siguientes características: Anemómetro para velocidad y dirección de viento, Sensor de temperatura exterior, Sensor de humedad relativa y Colector de lluvia.

Puntos de muestreo

La Georreferenciación de las estaciones para la segunda jornada de muestreo es la siguiente Ver Tabla 3.2.8.11.

Tabla 3.2.8.11 Georreferenciación sitios de muestreo segunda jornada

Estación	M.S.N.M.	X	Y
Estación 1	1588	1154876,82	1256122,27
Estación 2	1441	1155113,52	1257078,63
Estación 3	523	1155024,21	1271600,85

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Datos y resultados**

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante esta jornada de muestreo

- **Material Particulado (PST) y PM10**

- ◆ **Estación de Monitoreo Número 1**

Este sitio de muestreo fue ubicado sobre andamios en la vivienda de la señora Amanda Sossa cerca a la cancha de futbol en el municipio de San Andrés de Cuerquia, el muestreo de PST para este punto se inicio entre las 15:45 y las 16:19 horas de cada día monitoreo, la hora de cambio de filtro depende de las condiciones climáticas y la energía eléctrica. Ver Tabla 3.2.8.12. y la Figura 3.2.8.9

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.12 Monitoreo de la calidad del aire PST Georreferenciación msnm: 1588 Y: 6°54'36,7"N X: 75°40'34,5" W Precisión: 6m

Fecha	Lectura Manométrica			Caudal Real (m ³ /min)	Caudal Estándar (m ³ /min)	Filtro N°	Tiempo de muestreo (min)	Peso Filtro (gr)		Concentración PST (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Lun 31/08/2009	14,10	14,20	14,15	1,241	1,049	5	1435	2,7211	2,7645	29
Mar 01/09/2009	14,00	15,50	14,75	1,238	1,046	6	1438	2,7311	2,7678	24
Mie 02/09/2009	14,00	14,50	14,25	1,241	1,049	7	1437	2,7504	2,8081	38
Jue 03/09/2009	14,30	14,30	14,30	1,241	1,049	8	1440	2,7497	2,7903	27
Vie 04/09/2009	14,20	14,30	14,25	1,241	1,049	9	1425	2,7473	2,7861	26
Sab 05/09/2009	13,90	14,60	14,25	1,241	1,049	10	1436	2,7217	2,7756	36
Dom 06/09/2009	14,20	14,40	14,30	1,241	1,049	11	1439	2,7319	2,8074	50
Lun 07/09/2009	13,30	13,10	13,20	1,245	1,052	12	1435	2,7265	2,7993	48
Mar 08/09/2009	13,20	13,20	13,20	1,245	1,052	13	1440	2,7463	2,8039	38
Mie 09/09/2009	13,70	13,70	13,70	1,245	1,051	14	1439	2,7535	2,8239	46
Promedio										36

Caudal estándar (25°C y 760 mmHg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr) durante el periodo de exposición al ambiente

Filtro N°	Peso filtro (gr)		Aumento de humedad (gr)
	Inicial	Final	
Patrón	2,7514	2,7515	0,0001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

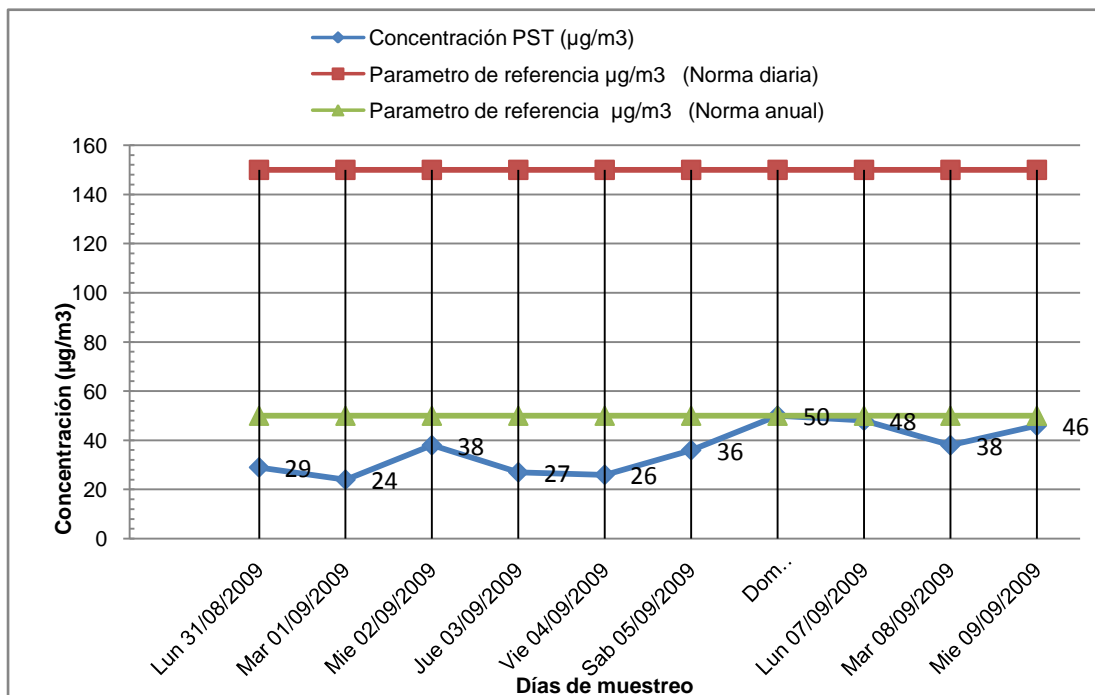


Figura 3.2.8.9 Concentración de material particulado PST

- PM10

En la Tabla 3.2.8.13y en la Figura 3.2.8.10 Concentración de PM10, se presentan los resultados obtenidos en la estación No. 1 para PM10.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.13 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 1

Fecha	Lectura Manométrica ("H ₂ O)			Caudal Real (m ³ /min)	Caudal estándar (m ³ /min)	Filtro N°	Tiempo de muestreo (min)	Peso filtro (gr)		Concentración PM10 (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Lun 31/08/2009	18,60	19,40	19,00	1,146	0,968	10	1426	4,4963	4,5258	21
Mar 01/09/2009	18,80	19,80	19,30	1,145	0,967	9	1433	4,5019	4,5316	21
Mie 02/09/2009	18,70	19,80	19,25	1,145	0,967	8	1436	4,4843	4,5209	28
Jue 03/09/2009	19,50	19,80	19,65	1,144	0,967	7	1438	4,5152	4,5424	19
Vie 04/09/2009	19,30	19,90	19,60	1,144	0,967	6	1438	4,5103	4,5351	18
Sab 05/09/2009	19,40	20,40	19,90	1,142	0,965	5	1437	4,5255	4,5622	16
Dom 06/09/2009	20,20	19,80	20,00	1,142	0,965	4	1438	4,5231	4,5629	29
Lun 07/09/2009	19,40	19,90	19,65	1,144	0,967	3	1440	4,5230	4,5716	35
Mar 08/09/2009	19,80	20,10	19,95	1,142	0,965	2	1441	4,5380	4,5732	25
Mie 09/09/2009	20,20	20,50	20,35	1,141	0,964	1	1439	4,6101	4,6466	26
Promedio										22

Caudal estándar (25°C y 760 mmHg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr) durante el periodo de exposición al ambiente

Filtro N°	Peso filtro (gr)		Aumento de humedad (gr)
	Inicial	Final	
Patrón	2,7514	2,7515	0,0001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

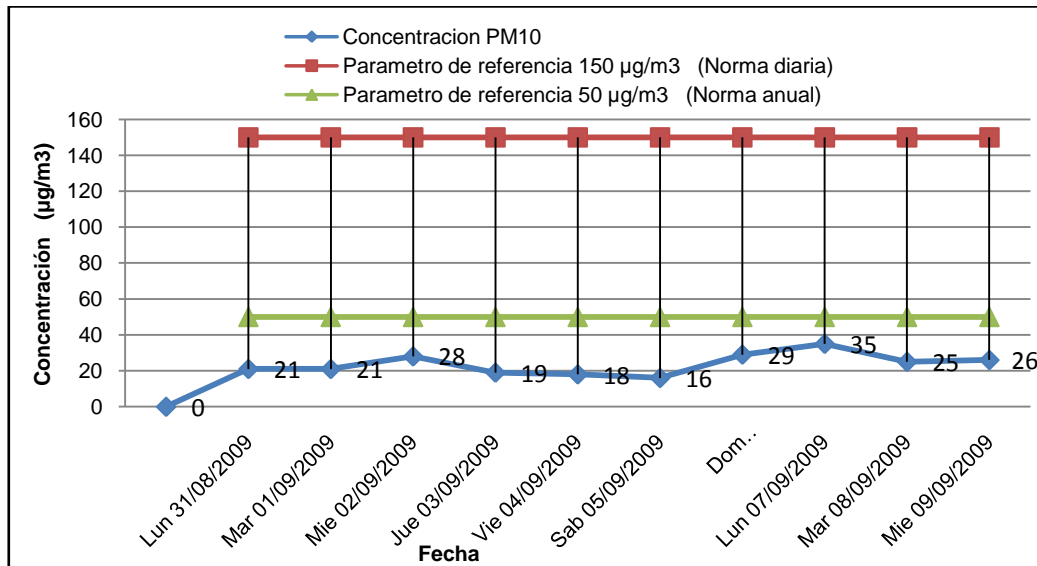


Figura 3.2.8.10 Concentración de PM10 punto 1

◆ Estación de monitoreo número 2

Este sitio de muestreo fue ubicado sobre andamios en el Hospital del municipio de San Andrés de Cuerquia, el muestreo de PM10 para este punto se inició entre las 13:00 y las 13:50 horas de cada día de monitoreo, la hora de cambio de filtro depende de las condiciones climáticas y la energía eléctrica. Ver Tabla 3.2.8.14 y Figura 3.2.8.11.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.14 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 2

Fecha	Lectura Manométrica ("H2O)			Caudal Real (m ³ /min)	Caudal estándar (m ³ /min)	Filtro N°	Tiempo de muestreo (min)	Peso filtro (gr)		Concentración PM10 (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Vie 21/08/2009	18,50	19,90	19,20	1,150	0,984	15	1407	4,5002	4,5281	20
Sab 22/08/2009	19,90	20,30	20,10	1,147	0,982	14	1450	4,5065	4,5341	19
Dom 23/08/2009	19,90	19,90	19,90	1,147	0,982	13	1428	4,4904	4,5196	21
Lun 24/08/2009	19,50	20,00	19,75	1,148	0,983	12	1430	4,4926	4,5255	23
Mar 25/08/2009	19,80	19,60	19,70	1,148	0,983	11	1432	4,4811	4,5258	32
Mie 26/08/2009	13,60	14,30	13,95	1,170	1,001	0	1429	2,7254	2,7594	24
Jue 27/08/2009	13,90	14,50	14,20	1,169	1,001	1	1423	2,7315	2,7947	44
Vie 28/08/2009	13,80	14,20	14,00	1,169	1,001	2	1414	2,7451	2,8097	46
Sab 29/08/2009	13,70	13,90	13,80	1,170	1,001	3	1438	2,7335	2,7631	20
Dom 30/08/2009	13,60	13,50	13,55	1,171	1,002	4	1453	2,7304	2,7517	15
Promedio										23

Caudal estándar (25°C y 760 mmHg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr) durante el periodo de exposición al ambiente

Filtro N°	Peso filtro (gr)		Aumento de humedad (gr)
	Inicial	Final	
Patrón	2,7514	2,7515	0,0001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

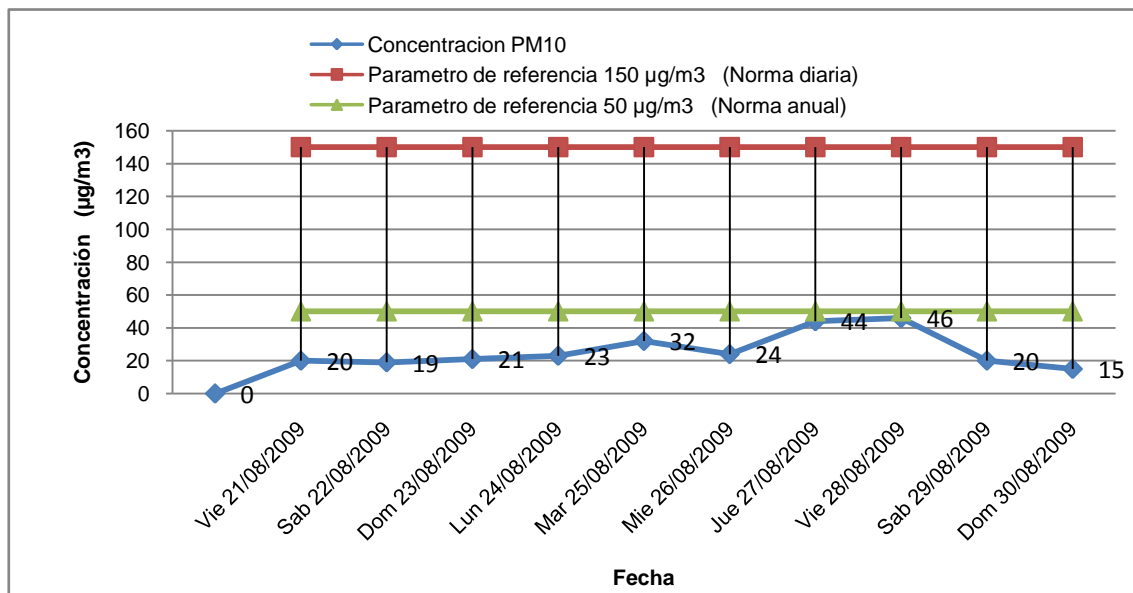


Figura 3.2.8.11 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 2

- Estación de monitoreo número 3

Este sitio de muestreo fue ubicado sobre andamios en la escuela de El Valle corregimiento del municipio de Toledo, el muestreo de PM10 para este punto se inició entre las 19:39 y las 20:02 horas de cada día de monitoreo, la hora de cambio de filtro depende de las condiciones climáticas y la energía eléctrica Ver Figura 3.2.8.12, Tabla 3.2.8.15.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.15 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 3

Ubicación monitoreo: Escuela El Valle

Georreferenciación: msnm 523 Y: 7°03'04"N X:75°40'28,2"W PRECISIÓN 7m

Fecha	Lectura Manométrica ("H2O)			Caudal Real (m ³ /min)	Caudal estándar (m ³ /min)	Filtro N°	Tiempo de muestreo (min)	Peso filtro (gr)		Concentración PM10 (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Jue 10/09/2009	13,50	13,60	13,55	1,189	1,163	30	1429	2,7539	2,7896	21
Vie 11/09/2009	13,50	13,60	13,55	1,189	1,163	29	1428	2,7269	2,7525	15
Sab 12/09/2009	13,60	13,50	13,55	1,189	1,163	28	570	2,7524	2,7612	13
Dom 13/09/2009	13,60	14,00	13,80	1,189	1,163	27	1439	2,7355	2,7709	21
Lun 14/09/2009	13,80	14,20	14,00	1,187	1,161	26	1438	2,7458	2,7659	12
Mar 15/09/2009	14,00	14,20	14,10	1,187	1,161	25	1440	2,7341	2,7548	12
Mie 16/09/2009	14,00	13,90	13,95	1,187	1,161	24	1440	2,7469	2,7661	11
Jue 17/09/2009	13,60	14,10	13,85	1,189	1,163	23	1440	2,7664	2,7981	19
Vie 18/09/2009	14,00	14,00	14,00	1,187	1,161	22	1439	2,7637	2,7928	17
Sab 19/09/2009	13,70	13,80	13,75	1,189	1,163	21	1440	2,7455	2,7787	20
Promedio										16

Caudal estándar (25°C y 760 mmHg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr) durante el periodo de exposición al ambiente

Filtro N°	Peso filtro (gr)		Aumento de humedad (gr)
	Inicial	Final	
Patrón	2,7514	2,7515	0,0001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

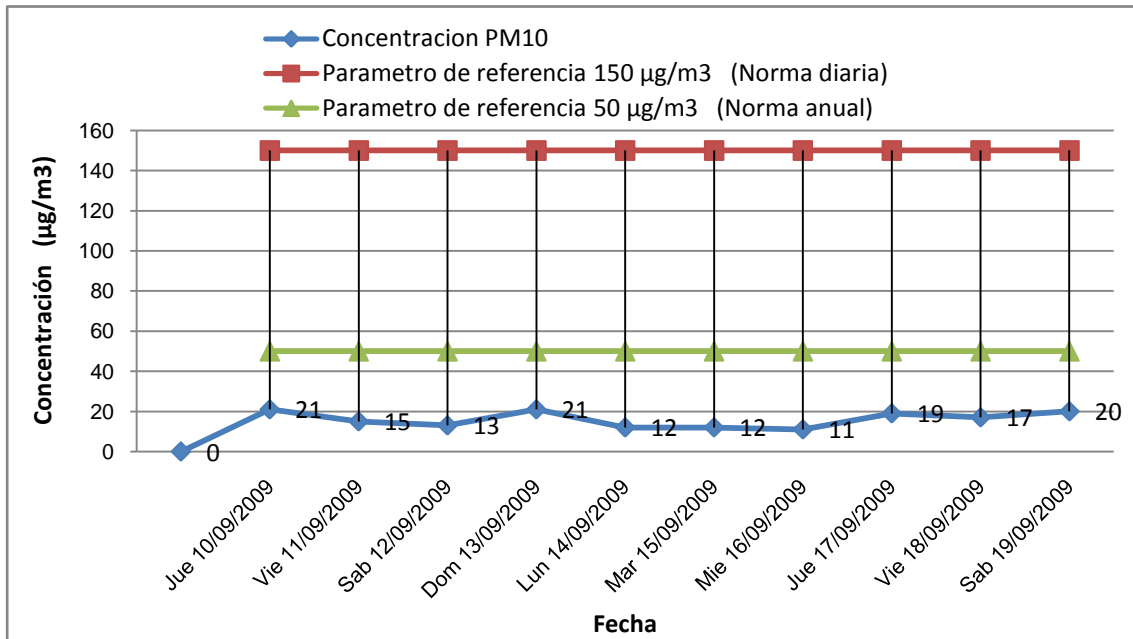


Figura 3.2.8.12 Concentración de Material Particulado (PM10) punto 3

- Óxidos de azufre SOX

◆ Estación de monitoreo número 1

El muestreo de SO₂ en la estación No. 1 se inicio entre las 15:13 y 14:55 horas de los días monitoreados e igualmente entre este horario fueron retiradas las soluciones absorbentes al día siguiente. Ver Tabla 3.2.8.16 y Figura 3.2.8.13

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.16 Concentración de Óxidos de azufre (SOx) punto 1

Código 3 gases 1

Operador: G.S.A LTDA

P barométrica (mmHg) : 631,4 T ambiente (°C) : 20 P Estándar (mmHg): 760 T Estándar (K): 298

Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreando (m3)	V estándar (m3)	Concentración de SO2 (µg/m3)
		Inicial	Final			
2009-agos-31	1440	190	190	0,27	0,23	0,63
2009-sep-01	1440	190	190	0,27	0,23	0,16
2009-sep-02	1440	190	190	0,27	0,23	0,32
2009-sep-03	1440	190	190	0,27	0,23	0,48
2009-sep-04	1440	190	190	0,27	0,23	0,32
2009-sep-05	1440	190	190	0,27	0,23	0,16
2009-sep-06	1440	190	190	0,27	0,23	0,48
2009-sep-07	1440	190	190	0,27	0,23	0,63
2009-sep-08	1440	190	190	0,27	0,23	0,63
2009-sep-09	1440	190	190	0,27	0,23	0,48
Promedio Aritmético						0,429

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

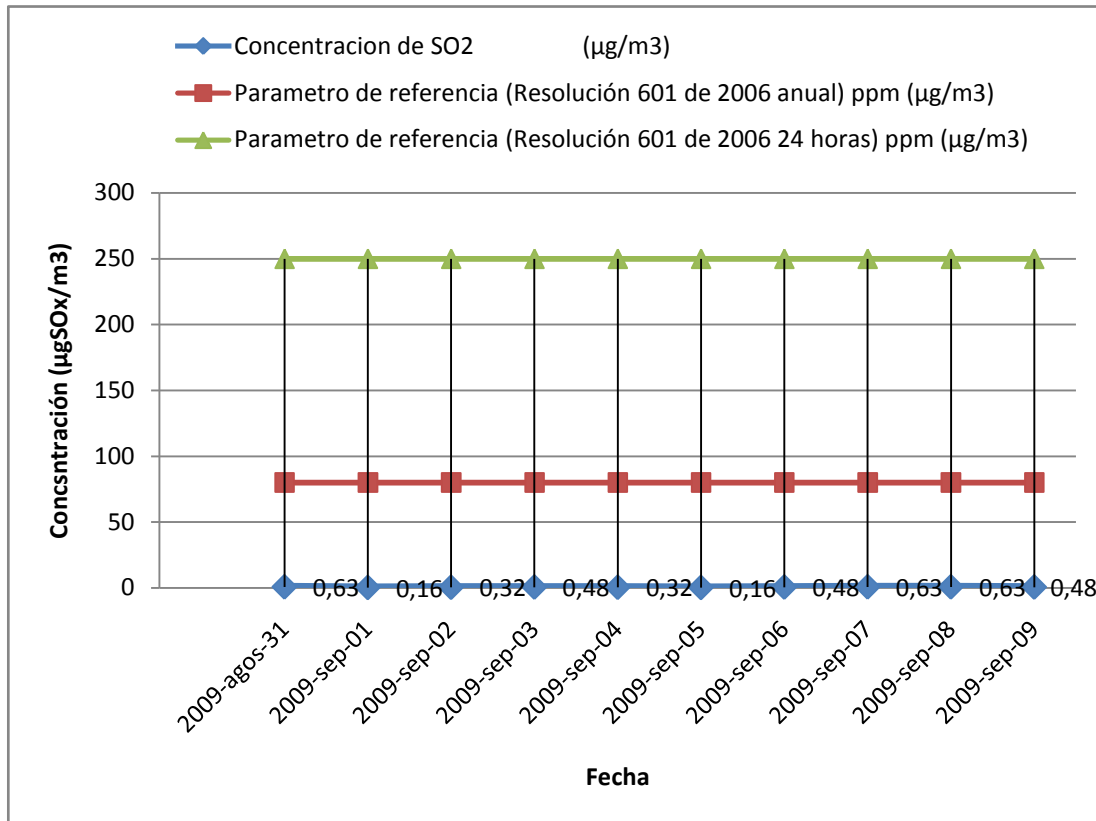


Figura 3.2.8.13 Concentración de SOx Punto 1

◆ Estación de monitoreo número 2

El muestreo de SO₂ se inicio entre las 13:00 y 13:25 horas de los días monitoreados e igualmente entre este horario fueron retiradas las soluciones absorbentes al día siguiente. Ver Tabla 3.2.8.19 y Figura 3.2.8.14.

Tabla 3.2.8.17 Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) Punto 2

Código 3 gases 1						
Operador:	G.S.A LTDA					
P barométrica (mmHg):	644	T ambiente (°C)	22	P Estándar (mmHg):	760	T Estándar (K): 298
Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m ³)	V estándar (m ³)	Concentración de SO ₂ (µg/m ³)
		Inicial	Final			
2009-agos-21	1440	190	190	0,27	0,23	0,16

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

2009-agos-22	1440	190	190	0,27	0,23	0,47
2009-agos-23	1440	190	190	0,27	0,23	0,47
2009-agos-24	1440	190	190	0,27	0,23	0,77
2009-agos-25	1440	190	190	0,27	0,23	0,47
2009-agos-26	1440	190	190	0,27	0,23	0,16
2009-agos-27	1440	190	190	0,27	0,23	0,31
2009-agos-28	1440	190	190	0,27	0,23	0,51
2009-agos-29	1440	190	190	0,27	0,23	0,16
2009-agos-30	1440	190	190	0,27	0,23	0,31
Promedio Aritmético						0,379

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

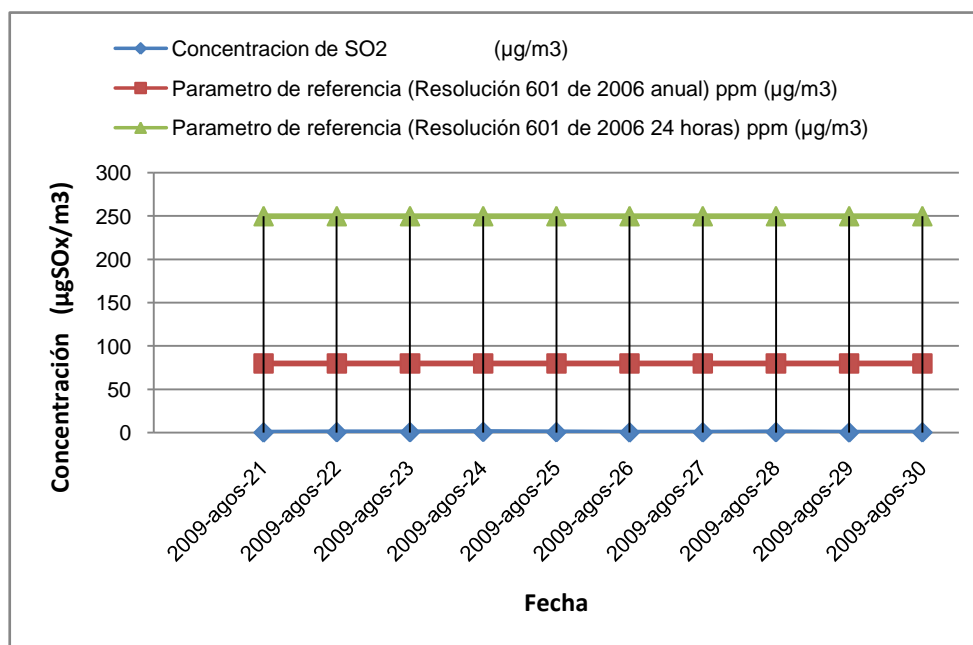


Figura 3.2.8.14 Concentración de SOx Punto 2

◆ Estación de monitoreo número 3

El muestreo de SO₂ se inicio entre las 19:39 y 20:05 horas de los días monitoreados e igualmente entre este horario fueron retiradas las soluciones absorbentes al día siguiente. Ver Tabla 3.2.8.18 y Figura 3.2.8.15.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.18 Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) Punto 3

Código 3 gases	1					
Operador:	G.S.A LTDA					
P Barométrica (mmHg) :	751	T Ambiente (°C)	28	P Estándar (mmHg):	760	T Estándar (K): 298
Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreando (m ³)	V estándar (m ³)	Concentración de SO ₂ (µg/m ³)
		Inicial	Final			
2009-agos-10	1440	190	191	0,27	0,26	1,350
2009-agos-11	1443	190	191	0,27	0,26	0,54
2009-agos-12	1440	190	191	0,27	0,26	1,18
2009-agos-13	1440	190	191	0,27	0,26	1,09
2009-agos-14	1440	190	191	0,27	0,26	1,22
2009-agos-15	1440	190	191	0,27	0,26	0,54
2009-agos-16	1440	190	191	0,27	0,26	0,27
2009-agos-17	1440	190	191	0,27	0,26	0,54
2009-agos-18	1440	190	191	0,27	0,26	0,27
2009-agos-19	1440	190	191	0,27	0,26	0,27
Promedio Aritmético						1,08

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

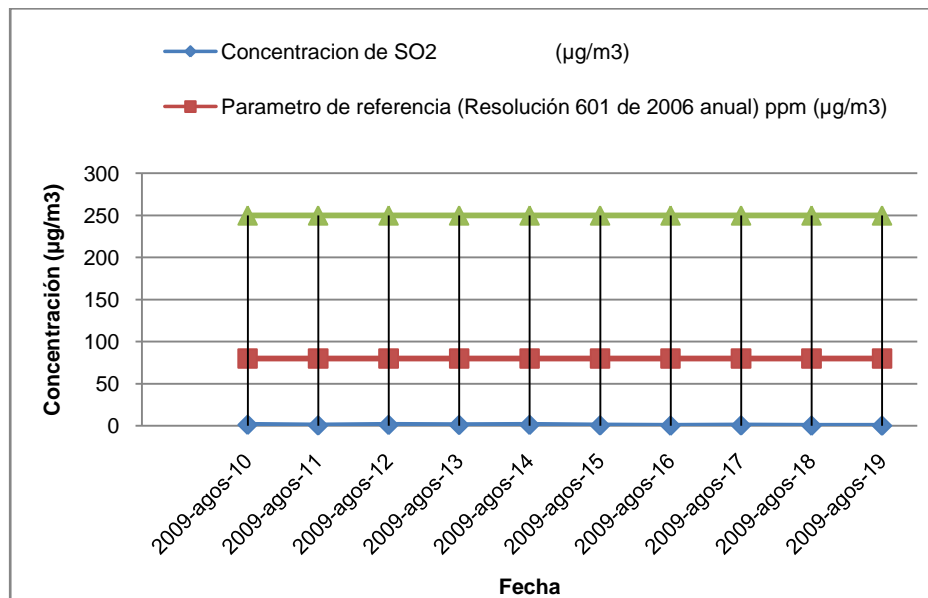


Figura 3.2.8.15 Concentración de Óxidos de Azufre (SOx) punto 3

- Óxidos de nitrógeno

◆ Estación de monitoreo número 1

Los resultados del monitoreo de NOx, para la estación 1, se pueden ver Tabla 3.2.8.19 y Figura 3.2.8.16.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.19 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 1

Código 3 gases 1

Operador: G.S.A LTDA

P barométrica (mmHg) : 751 T ambiente (°C) 28 P Estándar (mmHg): 760 T Estándar (K): 298

Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreando (m3)	V estándar (m3)	Concentración de NO2 (µg/m3)
		Inicial	Final			
2009-agos-31	1440	190	190	0,27	0,23	12,19
2009-sep-01	1440	190	190	0,27	0,23	9,03
2009-sep-02	1440	190	190	0,27	0,23	7,09
2009-sep-03	1440	190	190	0,27	0,23	7,79
2009-sep-04	1440	190	190	0,27	0,23	4,43
2009-sep-05	1440	190	190	0,27	0,23	4,96
2009-sep-06	1440	190	190	0,27	0,23	5,49
2009-sep-07	1440	190	190	0,27	0,23	3,54
2009-sep-08	1440	190	190	0,27	0,23	4,78
2009-sep-09	1440	190	190	0,27	0,23	4,07
Promedio Aritmético						8,25

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

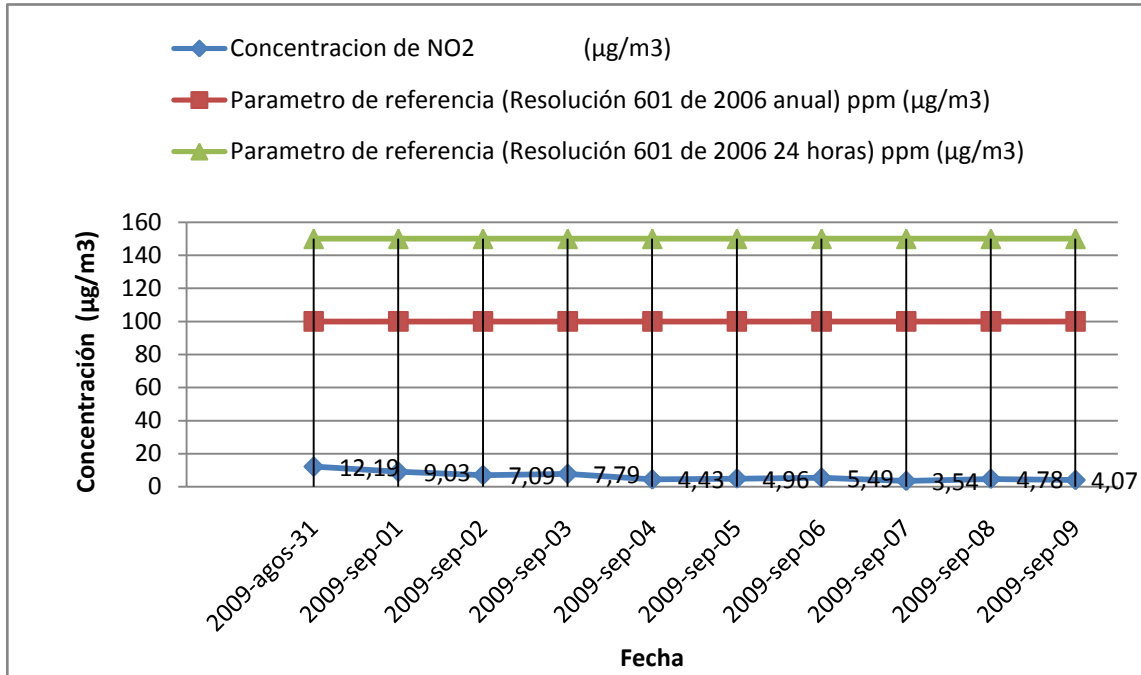


Figura 3.2.8.16 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 1

◆ Estación de monitoreo número 2

Los resultados del monitoreo de NOx, para la estación 1, se pueden ver Tabla 3.2.8.20 y Figura 3.2.8.17

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.20 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 2

Código 3 gases	_1						
Operador:	G.S.A LTDA						
P barométrica (mmHg):	631,4	T ambiente (°C)	20	P Estándar (mmHg):	760	T Estándar (K):	298
Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m3)	V estándar (m3)	Concentración de NO2 (µg/m3)	
		Inicial	Final				
2009-agos-21	1440	190	190	0,27	0,23	15,21	
2009-agos-22	1440	190	190	0,27	0,23	17,83	
2009-agos-23	1440	190	190	0,27	0,23	16,61	
2009-agos-24	1440	190	190	0,27	0,23	16,61	
2009-agos-25	1440	190	190	0,27	0,23	20,46	
2009-agos-26	1440	190	190	0,27	0,23	17,31	
2009-agos-27	1440	190	190	0,27	0,23	17,83	
2009-agos-28	1440	190	190	0,27	0,23	15,21	
2009-agos-29	1440	190	190	0,27	0,23	15,91	
2009-agos-30	1440	190	190	0,27	0,23	10,67	
Promedio Aritmético						17,34	

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

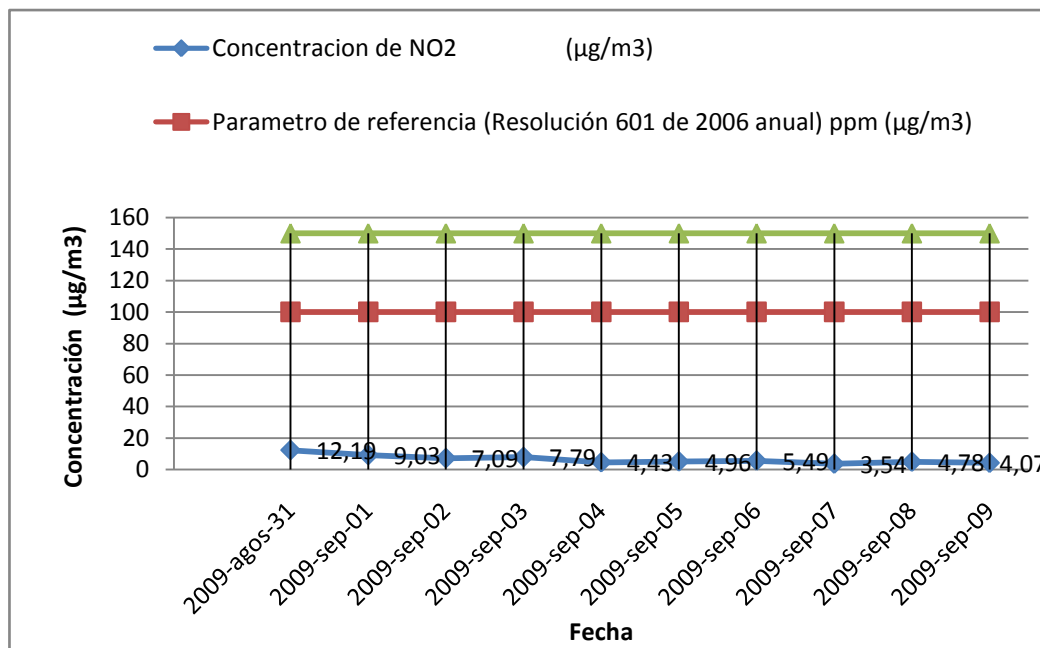


Figura 3.2.8.17 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 2

◆ Estación de monitoreo número 3

Los resultados del monitoreo de NOx, para la estación 1, se pueden ver en la Tabla 3.2.8.21 y Figura 3.2.8.18.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.21 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) Punto 3

Código 3 gases	1						
Operador:	G.S.A LTDA						
P barométrica (mmHg):	751	T ambiente (°C)	28	P Estandar (mmHg):	760	T Estandar (K):	298
Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m3)	V estandar (m3)	Concentración de NO2 (µg/m3)	
		Inicial	Final				
2009-sep-10	1440	190	190	0,27	0,26	15,64	
2009-sep-11	1443	190	190	0,27	0,26	2,44	
2009-sep-12	1440	190	190	0,27	0,26	2,45	
2009-sep-13	1440	190	190	0,27	0,26	11,02	
2009-sep-14	1440	190	190	0,27	0,26	9,34	
2009-sep-15	1440	190	190	0,27	0,26	7,04	
2009-sep-16	1440	190	190	0,27	0,26	10,57	
2009-sep-17	1440	190	190	0,27	0,26	12,25	
2009-sep-18	1440	190	190	0,27	0,26	3,67	
2009-sep-19	1440	190	190	0,27	0,26	10,57	
Promedio Aritmético						8,499	

Fuente: Consorcio Generación Ituango

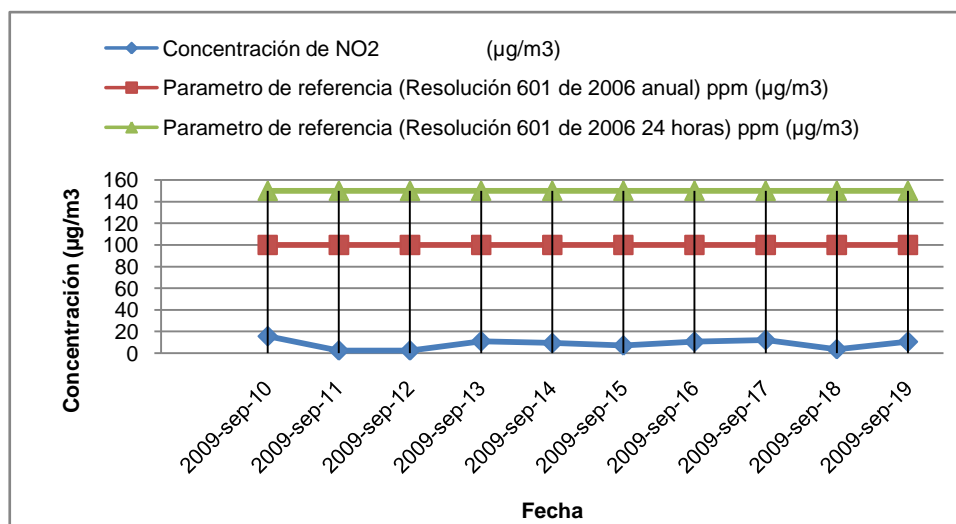


Figura 3.2.8.18 Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NOx) punto 3

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Concentración de monóxido de carbono (CO) ambiental

En los tres (3) puntos se reportaron mediciones cada 60 minutos, durante ocho horas por diez días; en el punto 1 desde el 31 de agosto hasta el 9 septiembre de 2009, el punto 2 desde el viernes 21 al domingo 30 de agosto, y el punto 3 desde el viernes 11 al domingo 20 de septiembre, ver .

Tabla 3.2.8.22 hasta Tabla 3.2.8.24.

Tabla 3.2.8.22 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto No.1

Fecha	Concentración Máxima Horaria de CO en ppm	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35ppm)	Concentración Octahoraria de CO en ppm	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (8,8 ppm)
31/08/2009	2.0	35	1.5	8,8
01/09/2009	2.0	35	1.3	8,8
02/09/2009	2.3	35	1.5	8,8
03/09/2009	2.5	35	1.2	8,8
04/09/2009	1.3	35	0.5	8,8
05/09/2009	1.5	35	1.1	8,8
06/09/2009	2.5	35	1.7	8,8
07/09/2009	2.3	35	1.7	8,8
08/09/2009	3.5	35	1.6	8,8
09/09/2009	2.0	35	1.3	8,8

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.23 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto No. 2 Hospital

Fecha	Concentración Máxima Horaria de CO en ppm	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35ppm)	Concentración Octahoraria de CO en ppm	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (8,8 ppm)
Vie 21/08/09	1,0	35	0,5	8,8
Sab 22/08/09	2,5	35	1,5	8,8
Dom 23/08/09	2,0	35	1,4	8,8
Lun 24/08/09	2,0	35	1,8	8,8

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Fecha	Concentración Máxima Horaria de CO en ppm	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35ppm)	Concentración Octahoraria de CO en ppm	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (8,8 ppm)
Mar 25/08/09	2,0	35	1,3	8,8
Mie 26/08/09	4,0	35	2,5	8,8
Jue 27/08/09	2,5	35	1,7	8,8
Vie 28/08/09	3,0	35	2,1	8,8
Sab 29/08/09	2,0	35	1,5	8,8
Dom 30/08/09	2,0	35	1,3	8,8

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.24 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Punto 3 Escuela El Valle

Fecha	Concentración Máxima Horaria de Co en ppm	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35ppm)	Concentración Octahoraria de CO en ppm	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (8,8 ppm)	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35 ppm)
Vie 11/09/09	1,0	35,0	0,9	8,8	35
Sab 12/09/09	1,0	35,0	1,0	8,8	35
Dom 13/09/09	1,0	35,0	1,0	8,8	35
Lun 14/09/09	2,0	35,0	1,2	8,8	35
Mar 15/09/09	1,5	35,0	1,0	8,8	35
Mie 16/09/09	1,0	35,0	1,0	8,8	35
Jue 17/09/09	1,0	35,0	1,0	8,8	35
Vie 18/09/09	1,5	35,0	1,1	8,8	35
Sab 19/09/09	1,5	35,0	1,1	8,8	35
Dom 20/09/09	1,5	35,0	1,1	8,8	35

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Concentración de ozono

En los tres (3) puntos se reportaron mediciones cada 60 minutos, durante ocho horas por diez días; en el punto 1 desde el lunes 31 de agosto hasta el miércoles 9 de septiembre de 2009, el punto 2 desde el viernes 21 al domingo 30 de agosto, y el punto

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3 desde el viernes 11 al domingo 20 de septiembre. Ver Tabla 3.2.8.25 hasta Tabla 3.2.8.27

Tabla 3.2.8.25 Resultados muestreo de O3 punto 1 Municipio de San Andrés de Cuerquia

Fecha	Concentración Máxima Horaria de O3 en (µg/m3)	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (11,95 µg/m3)	Concentración Octahoraria de O3 en µg/m3	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (8,03µg/m3)
Lun 31/08/09	39,2	120	31,30	80
Mar 01/09/09	39,2	120	27,40	80
Mie 02/09/09	39,2	120	29,40	80
Jue 03/09/09	39,2	120	37,20	80
Vie 04/09/09	39,2	120	29,40	80
Sab 05/09/09	39,2	120	25,50	80
Dom 06/09/09	39,2	120	35,30	80
Lun 07/09/09	39,2	120	31,30	80
Mar 08/09/09	39,2	120	25,50	80
Mie 09/09/09	29,4	120	21,60	80

Tabla 3.2.8.26 Resultados muestreo de O3 punto 2

Fecha	Concentración Máxima Horaria de O3 en µg/m3	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (120 µg/m3)	Concentración Octahoraria de O3 en µg/m3	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (80 µg/m3)
Vie 21/08/09	35,3	120	29,4	80
Sab 22/08/09	45,0	120	29,4	80
Dom 23/08/09	45,0	120	29,4	80
Lun 24/08/09	39,2	120	31,4	80
Mar 25/08/09	39,2	120	31,4	80
Mie 26/08/09	39,2	120	31,4	80
Jue 27/08/09	39,2	120	27,4	80
Vie 28/08/09	39,2	120	29,4	80
Sab 29/08/09	39,2	120	23,5	80
Dom 30/08/09	29,4	120	25,5	80

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.27 Resultados muestreo de O3 punto 3

Fecha	Concentración Máxima Horaria de O3 en µg/m3	Concentración Normal 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (120 µg/m3)	Concentración Octahoraria de O3 en µg/m3	Concentración Octohoraria permitida en Normal - Resolución 601 de 2006 (80 µg/m3)
Vie 11/09/09	29,4	120	21,6	80
Sab 12/09/09	29,4	120	21,6	80
Dom 13/09/09	25,5	120	21,6	80
Lun 14/09/09	39	120	23,5	80
Mar 15/09/09	35,3	120	23,5	80
Mie 16/09/09	35,3	120	23,5	80
Jue 17/09/09	19,6	120	19,6	80
Vie 18/09/09	19,6	120	19,6	80
Sab 19/09/09	19,6	120	17,6	80
Dom 20/09/09	19,6	120	17,6	80

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Rosa de los vientos

La primera estación meteorológica fue ubicada en la casa de la señora Amanda Sossa con el propósito de tener una mejor aproximación de los fenómenos meteorológicos que ocurren en el área de influencia, La estación meteorológica operó entre los días 31 de agosto al 10 de septiembre de 2009, periodo en el cual se evaluó la calidad del aire en esta zona. Ver

Figura 3.2.8.19.

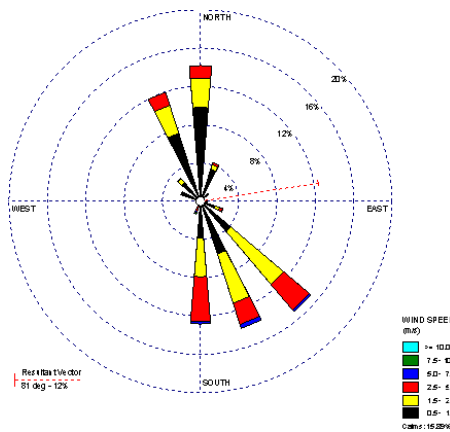


Figura 3.2.8.19 Rosa de vientos Estación No. 1, 31 de agosto y el 10 de septiembre de 2009 (24 horas)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En el sector evaluado existe presencia de vientos entrando por todos los cuadrantes, notándose cambios importantes en la dirección de los vientos en las diferentes horas del día, como se observa en la rosa de vientos para 12h diurnas en donde la dirección predominante del viento proviene por el costado Nor -Oeste y se dirige al costado Sur – Este y la rosa de vientos elaboradas para la noche en donde se nota una inversión total de la dirección predominante, que para este caso los vientos vienen del costado Sur - Este y se dirigen al costado Nor-Oeste. De igual forma se puede verificar en la figura para el correspondiente horario de 24 horas.

La segunda estación meteorológica fue ubicada cerca al Hospital y la cual operó entre los días 21 y 31 de agosto de 2009, periodo en el cual se evaluó la calidad del aire en esta zona Ver Figura 3.2.8.20.

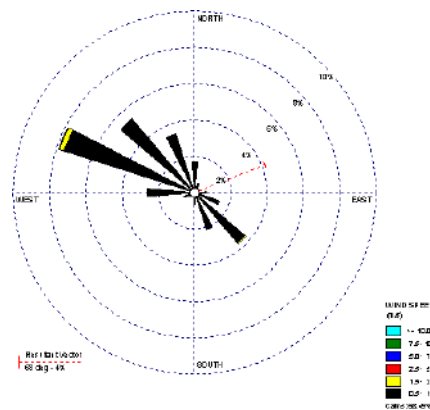


Figura 3.2.8.20 Rosa de vientos Estación No. 2, 21 y el 31 de agosto de 2009 (24 horas)

En el sector evaluado existe presencia de vientos entrando por todos los cuadrantes, notándose cambios importantes en la dirección de los vientos en las diferentes horas del día, como se observa en la rosa de vientos para 12h diurnas y las rosas de vientos elaboradas para la noche este comportamiento es similar al encontrado el punto No 1, en donde la dirección predominante del viento proviene por el costado Nor -Oeste y se dirige al costado Sur – Este, de igual forma se puede verificar en la figura para el correspondiente horario de 24 horas. La tercera estación meteorológica fue ubicada en el corregimiento de El Valle. Ver Figura 3.2.8.21.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

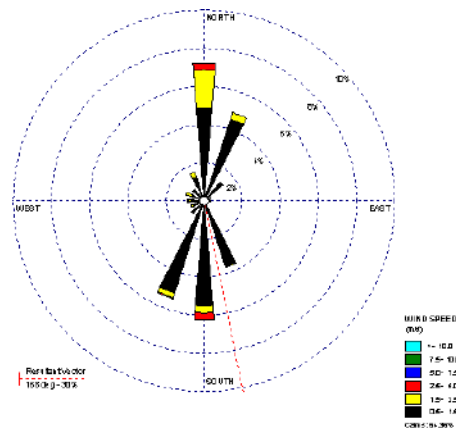


Figura 3.2.8.21 Rosa de vientos Estación 3, 10 y el 20 de septiembre de 2009 (24 horas)

En el sector evaluado existe presencia de vientos entrando por todos los cuadrantes, notándose cambios importantes en la dirección de los vientos en las diferentes horas del día, como se observa en la rosa de vientos para 12h diurnas y las rosas de vientos elaboradas para la noche, en donde la dirección predominante del viento proviene por el costado Nor -Oeste y se dirige al costado Sur – Este.

- Conclusiones
- Viento

Para el periodo de toma de datos de la estación meteorológica en los tres puntos monitoreados se encontró que en el sector evaluado existe presencia de vientos entrando por todos los cuadrantes, notándose cambios importantes en la dirección de los vientos en las diferentes horas del día.

Este fenómeno de inversión de vientos de norte a sur en el día y de sur a norte en la noche se observó en los puntos ubicados en San Andrés de Cuerquia, lo que demuestra que las corrientes de viento que circulan en esta región y para las fechas de seguimiento son totalmente opuestos en el día con respecto a la noche, de igual forma se puede verificar en la figura para el correspondiente horario de 24 horas

Es importante anotar que la tendencia de la dirección del viento en los puntos 1 y 2 ubicados en el municipio de San Andrés de Cuerquia, que en el día ingresa por el cuadrante Nor-Oeste y viaja al Cuadrante Sur-Este, pueden generar la dispersión de contaminantes que pudiesen afectar a la población asentada en el costado Sur-Este colindante con los frentes de obra.

Lo contrario sucede en el punto 3 ubicado en el corregimiento de El Valle municipio de Toledo donde la tendencia de la dirección del viento, que en el día ingresa por el cuadrante Nor-Este y viaja al Cuadrante Sur-Oeste, no generaría afectación por la dispersión de contaminantes a las comunidades colindantes con los frentes de obra, ya que estos se dirigirían a una zona no poblada.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- PST

Con las concentraciones obtenidas en los medidores de alto volumen HI-VOL se procedió a calcular la media geométrica, con el fin poder comparar con la norma actual establecida en la Resolución 601 del 04 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que en su “Artículo 4. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio: establece los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, contemplados en la Tabla No. 1”, en nuestro caso particular se calcularon con el promedio geométrico para PST.

En las tres estaciones no se presentan concentraciones de material particulado (PST) por encima de lo estipulado en la norma diaria de 300 ug/m^3 , se obtuvieron resultados variables en cada día de monitoreo.

- PM10

En las tres estaciones de monitoreo instaladas en el área de influencia, no se presentan concentraciones de material particulado (PM10) por encima de lo estipulado en la norma diaria de 150 ug/m^3 .

Revisando los resultados en las tres estaciones de monitoreo, para el punto 1 se presentó una concentración promedio de $22 \mu\text{g/m}^3$, para el punto 2 una concentración promedio de $23 \mu\text{g/m}^3$ y para el punto 3 una concentración promedio de $16 \mu\text{g/m}^3$, si se mantuviera el mismo comportamiento en cada una de las estaciones en cuanto al promedio de concentración durante todo el año, se podría concluir que los resultados de PM10 cumplirían lo establecido por la resolución 601 como valor máximo permisible de $50 \mu\text{g/m}^3$ como promedio anual para el año 2011.

- SO₂

Con las concentraciones obtenidas en el medidor de 3 gases se procedió a calcular la media aritmética, con el fin de poder comparar con la norma actual establecida en la Resolución 601 del 04 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial que en su “Artículo 4. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio: establece los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, contemplados en la Tabla No. 1”, en nuestro caso particular se calcularon con el promedio aritmético para SO₂.

En la estación de monitoreo No 1 no se presentan concentraciones de SO₂ por encima de lo estipulado en la norma diaria que es de 250 ug/m^3 , ni la anual de 80 ug/m^3 , la mayor concentración obtenida para este gas fue de $0,63 \text{ ug/m}^3$; En la estación de monitoreo No 2 no se presentan concentraciones de SO₂ por encima de lo estipulado en la norma diaria, ni anual, la mayor concentración obtenida para este gas fue de $0,77 \text{ ug/m}^3$, para la estación No. 3 la mayor concentración obtenida para este gas fue de $1,35 \text{ ug/m}^3$

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- NO₂

En la estación de monitoreo No 1 no se presentan concentraciones de NO₂ por encima de lo estipulado en la norma diaria que es de 150 ug/m³, ni anual que es de 100 ug/m³, la mayor concentración obtenida para este gas fue de 20,72 ug/m³; en la estación de monitoreo No. 2 donde se puede ver que la mayor concentración obtenida para este gas fue de 12,72 ug/m³ y en la estación No. 3 la mayor concentración obtenida para este gas fue de 15,62 ug/m³.

Si los valores de concentración de dióxido de nitrógeno tienen el mismo comportamiento en un periodo de 12 meses, las concentraciones promedio obtenidas al final de dicho periodo no sobrepasarían la norma anual de calidad del aire.

- CO ambiental

Las concentraciones obtenidas en el medidor de monóxido de carbono “MONOXOR II” se procedió a determinar la máxima concentración en ppm, con el fin de poder comparar con la norma actual establecida Resolución 601 del 04 de abril de 2006 (Artículo 4) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. La máxima concentración de monóxido de carbono (CO) de una muestra recolectada en forma continua durante 8 horas es de diez miligramos por metro cúbico (10 mg/m³), equivalente a 8,8 ppm. La máxima concentración de una muestra recolectada en forma continua durante 1 hora es de cuarenta miligramos por metro cúbico (40 mg/m³), equivalente a 35 ppm.

En la zona de influencia en las tres estaciones monitoreadas se presentaron concentraciones puntuales de monóxido de carbono por debajo de la norma horaria de 35 ppm.

- O₃ ambiental

Con las concentraciones obtenidas en el medidor Ozono sensor, ECO Sensores Modelo A-21ZX se procedió a determinar la máxima concentración de ozono en ppm, con el fin de poder comparar con la norma actual establecida en la Resolución 601 del 04 de abril de 2006 (Artículo 4) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. La máxima concentración de ozono (O₃) de una muestra recolectada en forma continua durante 8 horas puede ser de ochenta microgramos por metro cúbico (80 ug/m³), equivalente a 0,041 ppm.

En la zona de influencia durante los diez días se presentaron concentraciones puntuales de ozono por debajo de la norma horaria de 0,061 ppm, en las tres estaciones.

Como conclusión general, se tiene que el material particulado, (PST, PM10), dióxido de azufre (SO₂), y óxidos de nitrógeno (NO₂) estudiados para la calidad del aire en los tres puntos evaluados (San Andrés de Cuerquia: Punto 1 Casa Amanda Sossa, Punto 2 Hospital y El Valle Punto 3 Escuela El Valle) cumplen lo estipulado en la norma diaria; de igual forma si se mantuviese en el tiempo la tendencia de los resultados obtenidos

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

se daría un cumplimiento de la norma anual y que con los resultados encontrados en las evaluaciones de monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃) se da cumplimiento a la norma horaria y octohoraria.

3.2.8.6.3 Tercera jornada de muestreo- PST y PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃ y CO. Vía Puerto Valdivia-Sitio Presa

Las evaluaciones de calidad del aire en la estación ubicada en el corregimiento de Puerto Valdivia, se realizaron entre el 21 y el 30 de septiembre de 2009, La estación de monitoreo de la calidad del aire y rosa de vientos se ubicó en la vivienda del señor Félix Antonio Días, vía principal de Puerto Valdivia. (Y: 7°17'23,6" N X: 75°23'37,6)

- **PST Y PM₁₀**

Los resultados de PST y PM₁₀ obtenidos en el muestreo realizado en el Corregimiento del Valle de Toledo, se muestran a continuación en la Tabla 3.2.8.28,

Figura 3.2.8.22 y Tabla 3.2.8.29 y Figura 3.2.8.23.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.8.28 Resultados obtenidos para PST

Fecha	Lectura Manométrica ("H ₂ O)			Caudal Real m ³ /min	Caudal Estándar (m ³ /min)	Filtro N°	Tiempo de muestreo (min.)	Peso filtro (gr.)		Concentración a PST (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Lun 21/09/2009	15,3	14,6	14,95	1,265	1,212	16	1367	7,259 8	7,313 8	33
Mar 22/09/2009	14,9	15,3	15,10	1,265	1,212	10	1289	2,724 4	2,770 3	29
Mie 23/09/2009	14,5	15,2	14,85	1,267	1,214	09	1440	2,742 6	2,801 0	33
Jue 24/09/2009	14,6	14,9	14,75	1,267	1,214	20	1116	2,736 6	2,785 8	36
Vie 25/09/2009	14,5	14,6	14,55	1,267	1,214	17	1658	5,457 5	5,526 5	34
Sab 26/09/2009	14,5	14,4	14,45	1,268	1,215	02	1562	5,491 9	5,557 7	35
Dom 27/09/2009	14,8	15,3	15,05	1,265	1,212	22	1550	5,433 1	5,475 2	22
Lun 28/09/2009	15,1	15,4	15,25	1,265	1,212	19	1429	2,719 3	2,754 9	20
Mar 29/09/2009	13,9	15,3	14,60	1,267	1,214	11	1437	2,713 0	2,774 2	35
Mie 30/09/2009	15,1	16,3	15,70	1,263	1,210	13	1631	7,224 0	7,298 4	38
Promedio										33

* Caudal estándar (25°C y 760 mmHg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr) durante el periodo de exposición al ambiente.

Filtro N°	Peso filtro (gr)		Aumento de humedad (gr)
	Inicial	Final	
Patrón	2,751 4	2,751 5	0,0001

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

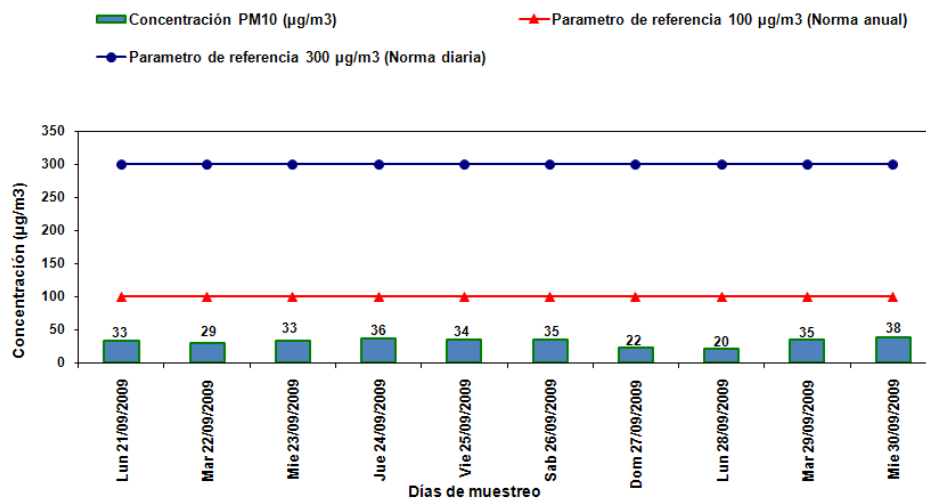


Figura 3.2.8.22 Resultados obtenidos para PST

Tabla 3.2.8.29 Resultados obtenidos para PM10

Fecha	Lectura Manométrica ("H2O)			Caudal Real m3/min	Caudal Estándar m3/min	Filtro Nº	Tiempo de muestreo (min)	Peso filtro (gr.)		Concentración PM10 (µg/m3)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	
Lun 21/09/2009	20,4	19,6	20,00	1,171	1,122	00	1345	7,3449	7,3892	29
Mar 22/09/2009	19,3	14,3	16,80	1,182	1,133	04	1405	2,7460	2,7750	18
Mie 23/09/2009	14,2	14,6	14,40	1,189	1,139	08	1441	2,7477	2,7789	19
Jue 24/09/2009	12,6	14,0	13,30	1,192	1,142	19	1105	2,7458	2,7736	22
Vie 25/09/2009	13,9	14,3	14,10	1,189	1,139	18	1676	5,4531	5,4947	22
Sab 26/09/2009	13,9	14,3	14,10	1,189	1,139	07	1538	5,4981	5,5328	20
Dom 27/09/2009	14,5	14,4	14,45	1,189	1,139	21	1536	5,4478	5,4796	18
Lun 28/09/2009	14,8	14,7	14,75	1,188	1,138	20	1526	2,7073	2,7317	14
Mar 29/09/2009	14,4	15,1	14,75	1,188	1,138	12	1382	2,7285	2,7656	24
Mie 30/09/2009	14,5	15,2	14,85	1,188	1,138	14	1643	5,4371	5,4820	24
Promedio										22

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

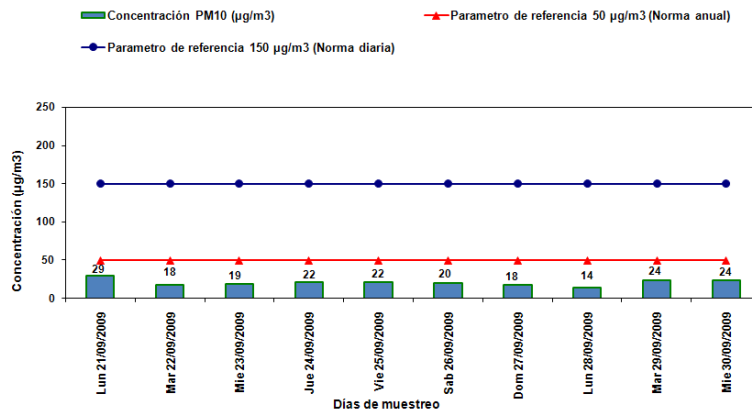


Figura 3.2.8.23 Resultados obtenidos para PM10

- Dióxido de azufre (SO₂)

Los resultados de Dióxido de azufre se presentan a continuación en la Tabla 3.2.8.30 y Figura 3.2.8.24

Tabla 3.2.8.30 Resultados obtenidos para SO₂

Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m ³)	V estándar (m ³)	Concentración de SO ₂ (µg/m ³)
		Inicial	final			
Lun 21/09/2009	1440	191	190	0,275	0,263	1,803
Mar 22/09/2009	1440	191	190	0,275	0,263	1,67
Mie 23/09/2009	1440	191	190	0,275	0,263	1,39
Jue 24/09/2009	1440	191	190	0,275	0,263	2,77
Vie 25/09/2009	1440	191	190	0,275	0,263	1,11
Sab 26/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	2,21
Dom 27/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	0,28
Lun 28/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	0,28
Mar 29/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	1,39
Mie 30/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	0,28
Promedio Aritmético						1,75

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

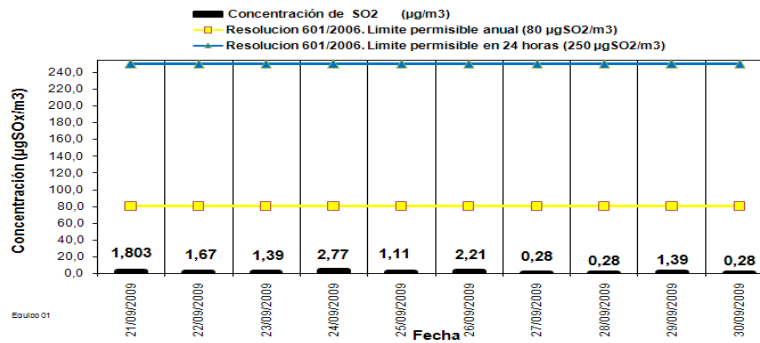


Figura 3.2.8.24 Resultados obtenidos para SO₂

- Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Ver en la Tabla 3.2.8.31 y Figura 3.2.8.25, los resultados obtenidos de NO₂

Tabla 3.2.8.31 Resultados obtenidos para NO₂

Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m3)	V estándar (m3)	Concentración de NO ₂ (µg/m3)
		Inicial	final			
Lun 21/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	4,83
Mar 22/09/2009	1440	191	191	0,275	0,263	2,65
Mie 23/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	6,24
Jue 24/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	14,83
Vie 25/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	11,86
Sab 26/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	14,36
Dom 27/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	11,86
Lun 28/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	7,34
Mar 29/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	8,90
Mie 30/09/2009	1440	190	191	0,274	0,263	7,02
Promedio Aritmético						8,08

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

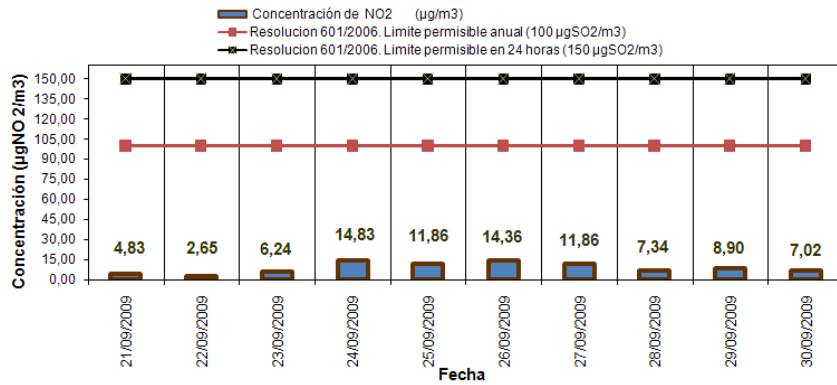


Figura 3.2.8.25 Resultados obtenidos para NO2

- Monóxido de carbono (CO) ambiental

Ver los resultados de CO Ambiental en Tabla 3.2.8.32 y Figura 3.2.8.26

Tabla 3.2.8.32 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental

FECHA	Concentración Máxima Horaria de CO en ppm	Concentración Octohoraria de CO en ppm	Concentración Norma 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (35 ppm)	Concentración Octohoraria permitida en Norma - Resolución 601 de 2006 (8,8 ppm)
Mar 22/09/09	2,8	1,8	35	8,8
Mie 23/09/09	3,0	2,4	35	8,8
Jue 24/09/09	2,0	1,8	35	8,8
Vie 25/09/09	2,0	1,6	35	8,8
Sab 26/09/09	2,0	1,8	35	8,8
Dom 27/09/09	2,0	1,7	35	8,8
Lun 28/09/09	1,8	1,3	35	8,8
Mar 29/09/09	1,8	1,4	35	8,8
Mie 30/09/09	2,0	1,8	35	8,8
Jue 01/10/09	1,5	1,1	35	8,8

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

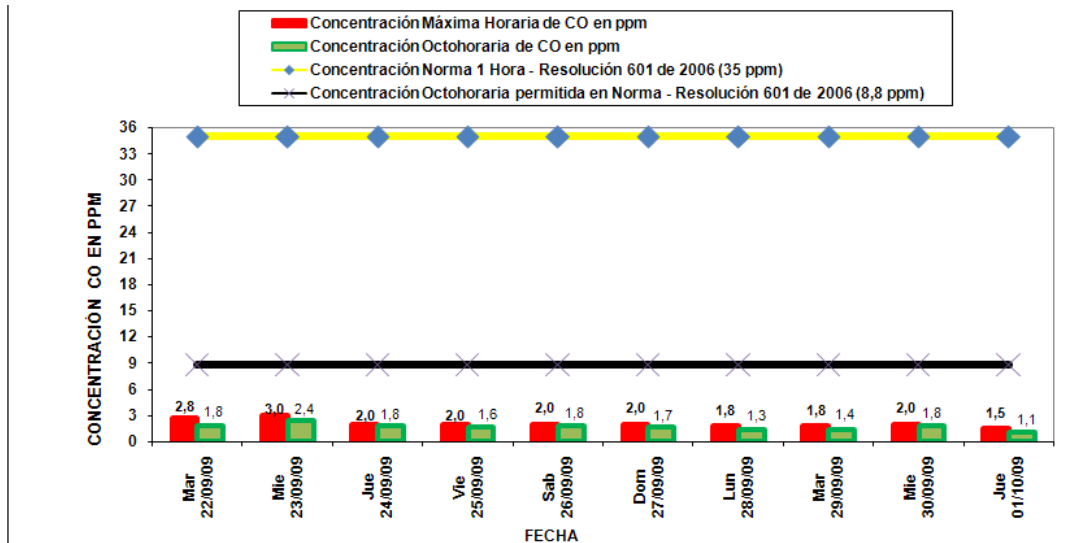


Figura 3.2.8.26 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental

- Ozono (O3)

Los resultados de Dióxido de azufre se presentan a continuación en la Tabla 3.2.8.33 y Figura 3.2.8.27.

Tabla 3.2.8.33 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de Ozono.

FECHA	Concentración Máxima Horaria de O3 en ppm	Concentración Norma 1 Hora - Resolución 601 de 2006 (0,061 ppm)	Concentración Octohoraria de O3 en ppm	Concentración Octohoraria permitida en Norma - Resolución 601 de 2006 (0,041 ppm)
Mar 22/09/09	0.010	0.061	0.006	0,041
Mie 23/09/09	0.010	0.061	0.009	0,041
Jue 24/09/09	0.013	0.061	0.010	0,041
Vie 25/09/09	0.010	0.061	0.005	0,041
Sab 26/09/09	0.010	0.061	0.009	0,041
Dom 27/09/09	0.010	0.061	0.010	0,041
Lun 28/09/09	0.010	0.061	0.010	0,041
Mar 29/09/09	0.010	0.061	0.009	0,041
Mie 30/09/09	0.010	0.061	0.009	0,041
Jue 01/10/09	0.015	0,061	0.011	0,041

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

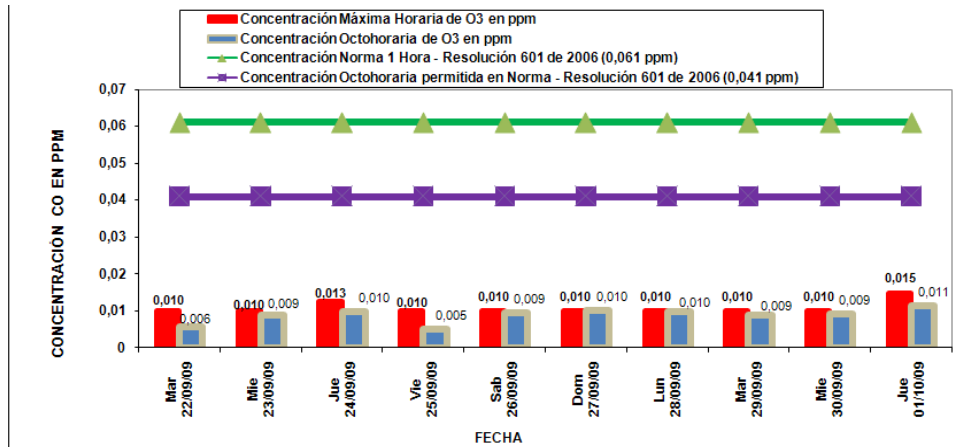


Figura 3.2.8.27 Resultados obtenidos para O3

- Rosa de vientos Puerto Valdivia

La estación meteorológica opero entre los días 21 al 30 de septiembre de 2009 Ver Figura 3.2.8.28.

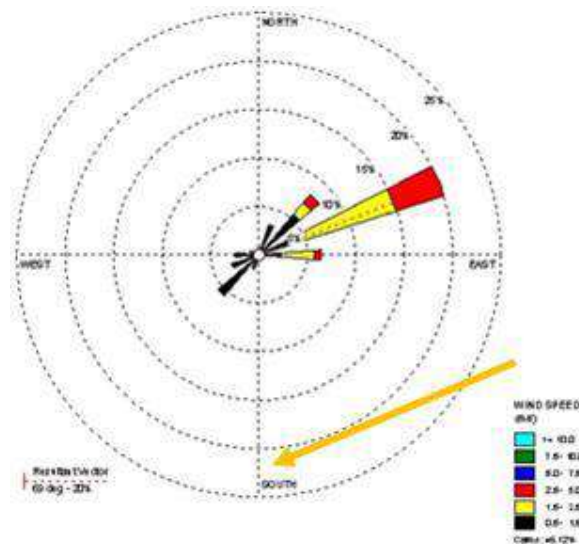


Figura 3.2.8.28 Rosa de vientos área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Pescadero-Ituango. Puerto Valdivia entre el 21 y el 30 de septiembre de 2009 (24 horas)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En el sector evaluado existe presencia de vientos entrando por el cuadrante Nor Este y se dirigen al costado Sur Oeste.

- Conclusiones
 - Vientos

El comportamiento de los vientos de acuerdo con las rosas de vientos levantadas en forma simultánea con los monitoreos de calidad del aire para 24 horas (10) diez días, nos indica presencia de vientos en las siguientes direcciones: En el punto monitoreado se presentan vientos entrando por el cuadrante Nor - Este y se dirigen al costado Sur-Oeste.

- PST

No se presentan concentraciones de material particulado (PST) por encima de lo estipulado en la norma diaria de $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si se mantuviera el mismo comportamiento en cuanto al promedio de concentraciones durante todo el año se podría concluir que los resultados de PST cumplirían lo establecido por la resolución 601 como valor máximo permisible de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual. Se debe aclarar que los resultados obtenidos, los cuales marcan una tendencia del cumplimiento de la norma en el punto monitoreado, están asociados al alto flujo vehicular, el buen estado de las vías y la poca velocidad de los vientos.

- PM10

No se presentan concentraciones de material particulado (PM10) por encima de lo estipulado en la norma diaria de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se obtuvieron resultados variables en la estación, presentándose un valor máximo de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, si mantuvieran el mismo comportamiento en cuanto al promedio de concentración durante todo el año se podría concluir que los resultados de PM10 cumplirían lo establecido por la resolución 601 como valor máximo permisible de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual para el año 2011

- SO_2

No se presentan concentraciones de SO_2 por encima de lo estipulado en la norma diaria de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la anual de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como resultado mayor $2,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si los valores de concentración de Dióxido de Azufre tienen el mismo comportamiento en un periodo de 12 meses, las concentraciones promedio obtenidas al final de dicho periodo no sobrepasarían la norma anual de calidad del aire.

- NO_2

No se presentan concentraciones de NO_2 por encima de lo estipulado en la norma diaria de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la anual de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se obtuvieron resultados con un valor máximo de $14,83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- CO ambiental

Durante los diez días, se presentan concentraciones puntuales de monóxido de carbono por debajo de la norma horaria de 35 ppm, obteniendo como valor máximo 3,0 ppm el segundo día de medición miércoles 23 de septiembre de 2009, para el periodo de medición de 8 horas continuas, durante diez días, se presentan concentraciones por debajo de la norma que fija un nivel de referencia de 8.8 ppm. Obteniendo como valor máximo 2,4 ppm el segundo día de medición miércoles 23 de septiembre de 2009.

- O₃ ambiental

Durante los diez días, se presentan concentraciones puntuales de ozono por debajo de la norma horaria de 0,061 ppm, obteniendo como valor máximo 0,015 ppm.

Como conclusión general, se tiene que el material particulado, (PST, PM10), dióxido de azufre (SO₂), dióxidos de nitrógeno (NO₂) estudiadas para la calidad del aire en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Pescadero – Ituango en Puerto Valdivia, cumplen lo estipulado en la norma, tanto diaria como la anual. De igual forma para el Monóxido de Carbono (CO) y Ozono (O₃) se cumple la norma horaria y octohoraria.

3.2.8.6.4 Cuarta Jornada de Monitoreo PST y PM1, SO₂, NO₂, O₃ y CO.

Este sitio de muestreo fue ubicado en la vereda Guriman, Municipio de Briceño, el muestreo de PST se realizó durante 10 días, se inicio a las 00:00 horas de cada día, para completar el ciclo de monitoreo correspondiente al día de medición se programa el equipo para que se apague automáticamente a las 24 horas, la actividad para el cambio de filtro depende de las condiciones climáticas, esta actividad se realiza al día siguiente después de la jornada de muestreo. Ver Tabla 3.2.8.34 y Figura 3.2.8.29. El estudio completo realizado en este sitio se presenta en el ANEXO 3.2.8.1- D-PHI-EIA-CA-LB

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.34 Monitoreo de la calidad del aire, Estación de Monitoreo Guriman

Código del equipo: P7454 Operador: GSA LTDA

Punto de monitoreo: Briceño, vereda Guriman

Georreferenciación: N: 07°09'35" W: 75°35'37,8" 1256 m.s.n.m. Precisión: 7m

Temperatura promedio ambiente (°C): 24

Presión Barométrica promedio (mmHg): 660,4

Fecha	Lectura Manométrica ("H2O)			Caudal Real (m3/min)	Caudal Estándar (m3/min)	Filtro Nº	Tiempo de muestreo (min.)	Peso filtro (gr.)			Concentración PST (µg/m3)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	Total	
Vie 20/05/2011	14,4	14,7	14,55	1,250	1,090	258	1440	2,7675	2,8026	0,0351	22
Sab 21/05/2011	14,3	14,9	14,60	1,250	1,090	256	1440	2,7577	2,7798	0,0221	14
Dom 22/05/2011	14,7	14,8	14,75	1,249	1,089	254	1440	2,7625	2,7801	0,0176	11
Lun 23/05/2011	15,0	14,7	14,85	1,249	1,089	252	1440	2,7736	2,7895	0,0159	10
Mar 24/05/2011	14,6	14,8	14,70	1,249	1,089	250	1440	2,7605	2,7780	0,0175	11
Mie 25/05/2011	15,0	14,6	14,80	1,249	1,089	240	1440	2,7220	2,7390	0,0170	11
Jue 26/05/2011	14,8	14,7	14,75	1,249	1,089	238	1440	2,7555	2,7729	0,0174	11
Vie 27/05/2011	15,0	14,9	14,95	1,249	1,089	243	1440	2,7453	2,7595	0,0142	9
Sab 28/05/2011	15,0	14,7	14,85	1,249	1,089	245	1440	2,7399	2,7501	0,0102	6
Dom 29/05/2011	14,9	14,8	14,85	1,249	1,089	235	1440	2,7626	2,7690	0,0064	4
Promedio											10

* Caudal estándar (25°C y 760 mm Hg)

Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr.) durante el periodo de exposición al ambiente.

Filtro Nº	Peso filtro (gr.)		
	Inicial	Final	Total
Patrón	2,7938	2,7940	0,0002

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

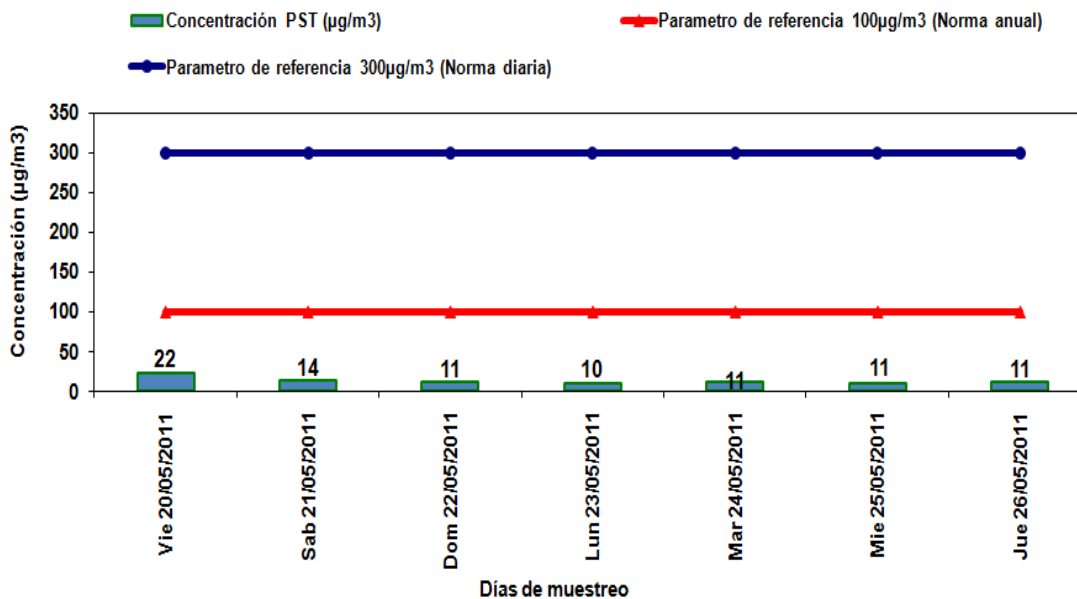


Figura 3.2.8.29 Concentración de Material Particulado PST. Vereda Guriman

- Concentración de Material Particulado (PM10)

Los resultados obtenidos para las estaciones de monitoreo de PM10 durante el muestreo, se pueden revisar en la Tabla 3.2.8.35 y Figura 3.2.8.30, en las tabla se muestra las fechas, el caudal succionado, los diferentes pesos de los filtros y el resultado de las concentraciones.

- Concentración de Material Particulado (PM10).

El muestreo de PM10 se inicio a las 00:00 horas de cada día, para completar el ciclo de monitoreo correspondiente al día de medición se programa el equipo para que se apague automáticamente a las 24 horas, la actividad para el cambio de filtro depende de las condiciones climáticas, esta actividad se realiza al día siguiente después de la jornada de muestreo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.35 Monitoreo de PM10 Estación de Monitoreo Estación de Monitoreo Guriman

Código del

equipo:

P656

Operador: GSA LTDA

Punto de

Briceño, vereda

monitoreo:

Guriman

W:

75°35'

Georreferenciación:

N: 07°09'35"

37,8"

1256 m.s.n.m.

Precisión: 7m

Temperatura promedio ambiente

(°C):

24

Presión Barométrica promedio

(mmHg):

660,4

Fecha	Lectura Manométrica ("H2O)			Caudal Real (m3/m in)	Caudal Estándar (m3/m in)	Filtro Nº	Tiempo de muestreo (min.)	Peso filtro (gr.)			Concentración PM10 (µg/m ³)
	Inicial	Final	Promedio					Inicial	Final	Total	
Vie 20/05/2011	14,2	14,6	14,40	1,171	1,021	257	1440	2,7680	2,7902	0,0222	15
Sab 21/05/2011	14,8	14,9	14,85	1,170	1,020	255	1440	2,7536	2,7692	0,0156	10
Dom 22/05/2011	15,1	14,8	14,95	1,170	1,020	253	1440	2,7672	2,7895	0,0223	15
Lun 23/05/2011	14,8	14,6	14,70	1,170	1,020	251	1440	2,7703	2,7836	0,0133	9
Mar 24/05/2011	14,9	14,7	14,80	1,170	1,020	239	1440	2,7353	2,7430	0,0077	5
Mie 25/05/2011	15,2	14,9	15,05	1,169	1,019	241	1440	2,7193	2,7282	0,0089	6
Jue 26/05/2011	15,1	14,8	14,95	1,170	1,020	242	1440	2,7449	2,7511	0,0062	4
Vie 27/05/2011	15,0	14,9	14,95	1,170	1,020	244	1440	2,7462	2,7580	0,0118	8
Sab 28/05/2011	14,9	15,0	14,95	1,170	1,020	237	1440	2,7574	2,7627	0,0053	3
Dom 29/05/2011	15,0	14,9	14,95	1,170	1,020	236	1440	2,7490	2,7523	0,0033	2
Promedio											8
* Caudal estándar (25°C y 760 mm Hg)											
Nota: Diferencia del peso del filtro patrón (gr.) durante el periodo de exposición al ambiente.											
Filtro	Peso filtro (gr.)										
Nº	Inicial	Final	Total								
Patrón	2,7938	2,7940	0,0002								

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

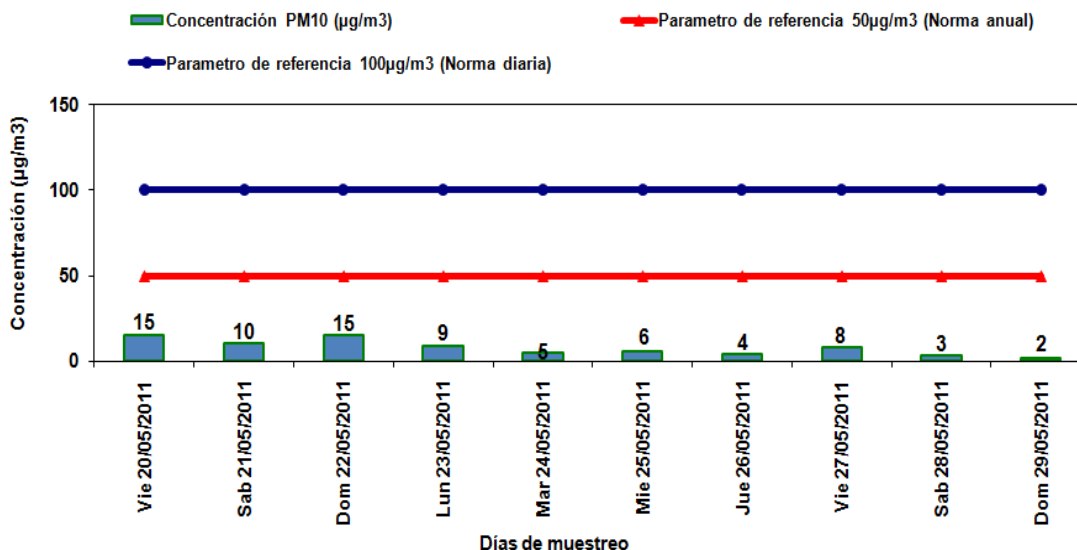


Figura 3.2.8.30 Concentración de materiales Particulado PM10, Briceño – vereda Guriman

- Concentración de Dióxido de Azufre (SO₂)

Los resultados obtenidos para la estación donde se ubicó el equipo (3 Gases) durante los muestreos se pueden revisar en la Tabla 3.2.8.36 y Figura 3.2.8.31; en esta tabla se muestra la fecha y hora del muestreo.

- Concentración de Dióxidos de Azufre (SO₂).

El muestreo de SO₂ se inicio a las 00:00 horas de cada día, para completar el ciclo de monitoreo correspondiente al día de medición se programa el equipo para que se apague automáticamente a las 24 horas, la actividad para el cambio de filtro depende de las condiciones climáticas, esta actividad se realiza al día siguiente después de la jornada de muestreo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.36 Monitoreo de la calidad del aire Briceño Guriman. Concentración de SO₂

P Estándar: (mm Hg) 760 T referencia: (K) 298,15

Fecha	Tiempo de Muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m ³)	V referencia (m ³)	Concentración de SO ₂ (µg/m ³)
		Inicial	final			
Vie 20/05/2011	1440	191	190	0,274	0,239	1,84
Sab 21/05/2011	1440	190	190	0,274	0,238	1,85
Dom 22/05/2011	1440	191	190	0,275	0,239	1,84
Lun 23/05/2011	1440	191	189	0,274	0,238	1,85
Mar 24/05/2011	1440	189	191	0,273	0,239	1,84
Mie 25/05/2011	1440	191	193	0,276	0,241	1,83
Jue 26/05/2011	1440	191	190	0,274	0,238	49,85
Vie 27/05/2011	1440	190	190	0,274	0,239	1,84
Sab 28/05/2011	1440	189	191	0,273	0,239	1,84
Dom 29/05/2011	1440	190	191	0,274	0,240	1,83
PROMEDIO						6,64

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

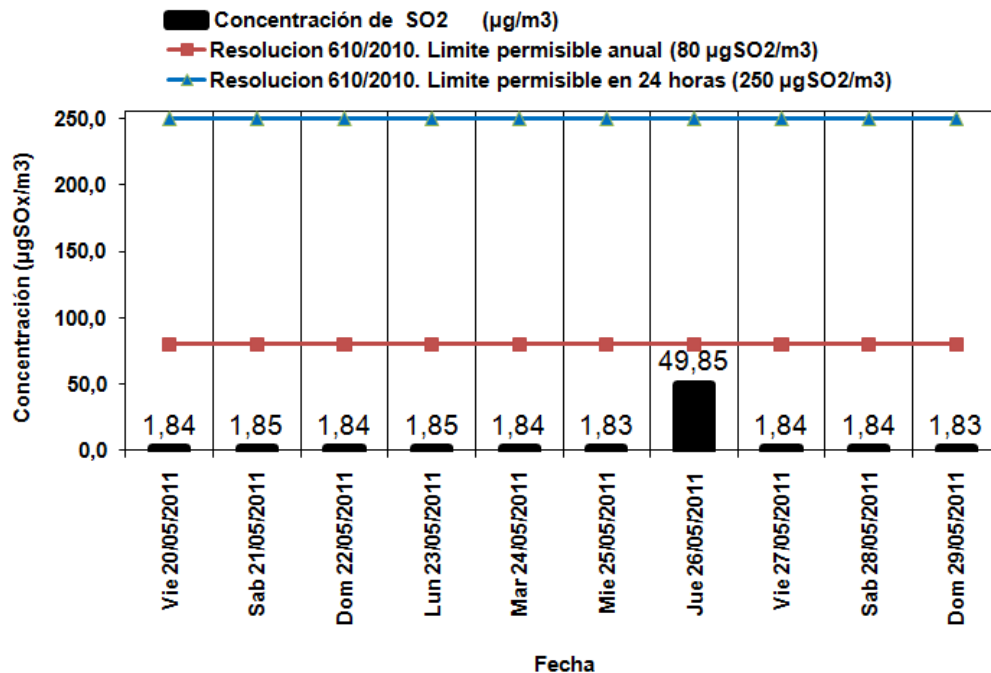


Figura 3.2.8.31 Concentración de Dióxido de Azufre SO₂

- Concentración de Óxidos de Nitrógeno (NO₂)

Los resultados obtenidos para las estaciones donde se ubico el equipo (3 Gases) durante los muestreos se pueden revisar en la Tabla 3.2.8.37 y Figura 3.2.8.32; en esta tabla se muestra la fecha y hora de los muestreos.

- Concentración de Dióxidos de Nitrógeno (NO₂).

El muestreo de NO₂ se inicio a las 00:00 horas de cada día, para completar el ciclo de monitoreo correspondiente al día de medición se programa el equipo para que se apague automáticamente a las 24 horas, la actividad para el cambio de filtro depende de las condiciones climáticas, esta actividad se realiza al día siguiente después de la jornada de muestreo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.37 Monitoreo de la calidad del aire, Briseño Guriman. Concentración de NO₂

P Estándar: (mm Hg) 760 T Estándar: (K) 298,15

Fecha	Tiempo de muestreo (min)	Caudal (cc/min)		V muestreado (m3)	V referencia (m3)	Concentración de NO ₂ (µg/m ³)
		Inicial	final			
Vie 20/05/2011	1440	189	190	0,273	0,238	5,52
Sab 21/05/2011	1440	189	191	0,274	0,238	8,11
Dom 22/05/2011	1440	189	190	0,273	0,238	12,08
Lun 23/05/2011	1440	190	191	0,274	0,238	9,12
Mar 24/05/2011	1440	190	190	0,274	0,239	10,62
Mie 25/05/2011	1440	189	190	0,273	0,238	5,85
Jue 26/05/2011	1440	191	190	0,274	0,239	4,47
Vie 27/05/2011	1440	191	189	0,274	0,238	5,85
Sab 28/05/2011	1440	190	187	0,271	0,237	5,53
Dom 29/05/2011	1440	190	189	0,273	0,239	2,92
PROMEDIO						7,01

Fuente: Consorcio Generación Ituango

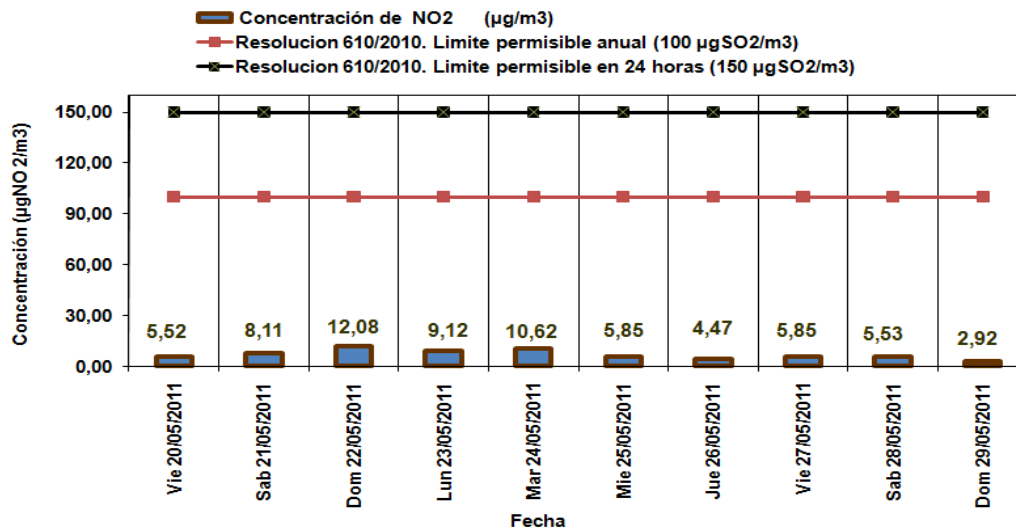


Figura 3.2.8.32 Concentración de Oxido de Nitrógeno (NO₂)

- Concentración de Monóxido de Carbono (CO)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los Resultados muestreo de CO Estación de Monitoreo Vereda Guriman, Municipio de Briceño, se muestran en Tabla 3.2.8.38 y Figura 3.2.8.33.

Tabla 3.2.8.38 Concentración Máxima Horaria y Octohoraria de CO Ambiental. Guriman.

FECHA	Concentración Máxima Horaria de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración Octohoraria de CO en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentración Norma 1 Hora - Resolución 610 de 2010 ($40000\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentración Octohoraria permitida en Norma - Resolución 610 de 2010 ($10000\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Vie 20/05/2011	1714,29	1500,00	40000	10000
Sab 21/05/2011	2000,00	1642,86	40000	10000
Dom 22/05/2011	2285,71	1642,86	40000	10000
Lun 23/05/2011	2000,00	1571,43	40000	10000
Mar 24/05/2011	1714,29	1500,00	40000	10000
Mie 25/05/2011	2000,00	1642,86	40000	10000
Jue 26/05/2011	2000,00	1642,86	40000	10000
Vie 27/05/2011	2000,00	1750,00	40000	10000
Sab 28/05/2011	2000,00	1714,29	40000	10000
Dom 29/05/2011	1714,29	1642,86	40000	10000

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

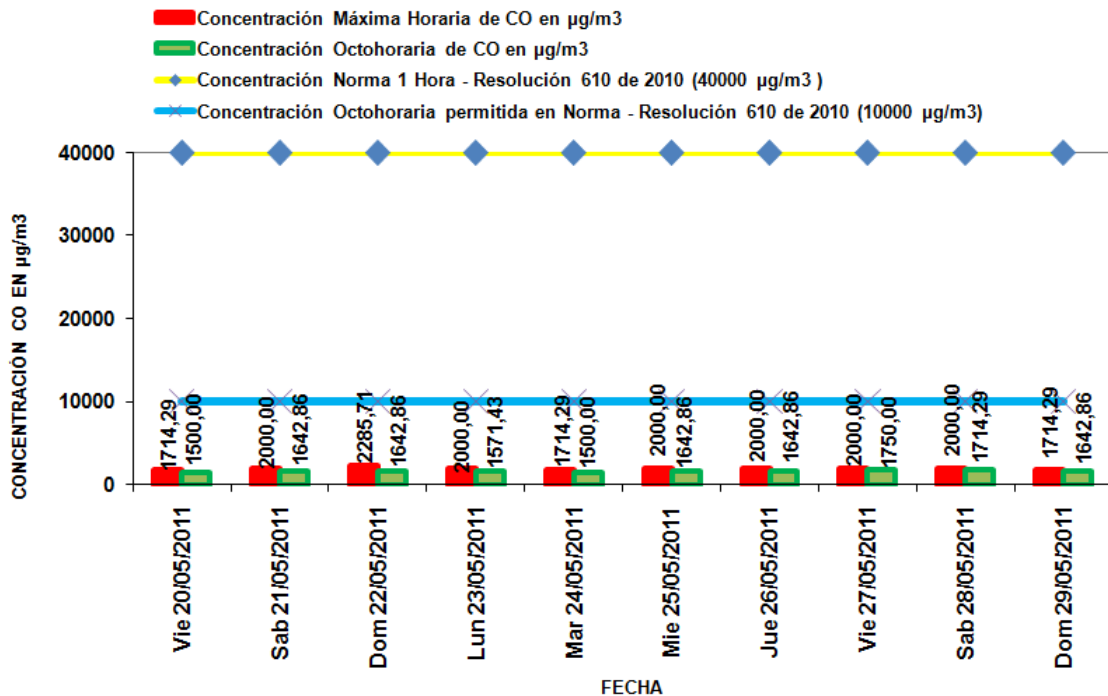


Figura 3.2.8.33 Resultados de concentración Horarios y Octohorarios de CO Ambiental Guriman Briceño

- Rosa de Vientos

La estación meteorológica fue ubicada en la Vereda Guriman, Municipio de Briceño, con el propósito de tener una mejor aproximación de los fenómenos meteorológicos que ocurren en esta zona. La estación meteorológica operó durante los días en los cuales se realizó el monitoreo de calidad del aire. Para efecto de seguimiento y comparación en futuros estudios se presenta en las Figura 3.2.8.34 y Figura 3.2.8.35, la estadística de las características arrojadas por la estación para este estudio específico.

- Vientos

Los datos recolectados fueron procesados y tabulados para dar origen a la rosa de vientos la cual nos ilustra la dirección e intensidad del viento para el periodo de mediciones:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

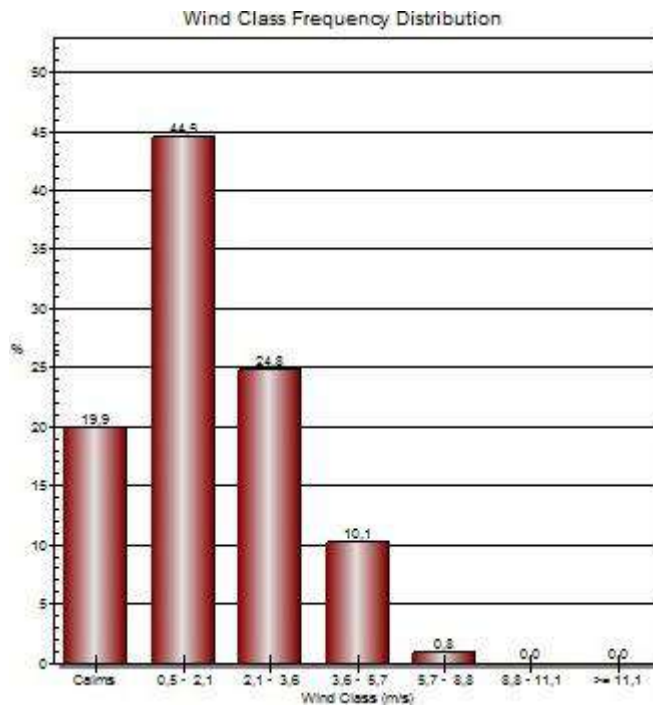


Figura 3.2.8.34 Frecuencia y distribución de velocidades para la estación meteorológica para periodos de 24 horas

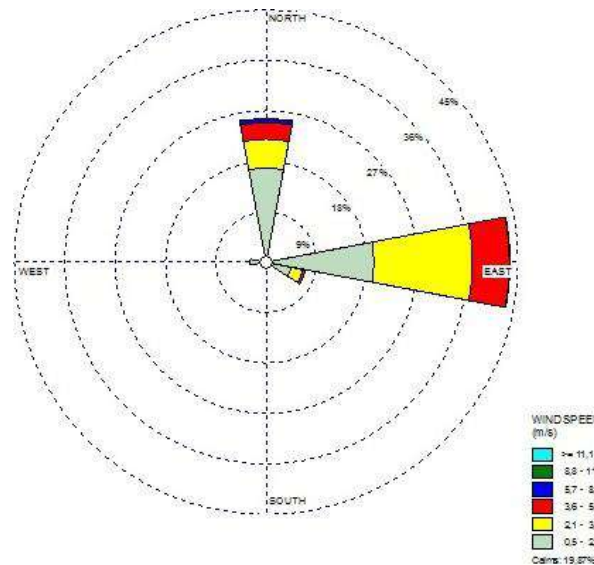


Figura 3.2.8.35 Rosa de vientos Punto de muestreo vereda Guriman (10 días/24 horas)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En la Figura 3.2.8.35, se puede observar el comportamiento de las condiciones meteorológicas, especialmente la información proporcionada para los vientos, entregada por la rosa vientos en 10 días de 24 horas.

En el sector evaluado existe predominio de los vientos que ingresan por el Este y que se dirige al costado Oeste.

Por otro lado los datos reportados durante los días de medición nos muestran que el 19,9% de los datos recolectados fueron de calma, el 44,5% presentaron velocidades entre 0,5 y 2,1m/s, el 24,8% alcanzo velocidades en el rango de 2,1 a 3,6m/s, el 10,1% alcanzo velocidades entre 3,6 y 5,7m/s, el 0,8% alcanzo velocidades entre 5,7 y 8,8m/s presentándose una velocidad máxima de 7,6m/s.

- Condiciones climáticas

Durante la realización de los monitoreos de calidad del aire, se presentó predominio de lluvias en la mayoría de días de medición. El fenómeno de condiciones climáticas (lluvias, Temperatura, Humedad, Presión barométrica y Velocidad del viento) se reportan ya que inciden en los resultados de este tipo de muestreo.

En la Figura 3.2.8.35, se puede observar el comportamiento de las condiciones meteorológicas, especialmente la información proporcionada para los vientos, entregada por la rosa vientos en 10 días de 24 horas.

En el sector evaluado existe predominio de los vientos que ingresan por el Este que se dirige al costado Oeste.

Por otro lado los datos reportados durante los días de medición nos muestran que el 19,9% de los datos recolectados fueron de calma, el 44,5% presentaron velocidades entre 0,5 y 2,1m/s, el 24,8% alcanzo velocidades en el rango de 2,1 a 3,6m/s, el 10,1% alcanzo velocidades entre 3,6 y 5,7m/s, el 0,8% alcanzo velocidades entre 5,7 y 8,8m/s presentándose una velocidad máxima de 7,6m/s. Ver Tabla 3.2.8.39 y Figura 3.2.8.36 hasta 3.2.8.39.

Tabla 3.2.8.39 Condiciones Climáticas durante el desarrollo del monitoreo de la calidad del aire. Guriman Briceño

FECHA/HORARIO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)*	HUMEDAD PROMEDIO (%)*	VELOCIDAD VIENTO PROMEDIO (m/s) *	PRESIÓN BAROMETRICA (mm Hg)	PRECIPITACION DE LLUVIA (mm)**
20/05/2011 diurno	22,1	81,0	2,9	658,6	0,0
20/05/2011 nocturno	0,0	0,0	0,0	658,8	0,0
21/05/2011 diurno	22,7	83,5	2,1	657,5	0,4
21/05/2011 nocturno	18,0	93,0	1,6	659,4	16,0
22/05/2011 diurno	20,5	93,4	2,0	659,3	0,4

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

FECHA/HORARIO	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)*	HUMEDAD PROMEDIO (%)*	VELOCIDAD VIENTO PROMEDIO (m/s) *	PRESIÓN BAROMÉTRICA (mm Hg)	PRECIPITACION DE LLUVIA (mm)**
22/05/2011 nocturno	18,4	95,9	2,1	660,1	4,2
23/05/2011 diurno	21,4	90,8	2,1	659,2	0,0
23/05/2011 nocturno	18,8	95,4	3,1	659,2	0,0
24/05/2011 diurno	22,6	86,3	1,8	658,4	0,2
24/05/2011 nocturno	20,0	97,4	2,0	658,6	2,6
25/05/2011 diurno	20,9	94,9	2,4	658,7	0,2
25/05/2011 nocturno	19,6	97,2	2,3	659,3	0,0
26/05/2011 diurno	22,1	92,3	2,1	658,6	0,2
26/05/2011 nocturno	20,1	96,8	2,1	658,7	24,2
27/05/2011 diurno	22,7	90,0	1,1	657,4	0,2
27/05/2011 nocturno	19,3	94,2	2,4	657,4	23,6
28/05/2011 diurno	21,5	93,7	1,1	656,9	2,4
28/05/2011 nocturno	19,4	97,9	1,2	657,5	2,6
29/05/2011 diurno	23,1	89,2	2,0	656,4	0,0
29/05/2011 nocturno	19,5	95,9	3,6	656,7	0,6
30/05/2011 diurno	24,0	85,7	0,1	652,1	2,2
* Promedio cada 12 horas para horario diurno y nocturno					
** Datos acumulados de precipitación por intervalos de 12 horas					

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

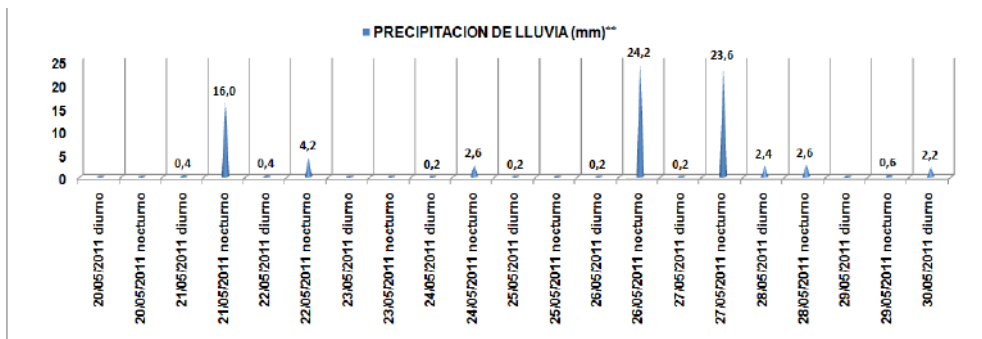


Figura 3.2.8.36 Precipitación acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011

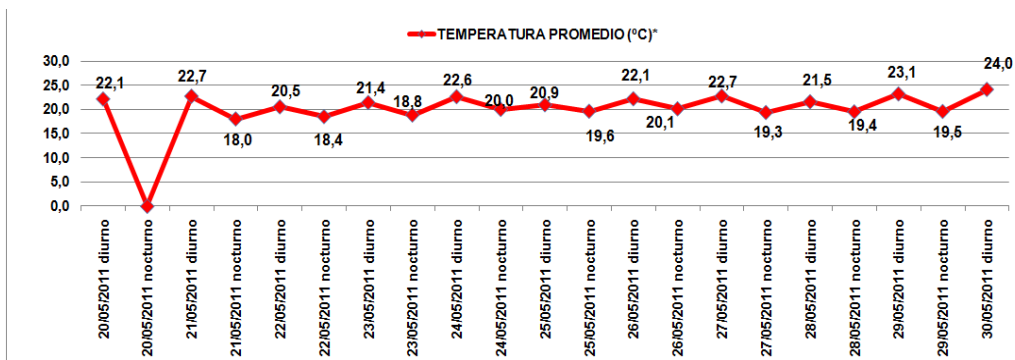


Figura 3.2.8.37 Temperatura promedio acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

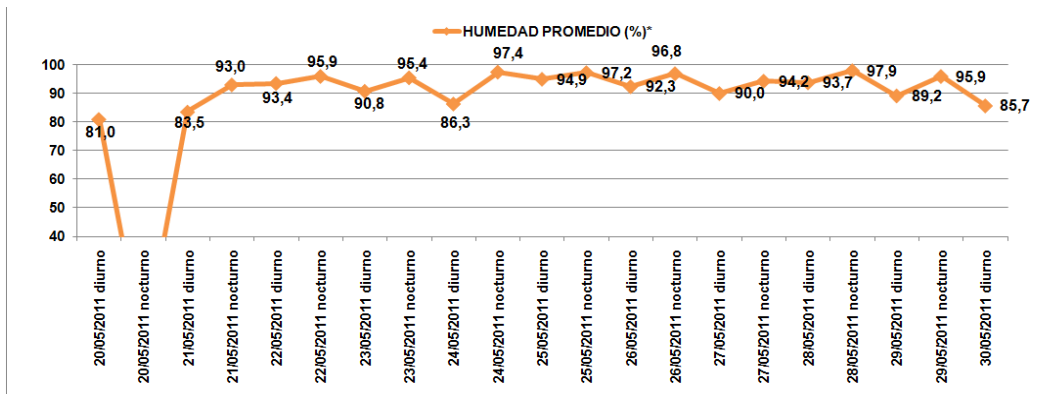


Figura 3.2.8.38 Humedad promedio acumulada en mm por cada 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011)

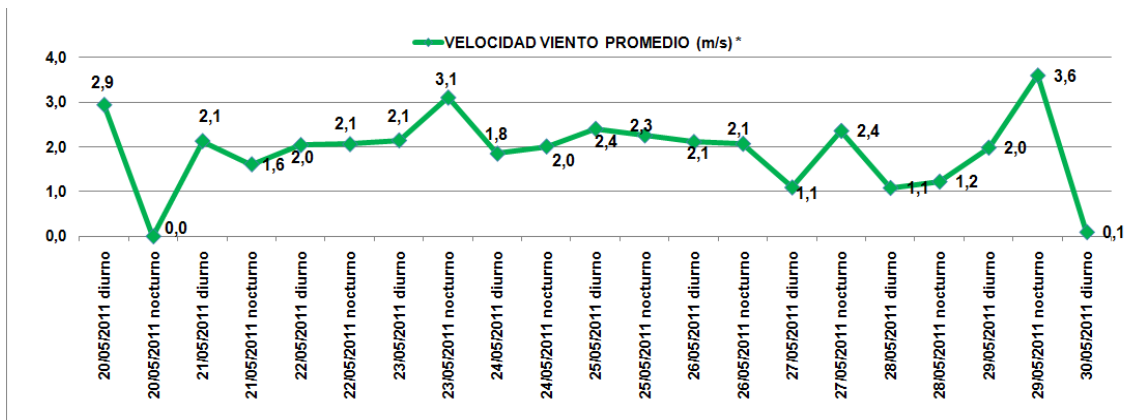


Tabla 3.2.8.40 Velocidad del viento (m/s) para 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

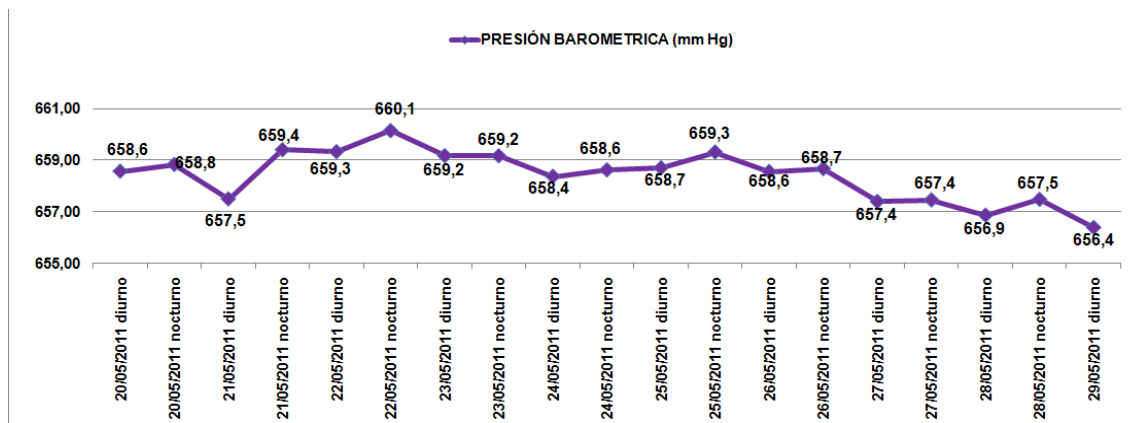


Figura 3.2.8.39 Presión barométrica (mm Hg) para 12 horas (horario diurno y nocturno vereda Guriman 20 al 30 de mayo de 2011

Con las concentraciones obtenidas en los medidores de alto volumen HI-VOL para PST se procedió a calcular la media geométrica, con el fin poder comparar con la norma actual establecida en la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010, que en su Artículo 2 modifica el Artículo 4 de la resolución 601 de 2006. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio: Donde se establecen los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio, contemplados en la Tabla No. 1 de la presente resolución, en nuestro caso particular se calcularon con el promedio geométrico para PST.

- Conclusiones

El campo de vientos constituye uno de los principales parámetros meteorológicos que tienen inferencia en el transporte y dispersión de los contaminantes en el aire.

El comportamiento de los vientos de acuerdo con las rosas de vientos levantadas en forma simultánea con los monitoreos de calidad del aire para 24 horas (10) diez días, nos indica presencia de vientos en las siguientes direcciones:

En este punto se presentan vientos predominantes que ingresan por el Este que se dirigen al costado Oeste.

Partiendo de la información recolectada de dirección y velocidad de vientos, para periodos de 24 horas incluyendo noches entre el 20 y el 30 de mayo de 2011, se puede concluir que para el periodo de medición se presentó una predominancia de vientos ingresando por el sector Este que viajan al sector Oeste.

En la zona durante el periodo de medición se presentaron lluvias, esto genera el asentamiento del material particulado.

Para el material particulado (PST) medido en la vereda Guriman, municipio de Briceño, no se sobrepasa la norma diaria ($300\mu\text{g}/\text{m}^3$), de igual forma en lo que respecta a la norma anual ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En lo que respecta al material particulado (PM10) en el monitoreo realizado en la vereda Guriman, municipio de Briceño, se está cumpliendo tanto la norma diaria ($100\mu\text{g}/\text{m}^3$) como la anual ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$).

En lo que respecta al dióxido de azufre (SO_2), dióxidos de nitrógeno (NO_2) estudiadas cumplen lo estipulado en la norma, tanto diaria como la anual; de igual forma para el Monóxido de Carbono (CO) se cumple la norma horaria y octohoraria.

3.2.8.7 Ruido

La caracterización del ruido en la zona en donde se desarrolla el proyecto Hidroeléctrico Ituango, se ha realizado en diferentes sitios y periodos, tendiendo a atender las exigencias del Ministerio de Ambiente para la adquisición de la Licencia Ambiental y sus respectivas modificaciones.

3.2.8.7.1 Monitoreos objeto de adquisición de licencia ambiental

Los monitoreos de ruido ambiental se realizaron los días 10 y 12 de febrero de 2007 (días ordinarios) y el 11 de febrero de 2007 (día domingo), los cuales se realizaron cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas en la Resolución 627 del 7 de abril de 2006, para ruido ambiental en los horarios diurno y nocturno.

Al seleccionar los puntos para la medición del ruido, se tuvo en cuenta aquellas zonas que podrán verse afectadas por la construcción del proyecto, bien sea directamente por la construcción de las obras, o por el paso de los vehículos. Con ese criterio se seleccionaron:

- Punto 1: Municipio San Andrés de Cuerquia, Hospital Gustavo González Ochoa: Este sitio, localizado en el Barrio El Recreo, es indicativo de las condiciones atmosféricas actuales (material particulado y ruido) sobre la vía principal de acceso a la cabecera municipal de San Andrés de Cuerquia. Aunque en la actualidad esta vía es paso obligado para dirigirse a la zona del proyecto, se tiene prevista la construcción de una variante para evitar el ingreso del tráfico al casco urbano del municipio. En todo caso es un punto de referencia necesario para comparar la situación actual con la que se origine durante la construcción del proyecto.
- Punto 2: Corregimiento El Valle, Centro Educativo Rural CER. El Valle: Este sitio es indicativo de las condiciones atmosféricas actuales (material particulado y ruido) sobre la vía principal de acceso al Corregimiento de El Valle. Esta vía es el único acceso al corregimiento y será paso obligado para dirigirse a la zona del proyecto, por lo tanto será un corredor que deberá soportar el tráfico desde y hacia el proyecto. Este sitio es un punto de referencia necesario para comparar la situación actual con la que se origine durante la construcción del proyecto.
- Punto 3: Municipio de Toledo, Parqueadero Mingo: El lugar es indicativo de las condiciones atmosféricas actuales (material particulado y ruido) en la cabecera del municipio de Toledo. Esta vía es el único acceso al municipio y será paso obligado para dirigirse a la zona del proyecto, por lo tanto este corredor soportará el tráfico

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

desde y hacia el proyecto. Este sitio es un punto de referencia necesario para comparar la situación actual con la que se origine durante la construcción del proyecto.

- Punto 4: Sector El Mote, Escuela Rural El Mote – Ituango: Este sitio es indicativo de las condiciones atmosféricas rurales (material particulado y ruido) del área adyacente a la futura zona de obras del proyecto. Este paraje es un punto de referencia necesario para comparar la situación actual con la que se origine durante la construcción del proyecto.

Además de las condiciones descritas, ninguno de los sitios seleccionados para el muestreo, se encuentran sometidos a la influencia de fuentes de área o de otros generadores de ruido.

- Objetivos
 - Cuantificar los niveles de presión sonora (Leq) emitidos en su entorno para determinar la Línea Base de Ruido Ambiental, antes de iniciar el proyecto Hidroeléctrico Ituango.
 - Efectuar el diagnóstico de las emisiones por ruido ambiental generadas en cada punto a evaluar, a partir de la cuantificación del LAeq, 1h, antes de la ejecución del proyecto, bajo condiciones normales de funcionamiento.
 - Identificar y cuantificar las fuentes externas que emiten ruido y no tienen relación con las actividades propias del proyecto.
 - Establecer la magnitud del ruido ambiental y proceder a su comparación con lo establecido tanto para el horario diurno como para el nocturno por la legislación vigente de nuestro país (Resolución 0627 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).
- Definición de conceptos generales
 - Sonido: Fenómeno mecánico de carácter ondulatorio que se origina al oscilar las partículas de un cuerpo físico, que se propaga en un medio elástico (agua, aire, sólidos) y que es capaz de producir una sensación auditiva.
 - Ruido ambiental: Son los generados por las máquinas o actividades del hombre dentro y fuera de su trabajo.
 - Decibel (A): Nivel de presión sonora en decibelios medidos con escala de ponderación A, la cual se considera como la más parecida a la respuesta del oído humano.
 - LEQ / Leq: Nivel de presión sonora continuo equivalente, el cual tendría la misma energía sonora total que el ruido real fluctuante evaluado en el mismo período de tiempo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Emisión de Ruido: Es la presión sonora que, generada en cualquier condición, trasciende al medio ambiente o al espacio público.
- Norma de emisión de ruido: Es el valor máximo permisible de presión sonora, definido para una fuente, por la autoridad ambiental competente, con el objeto de cumplir la norma de ruido ambiental.
- Norma de ruido ambiental: Es el valor establecido por la autoridad ambiental competente, para mantener un nivel permisible de presión sonora, según las condiciones y características de uso del sector, de manera tal que proteja la salud y el bienestar de la población expuesta, dentro de un margen de seguridad aceptable.
- L90: Es el nivel sonoro en dBA que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación. $L90=L50-1,28s$ (dBA)
- Ruido de Fondo: Ruido total de todas las fuentes de interferencia en un sistema utilizado para producción, medida o registro de una señal, independiente de la presencia de la señal. Incluye ruido eléctrico de los equipos de medida.
- Ruido específico: Es el ruido procedente de cualquier fuente sometida a investigación. Dicho ruido es un componente del ruido ambiental y puede ser identificado y asociado con el foco generador de molestias.
- Ruido continuo: Es aquel que no tiene cambios rápidos y repentinos de Nivel de Presión Sonora (NPS) durante el período de observación (más o menos 2 dB).
- Ruido residual: Ruido total cuando los ruidos específicos en consideración son suspendidos. El ruido residual es el ruido ambiental sin ruido específico. No debe confundirse con el ruido de fondo.
- Sonómetro: Es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.
- Valor límite permisible (VLP): Estos valores han sido especificados por el gobierno Colombiano, a través de la Resolución 0627 del 07 de abril de 2006, expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el capítulo III, cuyos valores se presentan en la Tabla 3.2.8.41

La misma Resolución establece que en los sectores y/o subsectores en que los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son superados a causa de fuentes de emisión naturales, sin que exista intervención del hombre, los estándares máximos permisibles de ruido ambiental son los niveles de ruidos naturales, como es el caso de cascadas, sonidos de animales en zonas de parques naturales.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.41 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(a)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

• Información general de los puntos

En la Tabla 3.2.8.42, se presentan los puntos monitoreados y las condiciones ambientales predominantes en ellos.

Tabla 3.2.8.42 Caracterización de los puntos monitoreados

Sitios	1		2	
	10 de febrero	11 de febrero	10 de febrero	11 de febrero
Fecha	10 de febrero	11 de febrero	10 de febrero	11 de febrero
Día	Ordinario	Dominical	Ordinario	Dominical
Horario	Día / noche	Día / noche	Día / noche	Día / noche
Hora inicio	17:35	5:45	15:50	5:25
Hora final	22:03	8:17	22:14	8:05
Fuente(s) generadora(s) de ruido	Actividades del Hospital Gustavo González Ochoa; vecinos, vehículos en tránsito hacia Ituango y ambulancia del hospital , animales domésticos (perros, gallos) y silvestres (aves, grillos y chicharras)		Actividades del Hospital Gustavo González Ochoa; vecinos, vehículos en tránsito hacia Ituango y ambulancia del hospital , animales domésticos (perros, gallos) y silvestres (aves, grillos y anfibios)	
Naturaleza y estado del terreno entre el sonómetro y la fuente de ruido	Inclinado al N; en parte baja carretera a Ituango e institución educativa. Al O inclinado, en la parte alta zona urbana de San Andrés de Cuerquia. Al S plano, Hospital y fuente de agua. Al E inclinado, viviendas.		Inclinado al E; en parte baja carretera a Ituango y el Río San Andrés. Al N inclinado al caserío del Corregimiento del Valle. Al S, en la parte alta, el C.E.R. El Valle. Al O, en la parte alta de la montaña, viviendas.	
Altitud (msnm)	1.431		517	
Presión barométrica local (mm Hg)	643,8		715,01	
Temperatura ambiente (°C)	10 de febrero	11 de febrero	10 de febrero	11 de febrero
Día	21,3 - 22,5	16,2 - 17,7	33,0 - 33,7	20,3 - 24,3
Noche	19,3 - 19,6	15,7 - 16,0	24,9 - 27,4	20,5 - 22,8
Velocidad viento (m/s)				
Día	1,33 - 2,58	<0,5, calma	0,42 - 1,8	0,46 y 0,79
Noche	< 0,5	0,7- 1,42	0,62 - 1,10	0,60 - 1,26
Dirección del viento				
Día	NE-SO	N-S	variable, predomina SE-NO	S-N, O-E, S-N, SSE-NNO, NNE-SSO
Noche	predomina calma	E-O y S-N	O-E	O-E y SO- NE
Humedad relativa (%)				
Día	58 - 68	76 - 79	38 - 48	70 - 80
Noche	74 - 81	74 - 76	69 - 73	78 - 82
SITIOS	3		4	

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Sitios	1		2	
	Fecha	11 de febrero	12 de febrero	11 de febrero
Día	Dominical	Ordinario	Dominical	Ordinario
Horario	Día / noche	Día / noche	Día / noche	Día / noche
Hora inicio	12:27	5:20	15:50	6:00
Hora final	22:05	8:05	22:03	8:07
Fuente(s) generadora(s) de ruido	Actividades comerciales, laborales y religiosas de los pobladores del Municipio de Toledo, Vehículos que transitan por la Cra 8 y Calle 11, de los animales domésticos (Gallos, perros, caballos) y de la naturaleza (aves e insectos).		Vehículos que transitan por la carretera vía a Ituango, sonidos de la naturaleza (varias especies de aves, insectos, anfibios, entre otra fauna que habitan en esta zona de vida) y sonido quebrada la Mota.	
Naturaleza y estado del terreno entre el sonómetro y la fuente de ruido	Terreno plano con dirección O a la carrera 8 e inclinado al parque principal del Municipio de Toledo. Al S es plano con viviendas. Al N y E el terreno es de alta pendiente, potreros.		Terreno quebrado en todas direcciones. Al N Quebrada Mote y carretera al Valle. Al O y S carretera El Valle – Ituango. Al E Escuela Rural El Mote.	
Altitud (msnm)	1.810		789	
Presión barométrica local (mm Hg)	618,49		693,42	
Temperat ambiente (°C)	11 de febrero	12 de febrero	11 de febrero	12 de febrero
Día	24,5 - 28,8	15,5 - 21,8	27,1 - 28,2	21,2 - 23,3
Noche	15,8 - 17,7	14,7 - 16,0	23,0 - 26,8	19,0 - 19,2
Velocidad viento (m/s)				
Día	0,93 - 2,01	0,61 y 0,97	> 5,00, constante	<0,5,
Noche	0,83 - 2,29	<0,5 y 0,60	Ocasional 1,75	predomina calma
Dirección del viento				
Día	Constante E-O, NE-SO y NNE-SSO	NE-SO y N-S	S-N	predomina calma
Noche	S-N, SSO-NNE Y SO-NE	predomina S-N y calma	S-N y calma	predomina calma
Humedad relativa (%)				
Día	32 - 44	76- 86	47- 58	70 - 79
Noche	88 - 92	89- 92	68 - 79	80 - 84

Fuente: Consorcio Generación Ituango

NOTA 1. Es importante anotar que tanto la dirección como la velocidad del viento presentaron variabilidad en los diferentes puntos evaluados, lo que se debe a las condiciones específicas de cada punto de medición, influenciadas por las características topográficas de montaña de la zona de estudio. NOTA 2. Variabilidad del ruido: En los puntos 2 y 4 el ruido continuo es el presentado por las fuentes de aguas superficiales Río San Andrés y Quebrada La Mota (Ruidos de la naturaleza). En todos los cuatro puntos el ruido es discontinuo generado por las actividades comerciales,

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

instituciones educativas, religiosas, entre otras, de las actividades de los pobladores, de los generados por el flujo vehicular que es muy bajo (ruido del motor, pitos, frenos de aire, alarmas, etc), de los animales domésticos (caninos, aves de corral, bovinos y equinos) y de la naturaleza (Aves silvestres, insectos como grillos y chicharras anfibios).
NOTA 3. Connotación del ruido: En este estudio se evaluó como ruido ambiental el proveniente de las actividades antrópicas del área de influencia de las zonas evaluadas correspondientes al flujo vehicular y de las provenientes de las actividades de los pobladores del sector, según su desarrollo urbanístico y social, pero es lógico que se encuentre aumentado por el ruido de las fuentes naturales.

3.2.8.7.2 Metodología

- Equipos

A continuación se describen los instrumentos utilizados para la evaluación ambiental de ruido así como su estado de calibración.

En la medición de ruido se utilizaron sonómetros marca QUEST TECHNOLOGIES, para medición de ruido ambiental, Modelos 2900, con certificado de calibración de la casa fabricante del 24 de enero de 2006 y 16 de junio de 2006; verificados con pistófono QC-10 calibrado el 16 de junio de 2006 cuyas principales características son:

- ◆ Capacidad de medición: rango inferior 20 dB rango superior 140Db
- ◆ Seis (6) techos de medición: 20 dB -140 dB.
- ◆ Micrófono QE 7052 1/2, serie 20163 y serial 12784 con pantalla contra viento.
- ◆ Cumple con normas internacionales: ANSI S1.4-1983 SLM TIPO 1, IEC 651-1979 SLM TIPO 1, IEC 804-1985 SLM TIPO 1, ANSI S1.11-1986 OBF y EN61260-1995.
- ◆ Frecuencia de análisis: ponderaciones A, C y lineal.
- ◆ Funciones: SPL, SPL max, SPL min, L eq, L90, entre otros.
- ◆ Ponderaciones de tiempo: rápido, lento, impulso y pico
- ◆ Filtro de octavas: adaptable.
- ◆ Verificador de calibración de los sonómetros (pistófono), marca QUEST, modelo QC-10, serie QID050022, con una intensidad sonora de 114 dB a una frecuencia de 1000 Hz, adicionalmente cumple con normas internacionales: ANSI S1.40-1984 CALBRATORS y IEC 942-1988 CALBRATORS.

Para la medición de la velocidad del viento, se utilizó Anemómetro digital marca EXTECH Instruments, modelo 451126, serial No G034374, y para verificar la dirección del viento se utiliza veleta libre en tela.

Para medición de la Temperatura y Humedad relativa se utilizó el Termo Higrómetro análogo digital, modelo DT-3 y serial NR: THG-050.

Para medir presión barométrica se utilizó reloj marca CASSIO con brújula incorporada, referencia PRO TREK, verificado con barómetro ubicado en el aeropuerto Olaya Herrera de la Ciudad de Medellín.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Para la Georreferenciación de cada uno de los puntos se utilizó un GPS marca GARMIN.

- Procedimientos de medición

Los cuatro puntos definidos para el estudio de ruido ambiental se evaluaron al exterior del hospital (Punto 1), de un parqueadero de vehículos (Punto3) y al exterior de instituciones educativas (Punto 2 y 4), en áreas abiertas y distantes a paramentos; adicionalmente se tuvo en cuenta lo establecido en la norma (Resolución 0627 de 2006) para cumplir con las mediciones en los horarios diurno y nocturno.

Se tuvo presente ubicar los equipos distantes de barreras horizontales y verticales, con el ánimo de evitar reverberancia y por consiguiente aumento del ruido objeto de estudio. La localización de los puntos se presenta en la Tabla 3.2.8.43.

Tabla 3.2.8.43 Localización de los puntos de monitoreo

Punto	Elevación (msnm)	Coordenadas		Precisión (m)
		X	Y	
Punto 1	1431	823956	1256878	10 m
Punto 2	517	0823932	1271506	6 m
Punto 3	1810	0822079	1267207	7 m
Punto 4	779	0819164	1277039	10 m

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Se efectuaron mediciones de una hora por punto, tanto para el horario diurno como para el nocturno. Las mediciones se efectuaron en dos días en semana (sábado 10 y lunes 12 de febrero de 2007) y un día domingo (domingo 11 de febrero de 2007), para los horarios diurno y nocturno.

- Otras actividades desarrolladas simultáneamente con la tarea de mediciones:

Toma de datos de las condiciones meteorológicas durante el desarrollo de las mediciones (Temperatura, Humedad Relativa, Presión Barométrica, Velocidad y dirección del viento, entre otras observaciones climáticas).

El aforo vehicular se efectuó en las vías existentes, perimetrales a los puntos de monitoreo (carretera destapada San Andrés de Cuerquia – El Valle – Ituango) y en la carrera 8 con calle 11, municipio Toledo.

- Procedimiento de medición para Ruido Ambiental

Los puntos definidos evaluados para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se encuentran clasificados así: Punto 1 y Punto 3- Sector A Tranquilidad y Silencio; Punto 2 y Punto 4 - Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado. El procedimiento aplicado para la medición del ruido ambiental se realizó instalando el micrófono a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir de la superficie del suelo.

Cada medición se efectuó durante una hora en cada punto, según se estipula en el Artículo 5 de la Resolución 627/2006. Se realizaron cinco (5) mediciones parciales

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

distribuidas en tiempos iguales, variando la orientación del micrófono en cada medición, así: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical (hacia arriba). El resultado de la medición se obtuvo mediante la siguiente expresión.

$$LA_{eq} = 10 \cdot \log \left(\left(\frac{1}{5} \right) + \left(\frac{LN/10}{10} \right) + \left(\frac{LO/10}{10} \right) + \left(\frac{LS/10}{10} \right) + \left(\frac{LE/10}{10} \right) + \left(\frac{LV/10}{10} \right) \right)$$

$$LA_{eq} = 10 \cdot \log (1/5) + 10$$

Donde:

- LAeq = Nivel equivalente resultante de la medición.
- LN = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte
- LO = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste
- LS = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur
- LE = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este
- LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

La altura y distancia horizontal de las mediciones se presentan en la Tabla 3.2.8.44, con el fin de permitir la repetibilidad de los mismos puntos en futuros estudios.

Tabla 3.2.8.44 Ubicación de los Puntos de Monitoreo

Nombre del Punto	Distancia y dirección del sonómetro hasta la primera barrera (m)			
	Norte	Este	Sur	Oeste
Punto 1: Municipio San Andrés de Cuerquia, en el Hospital Gustavo González Ochoa.	3,7	43,8	8,00	56,4
Punto 2: Corregimiento El Valle, en el Centro Educativo Rural C.E.R. El Valle	NB	NB	15,0	45,0
Punto 3: Municipio de Toledo, en el Parquadero Mingo	NB	NB	NB	15,6
Punto 4: Sector El Mote, Escuela Rural El Mote - Ituango	6,20	7,20	6,8	1,00

Fuente: Consorcio Generación Ituango

NB: No existen barrera en esta dirección del sonómetro; NOTA: Las distancias verticales son de 4 metros en todos los puntos evaluados.

Para la medición del ruido ambiental y con el fin de prevenir posibles errores de medición, se adoptaron las siguientes medidas:

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Los micrófonos de los sonómetros, instalados sobre un trípode adecuado para su montaje, se protegieron con la pantalla antiviento.
- Se midió la velocidad del viento, la cual no superó los 3 m/s durante los monitoreos en los puntos 1, 2 y 3; el punto 4, el día 11 de febrero presentó velocidades superiores a los 5 m/s, lo que obligó a utilizar la pantalla contraviento requerida cuando se presentan estas velocidades. En términos generales el comportamiento de los vientos es variable, presentándose para el horario diurno vientos constantes de dirección y velocidad cambiantes, en tanto que para el horario nocturno predominó la ausencia de vientos y vientos ocasionales con velocidades menores a 3 m/s.
- Antes de efectuar las mediciones, se realizó la verificación de calibración de los respectivos sonómetros, de acuerdo con las instrucciones del fabricante utilizando el pistófono. Este procedimiento se realizó antes y después de efectuar las mediciones.
- Las mediciones de los niveles equivalentes de presión sonora ponderados A, - LAeq,T, se efectuaron en escala A, respuesta lenta, en tiempo seco, sin presencia de lluvia, o lloviznas. De igual forma, durante los monitoreos de ruido, se verificó que los pavimentos y vías estuvieran secos y siempre se integró el ruido con velocidades del viento por debajo de 3 m/s.

3.2.8.7.3 Resultados

Para efectos del estudio y cumplimiento de la norma, se realizaron dos mediciones: una en días entre semana (sábado 10 y lunes 12 de febrero de 2007); y la otra, un día domingo (11 de febrero de 2007).

- Descripción de la ubicación espacial de los puntos donde se evaluó el ruido:
 - Punto 1

En el municipio de San Andrés de Cuerquia, en el Hospital Gustavo González Ochoa, zona urbana. El sonómetro se ubicó en la parte frontal de la vía de circulación, entre la malla y la fuente de agua artificial (pileta). En su perímetro predomina el sector residencial e instituciones educativas; en la parte baja pasa la vía a Ituango, que se encuentra destapada; las mediciones se efectuaron en el parqueadero del hospital.

- Punto 2

En el corregimiento de El Valle, Centro Educativo Rural C.E.R. El Valle; la ubicación del sonómetro fue en la parte intermedia entre la escuela y la carretera destapada San Andrés de Cuerquia – Ituango, terreno con una topografía pendiente; se presentan actividades agrícolas y habitacionales, en la parte baja pasa el Río San Andrés.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Punto 3

En el municipio de Toledo, parqueadero Mingo, zona urbana. El sonómetro se ubicó en el interior del parqueadero, a dos cuadras del hospital Pedro Clavel Aguirre. Las actividades predominantes son la residencial y la educativa, con influencia mínima de la actividad comercial. El sitio está localizado en la carrera 8 con la calle 11, en dirección al parque principal, y ambas vías se encuentran pavimentadas.

- Punto 4

Escuela Rural de Mote, sector El Mote – Municipio de Ituango. El sonómetro se ubicó en el exterior de la escuela (patio de ingreso principal); este sector queda dentro del cañón del Río Cauca, a unos 8,2 kilómetros del puente de Pescadero, sobre la carretera que conduce al municipio de Ituango.

• Resultados encontrados

De la Tabla 3.2.8.45, hasta Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.48, se presentan los resultados del monitoreo de ruido, diurno y nocturno en al cuatro puntos.

Tabla 3.2.8.45 Ponderación mediciones ruido ambiental horario diurno en semana

Punto	Valor Ponderado Nivel de Ruido Total LAeq dBA,1h	Valor Ponderado L90 dBA,1h	Valor Norma Sector A y D - Zonas de Tranquilidad, Ruido Moderado, Área Sub-urbana y Rural en dBA ART. 17 R, 627 07/Abril/2006 dB A
Punto 1	59,65	51,73	55
Punto 2	50,75	47,14	55
Punto 3	48,06	39,80	65
Punto 4	56,70	50,97	55

Tabla 3.2.8.46 Ponderación mediciones ruido ambiental horario diurno en domingo

Punto	Valor Ponderado Nivel de Ruido Total LAeq dBA,1h	Valor Ponderado L90 dBA,1h	Valor Norma Sector A y D - Zonas de Tranquilidad, Ruido Moderado, Área Sub-urbana y Rural en dBA ART. 17 R, 627 07/Abril/2006 dB A
Punto 1	50,41	48,68	55
Punto 2	52,14	50,12	55
Punto 3	44,74	38,50	65
Punto 4	60,15	45,59	55

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.47 Ponderación mediciones ruido ambiental horario nocturno en semana

Punto	Valor Ponderado Nivel de Ruido Total LAeq dBA,1h	Valor Ponderado L90 dBA,1h	Valor Norma Sector A, B y D - Zonas de Tranquilidad y Silencio, Ruido Moderado, Sub-urbana y Rural en dBA ART. 17 R, 627 07/Abril/2006 dB A
Punto 1	50,06	48,43	45
Punto 2	51,67	50,52	45
Punto 3	52,06	38,16	50
Punto 4	57,23	46,25	45

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.48 Ponderación mediciones ruido ambiental horario nocturno en domingo

Punto	Valor Ponderado Nivel de Ruido Total LAeq dBA,1h	Valor Ponderado L90 dBA,1h	Valor Norma Sector A y D - Zonas de Tranquilidad, Ruido Moderado, Área Sub-urbana y Rural en dBA ART. 17 R, 627 07/Abril/2006 dB A
Punto 1	52,61	48,90	45
Punto 2	53,58	49,61	45
Punto 3	60,67	44,50	50
Punto 4	50,27	48,49	45

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Punto 1 (horarios diurno y nocturno)

Con los resultados obtenidos se puede concluir que para el horario DIURNO, las mediciones efectuadas en semana (sábado 10 de febrero de 2007), cuyo valor fue de 59,65 dBA, sobrepasa el valor establecido por la norma de 55 dBA, en tanto que para el día domingo, 11 de febrero, el resultado encontrado (50,41 dBA), se encuentra por debajo del valor establecido en la norma, de 55 dBA.

Con respecto al horario NOCTURNO, la norma establece un valor de referencia de 45 dBA y todos los resultados sobrepasan lo estipulado por la Resolución 0627 de 2007.

- Punto 2 (horario diurno y nocturno)

Con los resultados para el “Centro Educativo Rural C.E.R. El Valle” se puede concluir que para el horario DIURNO, las mediciones efectuadas el sábado 10 y el domingo 11 de febrero de 2007, cuyos valores fueron de 50,75 y 52,14 dBA, respectivamente, están por debajo de lo establecido por la norma, de 55 dBA.

Con respecto al horario NOCTURNO, la norma establece un valor de referencia de 45 dBA observándose que tanto los resultados obtenidos el sábado 10 (51,67) como los del domingo 11 de febrero de 2007 (53,58 dBA), sobrepasan lo estipulado por la Resolución 0627 de 2007.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Punto 3 (horarios diurno y nocturno)

En el “Parqueadero Mingo – Municipio de Toledo” se puede concluir que para el horario DIURNO, las mediciones efectuadas el lunes 12 y el domingo 11 de febrero de 2007, cuyos valores fueron de 48,06 y 44,74 dBA respectivamente, están por debajo de lo establecido por la norma de 55 dBA.

Con respecto al horario NOCTURNO, los resultados encontrados de 52,06 y 60,67 dBA los días lunes 12 y domingo 11 de febrero de 2007, sobrepasan lo estipulado por la Resolución 0627 de 2007 (50 dBA).

No se percibió una influencia marcada por ruido proveniente de fuentes móviles, dadas las características del escaso tráfico.

- Punto 4 (horarios diurno y nocturno)

Para la “Escuela Mote, sector el Mote del Municipio de Ituango” se puede concluir que en el horario DIURNO, las mediciones efectuadas el domingo 11 y el lunes 12 de febrero de 2007, cuyos valores fueron de 56,70 y 60,15 dBA respectivamente, están por encima de lo establecido por la norma (55 dBA).

Con respecto al horario NOCTURNO, la norma establece un valor de referencia de 45 dBA y tanto los resultados encontrados de 57,23 y 50,27 dBA los días lunes 12 y domingo 11 de febrero de 2007 respectivamente, sobrepasan lo estipulado por la Resolución 0627 de 2007 (45 dBA).

El flujo vehicular sobre la vía San Andrés de Cuerquia a Ituango (carretera sin pavimentar), carrera 8 y calle 11 del municipio de Toledo, fue reducido durante las mediciones de ruido ambiental, por lo tanto se puede afirmar que la incidencia de las fuentes móviles sobre los resultados obtenidos es mínima. Sin embargo, se observó un gran aporte proveniente de ruidos generados por las actividades comerciales, las actividades de los pobladores y de ruido generado por la naturaleza principalmente (grillos, chicharras, perros, movimiento del follaje por el viento, pájaros y algunas aves de corral).

Como complemento a los anteriores resultados, y para dar un cubrimiento de análisis a la zona de influencia de la vía Puerto Valdivia-Presa se efectuó el monitoreo de ruido ambiental el día sábado 26 de septiembre de 2009 (día en semana) y el día 27 de septiembre (domingo), este se realizó normalmente con el aporte ruido del sector en el horario diurno y nocturno. Los datos correspondientes a este muestreo son:

Tabla 3.2.8.49 Especificaciones de muestreo

Ubicación POT zona de medición	Zona Residencial
Fecha(s) de medición(s)	Septiembre 26 (sábado) y septiembre 27 (domingo) del 2009. Horario diurno y nocturno.
Procesos que funcionaron durante las mediciones	Proyecto no ha entrado en ejecución
Relación de las fuentes emisoras de ruido que	Flujo vehicular por la vía que dirige a la Costa Atlántica y a

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Ubicación POT zona de medición	Zona Residencial
funcionaron durante el estudio reportadas por la empresa	Medellín.
Ubicación del origen del ruido:	Flujo vehicular por la vía que dirige a la Costa Atlántica y a Medellín.
Fuentes generadoras de ruido:	Fuentes móviles que transitan por la vía que dirige a la Costa Atlántica y a Medellín.
Variabilidad del ruido:	Ruido variable por alto flujo vehicular.
Connotación del ruido:	Todo lo externo al Proyecto Hidroeléctrico Pescadero – Ituango, incluye el movimiento de vehículos que circulan por la vía que dirige a la Costa Atlántica y a Medellín.
Rango Temperatura ambiente:	Sábado 26 de Septiembre: entre 26,1– 29 °C Domingo 27 de Septiembre: entre 24,7 – 31,6 °C
Rango Dirección y velocidad del viento:	Dirección predominante Norte - Sur Velocidades inferiores a 2.0m/s con vientos esporádicos.
Rango de presión barométrica:	Altura: 171 m.s.n.m. Presión Barométrica: 740,6 mmHg.
Rango % de humedad relativa:	Diurno: entre 70 % y 75 % Nocturno: entre 85 % y 87 %

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Para la determinación, ubicación del número de puntos y el procedimiento de medición, se aplicó la siguiente metodología trabajo: Previamente al monitorio de Ruido Ambiental se efectuó un recorrido por el corregimiento de Puerto Valdivia para determinar los puntos objeto de estudio, antes de iniciar las evaluaciones se verificó rápidamente los puntos que aportan mayor ruido, lo anterior permitió determinar y ubicar dos (2) puntos. Los puntos definidos fueron los siguientes: Punto 1: Salida al mar, Puente sobre el Cauca y Punto 2: Barrió El Alto, la georreferenciación de los puntos evaluados, se reporta seguidamente:

- Punto 1: M.S.N.M. 168 Y: 1297754 X: 854999
- Punto 2: M.S.N.M. 171 Y: 1297726 X: 854959

Cada medición se efectuó en 30 minutos por cada punto, según se estipula en el Artículo 5 de la resolución 627/2006, se realizaron cinco (5) mediciones parciales distribuidas en tiempos iguales, la posición del micrófono en cada medición fue orientada así: Norte, Sur, Este, Oeste y Vertical hacia arriba.

Para efectos del estudio y cumplimiento de la norma, las mediciones se realizaron el sábado 27 de septiembre para el horario diurno entre las 18:40 y las 20:20 y nocturno entre las 22:45 y las 23:50; el domingo 27 de septiembre para el horario diurno entre las 07:30 y las 08:40 y nocturno entre las 05:15 y las 06:50

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Durante los muestreos no se percibieron ruidos por impulso o impactos, no hubo aumentos considerables de nivel de presión sonora por espacio de tiempo de 35 msec y los impactos entre uno y otro fueron inferiores a un (1) seg. Por lo tanto KI toma un valor de 0.

KT se ajustó por tono.

KR no se ajustó, pues las mediciones se efectuaron solo para el horario diurno .

No se presentaron bajas frecuencias por equipos que las generen, por lo tanto KS no se ajustó.

Resultados de los niveles de Ruido Ambiental, sábado 26 y domingo 27 de septiembre de 2009 horario diurno. Corregidos por KT ajuste por tonos. Ver Tabla 3.2.8.50 y Tabla 3.2.8.42.

Tabla 3.2.8.50 Resultados de los niveles de Ruido Ambiental

PUNTO	Valor Ponderado Nivel de Ruido Total Corregido LAeq TdBA,15min	Valor Ponderado Ruido Residual Corregido LAReq dBA,15min	Aporte de Ruido LAeq dBA,15min	Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado Zonas residenciales ART. 17 R. 627 07/Abril/2006 dB A
PUNTO 1	68,70	69,70	Ver nota	65,0
PUNTO 2	66,20	64,60	61,09	65,0

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.51 Niveles de presión sonora continuo equivalentes corregidos por KR en dBA. Horario Nocturno

Nivel equivalente total			Nivel equivalente residual		
LAeq,T dBA	Ajuste en dBA	Leq CORREGIDO dBA	LReq,T dBA	Ajuste en dBA	Leq CORREGIDO dBA
59,7	10,0	69,7	54,3	10,0	64,3
57,3	10,0	67,3	52,9	10,0	62,9

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.2.8.7.4 Aforo vehicular

A continuación se presentan los resultados aforo vehicular mediciones de Ruido Ambiental, Sábado 26 y Domingo 27 de 2009 horario diurno. Ver Tabla 3.2.8.52 a Tabla 3.2.8.55.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.8.52 Aforo horario diurno septiembre 26 de 2009 - puerto Valdivia entre las 18:40 y las 20:20

Puntos	Vehículos/1h			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Salida al mar, puente sobre el Cauca	28	12	25	65
Barrio el Alto	20	12	22	54
Total vehículos/1h	48	24	47	119

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.53 Aforo Horario Diurno Septiembre 27 De 2009 - Puerto Valdivia Entre Las 07:30 Y Las 08:40

Puntos	Vehículos/1H			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Salida al mar, puente sobre el Cauca	26	26	45	97
Barrio el Alto	22	19	39	80
Total vehículos/1h	48	45	84	177

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.54 Aforo horario nocturno septiembre 26 de 2009 - puerto Valdivia entre las 22:45 y las 23:50

Puntos	Vehículos/30min			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Salida al mar, puente sobre el Cauca	31	1	0	32
Barrio el Alto	34	12	10	56
Total vehículos/30MIN	65	13	10	88

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.55 Aforo horario nocturno septiembre 27 de 2009 - puerto Valdivia entre las 05:15 y las 06:50

Puntos	Vehículos			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Salida al mar, puente sobre el Cauca	22	7	7	36
Barrio el Alto	32	9	11	52
Total vehículos	54	16	18	88

Fuente: Consorcio Generación Ituango

En el corregimiento Puerto Valdivia, para el horario diurno el punto 1 se encuentra por encima del límite establecido por la norma y el punto 2 se encuentra en el umbral de la misma (Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, 65dBA), significa esto, que las condiciones actuales de ruido en el sector antes de entrar en operación este proyecto están incumplimiento con la norma. Para el horario nocturno se encuentra que tanto el

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

punto 1 como el punto 2 sobrepasan el límite establecido por la norma (Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, 50dBA)

La tendencia al incumplimiento de la norma en los dos puntos evaluados en la zona de influencia, se atribuye principalmente al flujo vehicular que transita por la vía Medellín – Costa Atlántica – Medellín, en especial al alto tránsito de vehículos pesados como mulas, buses entre otros.

Como conclusión general, se tiene que los niveles de ruido ambiental estudiados para la línea base en esta vía, incumplen lo estipulado en la norma.

3.2.8.7.5 Otros puntos de medición objeto de modificación de licencia

En el transcurso de la construcción del proyecto, han surgido necesidades propias del proceso, lo cual ha dado lugar a requerir permisos adicionales, lo que generan modificaciones de licencia como es el caso de la planta de trituración localizada en el corregimiento de El Valle de Toledo y la construcción de la vía Puerto Valdivia –Presa.

- Monitoreo Escuela del Corregimiento del Valle (municipio de Toledo)

En el levantamiento de línea base de calidad del aire realizado en la escuela del corregimiento de El Valle, se obtuvo que, las concentraciones de material particulado menor a 10 micras, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno, Ozono y Monóxido de Carbono se encuentran por debajo de los parámetros de referencia y/o niveles permisibles por la legislación ambiental vigente”.

En cuanto a ruido, el Corregimiento El Valle presentaba diversas fuentes de emisión que alteran los niveles de presión sonora principalmente influenciados por el flujo vehicular, las nuevas construcciones y remodelaciones y a la dinámica comercial. Entre el 06 y el 17 de Febrero de 2010, en cumplimiento al Plan de Monitoreo y Seguimiento, se realizaron las mediciones de ruido ambiental, las cuales no sobrepasan la norma que en este caso es de 65 dB(A) para horario diurno.

Para esta nuevos requerimientos, se realizaron monitoreos en los dos tiempos de la trituradora (funcionando y apagada). Además de criterios de localización y situaciones como: la excavadora a 5m Del punto monitoreo (en desplazamiento) flujo vehículos pesado, planta en funcionamiento, ruido de agua a presión y maquinaria en funcionamiento, caída de agua desde tambor de lavado, excavadora en desplazamiento a 10 metros, maquinaria en funcionamiento, molino, excavadora punto a 6 metros, vía ingreso planta con pendiente pronunciada carga de material, tambor de lavado, excavadora en funcionamiento, descarga de material a molino, alarma planta argos, maquina tapadora en funcionamiento a 10m., cargando material a mixer planta Argos, caída de material al piso, cargado de mixer a plantas de Argos, maquinas tapadoras a 5 metros. En operación, carga de material a molino, planta detenida hora del almuerzo, moto bomba planta Argos, canto de pájaros, ruido natural, río San Andrés.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Planta trituradoras en el corregimiento de El Valle: Este sitio es uno de los puntos generadores de ruido en la zona de influencia del proyecto y sitio de solicitud de emisiones por ubicación de plantas de trituración que serán utilizadas para el proyecto.

Esta medición se realizó el 2 de diciembre de 2010, en horario diurno, con los siguientes equipos:

- Equipo Sound Pro Quest, Serie BIH050010
- Verificación Calibración antes de medición 114.0 dB Frecuencia: 1000Hz
- Verificación Calibración antes de medición 114.0 dB Frecuencia: 1000Hz

Planta encendida: Los resultados de las mediciones con la planta funcionando se muestran en la Tabla 3.2.8.56y las condiciones meteorológicas en la Tabla 3.2.8.57.

Tabla 3.2.8.56 resultados de las mediciones con la planta funcionando

MEDICION No	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO Tenmin	Leq dBA	Lmax dBA
1	06:00:00	06:15:00	15	71.9	74.8
10	08:30:00	08:45:00	15	73.6	75.6
13	09:00:00	09:15:00	15	71.8	74.9
16	10:00:00	10:15:00	15	70.5	73.7
19	10:30:00	10:45:00	15	69	74.1
LAeq1h				71.49	

Tabla 3.2.8.57 condiciones meteorológicas

MED-DIST No._____	HORA MEDICIÓN	VELm/s VIENTO	DIRECC. VIENTO	H.R%	TEMP.°C	P.B.mmHg
1	06:10:00	0.69	S-N	77	22.5	715.01
7	08:10:00	1.16	N-S	78	23.1	718.82
10	08:40:00	0.96	N-S	79	23	718.82
13	09:10:00	0.58	N-S	62	26.7	718.82
16	10:10:00	1.45	N-S	50	25.7	718.82
19	10:40:00	1.72	N-S	35	27.4	718.82

- Punto zona rural de El Valle (municipio de Toledo)

Durante las mediciones en este punto se identificaron niveles de ruido típicos de la zona rural, emitidos por animales domésticos y silvestres (Gallos, grillos, etc.), actividades propias de las personas de la zona (escuchar música, cortadora de madera, suave flujo de vehículos, conversaciones de la personas, corta hierro, etc.). En la Tabla 3.2.8.58se evidencian los resultados.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO
Tabla 3.2.8.58 Resultados de las mediciones con la planta funcionando

MEDICION No	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO Tenmin	Leq dBA
3	06:30:00a.m.	06:45:00a.m.	15	60.7
12	09:30:00a.m.	09:45:00a.m.	15	57.1
27	02:15:00p.m.	02:30:00p.m.	15	53.7
29	11:15:00a.m.	11:30:00a.m.	15	56.6
30	03:15:00p.m.	03:30:00p.m.	15	57.4
LAeq1h				57.39

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Planta apagada: esta medición se realizó solo en el sitio de localización de la planta

Durante la medición de este punto la planta estuvo apagada y se evidenciaron volquetas en movimiento, helicópteros, grúas en operación, plantas eléctricas o de ACPM en funcionamiento, cementara Argos, camión mezclador Caterpillar Kc95, volqueta descargando material cerca a El Valle. Ver resultados en la Tabla 3.2.8.59 y las condiciones meteorológicas en la Tabla 3.2.8.60.

Tabla 3.2.8.59 Resultados sitio de localización planta de trituración apagada

MEDICION No	HORA INICIO	HORA FINAL	TIEMPO Ten min	Leq dBA	Lmax dBA
1	06:15:00	06:30:00 a.m.	15	58.6	70.7
10	09:15:00	09:30:00 a.m.	15	54.7	67.8
13	10:15:00	10:30:00 a.m.	15	53.0	57.6
16	11:15:00	11:30:00 a.m.	15	52.1	61.7
19	12:15:00	12:30:00 p.m.	15	51.1	66.8
LAeq 1h				47.48	

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.60 condiciones meteorológicas

MED-DIST. No._____	HORA MEDICIÓN	VELm/s VIENTO	DIRECC. VIENTO	H. R %	TEMP. °C	P. B. mmHg
1	06:25:00	---	---	66	22.8	718.82
10	09:25:00	0.99	W-E	48	28.4	718.82
13	10:25:00	1.4	N-S	30	30.1	718.82
16	11:25:00	2.03	E-W	40	28.3	718.82
19	12:25:00	0.84	N-S	34	30	718.82

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En el corregimiento de El Valle (municipio de Toledo), se puede evidenciar que aunque las plantas trituradoras estén apagadas, los niveles de ruido están por encima de la Norma establecida para los sectores A, B y D- Zonas de Tranquilidad y Silencio, Ruido Moderado, sub – urbana y Rural en dBA, ART, 17 de la Resolución 627 del 07 de abril de 2006.

- **Monitoreo en Vereda Guriman de Briceño**

Para efecto del estudio y cumplimiento de la norma, las mediciones se realizaron los días 29 y 30 de mayo de 2011, tanto para el horario diurno como para el nocturno, en dos puntos localizados en la Vereda Guriman, municipio de Briceño, cerca a la zona que va a ser utilizada para campamentos de contratistas en uno de los frentes de trabajo de apertura de la vía Puerto Valdivia-Presa, el estudio completo se puede ver en el ANEXO 3.2.8.2- D-PHI-EIA-CA-LB

- **Resultados de los niveles de ruido ambiental**

Los puntos se ubicaron sobre la vía que lleva a la vereda Guriman del municipio de Briceño y que se percibiera el cañón sobre el río Cauca, tanto para el horario diurno como nocturno, allí se seleccionaron 2 puntos, los datos y cálculos de los recorridos durante el estudio de ruido ambiental en el horario diurno y nocturno.

Durante la integración de ruido se presentaron las siguientes observación a la postre fueron determinantes en los niveles de ruido.

Domingo 29 de mayo punto 1 horario nocturno entre 06:18 – 06:33.

Se presentaron aportes por el tránsito de personas, de una motocicleta cerca al punto de monitoreo, además a esto también se presentaron aportes por el canto de pájaros, persona cortando tronco de árbol con hacha e insectos.

Domingo 29 de mayo punto 1 horario diurno entre 07:12 – 07:27.

Se presentó aporte por el tránsito de personas cerca al punto de monitoreo, además a se presentaron aportes por canto de pájaros, grillos, persona cortando tronco de árbol con hacha, insectos y un perro ladrando.

Domingo 29 de mayo punto 2 horario nocturno entre 06:42 – 06:57.

Se presentó aporte por el tránsito de bus escalera, además a se presentaron aportes por canto de pájaros, paso de avión, música en tienda veredal (fonda el Relajo) a 400 metros aproximadamente y el constante ladrado de un perro.

Domingo 29 de mayo punto 2 horario nocturno entre 07:38 – 07:53.

Se presentó aporte por el canto de pájaros, música en tienda veredal (fonda el Relajo) a 400 metros aproximadamente y el constante ladrado de un perro.

- **Resumen ajustes k y niveles de presión sonora continuo equivalentes corregidos en dBA, ruido ambiental en vereda Guriman.**

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq,T, LAeq,T, Residual, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq,T, LRAeq,T, Residual y cuando de lugar nivel percentil L90, respectivamente.

- Ecuación para las correcciones de los parámetros de medida

$$LR A(X),T = LA(X),T + (KI, KT, KR, KS)$$

- Donde:

KI es un ajuste por impulsos (dB(A))

KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))

KR es un ajuste por la hora del día (dB(A)), la norma no exige este ajuste en el horario diurno

KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo bajas frecuencias (dB(A)).

(X) corresponde a cualquiera de los parámetros de medida (A, LAeq,T, LAeq,T, Residual y cuando de lugar el nivel percentil L90).

Los valores de ajuste K se pueden ver en la Tabla 3.2.8.61.

Tabla 3.2.8.61 Valores de ajustes K para estudio de ruido ambiental Vereda Guariman del Municipio de Briceño domingo 29 de mayo horarios diurno y nocturno

Ajuste a Aplicar					
K					
DOMINGO 29 DE MAYO DE 2011 - DIURNO					Ajuste Seleccionado
PUNTO N°	KR	KI	KT	KS	
PUNTO N°1	0	0	6	0	6
PUNTO N°2	0	0	6	0	6
DOMINGO 29 DE MAYO NOCTURNO					Ajuste Seleccionado
PUNTO N°	KR	KI	KT	KS	
PUNTO N°1	0	0	6	0	6
PUNTO N°2	0	0	6	0	6

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Resultados de los niveles de ruido ambiental en vereda Guariman del municipio de Briceño domingo 29 de mayo horarios diurno y nocturno corregidos por kt

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

ajuste por tonos. Ver Tabla 3.2.8.62 y Figura 3.2.8.40, para horario diurno, para horario nocturno Tabla 3.2.8.63 y Figura 3.2.8.41.

Tabla 3.2.8.62 Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario diurno en Vereda Guariman del Municipio de Briceño domingo 29 de mayo de 2011

HORA	PUNTO DOMINGO 29 DIURNO	Valor Ponderado Nivel de Ruido Corregido Domingo 29 diurno	Valor Norma Sector B - Tranquilidad y Ruido Moderado en dBA - Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Horario diurno
		LAeq dBA,15min	ART. 17 R. 627 07/Abril/2006 dB A
07:12 a 07:27	PUNTO N°1	49,1	65
07:38 a 07:53	PUNTO N°2	51,2	

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Tabla 3.2.8.63 Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario nocturno en Vereda Guariman del Municipio de Briceño domingo 29 de mayo de 2011.

HORA	PUNTO DOMINGO 29 NOCTURNO	Valor Ponderado Nivel de Ruido Corregido Domingo 29 Nocturno	Valor Norma Sector B - Tranquilidad y Ruido Moderado en dBA - Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Horario nocturno
		LAeq dBA,15min	ART. 17 R. 627 07/Abril/2006 dB A
06:18 a 06:33	PUNTO N°1	54,7	50
06:42 a 06:57	PUNTO N°2	52,1	

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

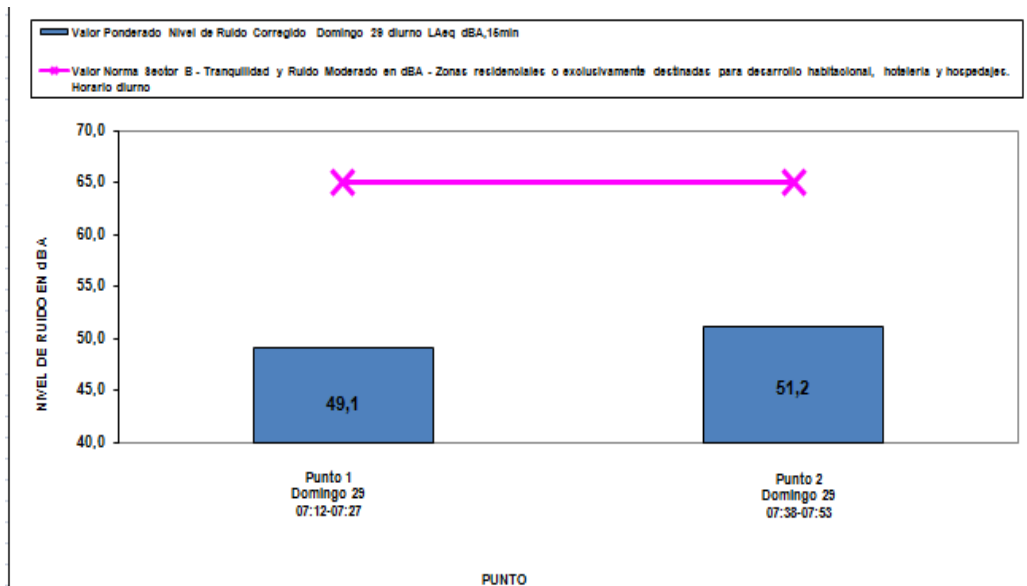


Figura 3.2.8.40 Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Diurno Domingo 29 de mayo

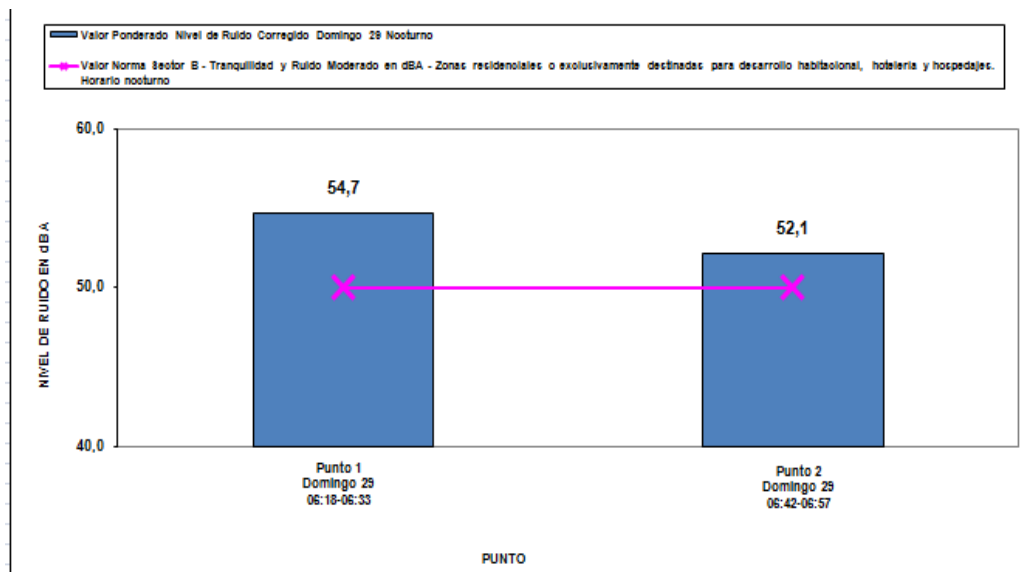


Figura 3.2.8.41 Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Nocturno Domingo 29 de mayo

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.64 Valores de ajustes K para estudio de ruido ambiental Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 30 de mayo horarios diurno y nocturno.

Ajuste a Aplicar					
K					
LUNES 30 DE MAYO DE 2011 - DIURNO					Ajuste Seleccionado
PUNTO N°	KR	KI	KT	KS	
PUNTO N°1	0	0	6	0	6
PUNTO N°2	0	0	6	0	6
LUNES 30 DE MAYO DE 2011 - NOCTURNO					Ajuste Seleccionado
PUNTO N°	KR	KI	KT	KS	
PUNTO N°1	0	0	6	0	6
PUNTO N°2	0	0	6	0	6

Fuente: Consorcio Generación Ituango

No se percibió ruido por impulso o impactos, no hubo aumentos considerables de nivel de presión sonora por espacio de tiempo de 35m/seg y los impactos entre uno y otro fueron inferiores a un (1) segundo, Por lo tanto KI toma un valor de 0.

- KT se ajusto por tono.
- KR no se ajusto.
- No se presentaron bajas frecuencias por equipos que las generen, por lo tanto KS no se ajusto.
- Resultados de los niveles de ruido ambiental en vereda Guariman del municipio de Briceño lunes 30 de mayo horarios diurno corregidos por kt ajuste por tonos. Ver Tabla 3.2.8.65 y Figura 3.2.8.42 para horario diurno, para horario nocturno Tabla 3.2.8.66y Figura 3.2.8.43

Tabla 3.2.8.65 Niveles de presión sonora continuo equivalentes corregidos en dBA, ruido ambiental en Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 30 de mayo horarios diurno y nocturno.

PUNTO N°	NIVEL EQUIVALENTE LUNES 30 DIURNO			PUNTO N°	NIVEL EQUIVALENTE LUNES 30 NOCTURNO		
	LAeq,T dBA	Ajuste en dBA	Leq CORREGIDO dBA		LAeq,T dBA	Ajuste en dBA	Leq CORREGIDO dBA
PUNTO N° 1	50,8	6,0	56,8	PUNTO N° 1	46,5	6,0	52,5
PUNTO N° 2	54,1	6,0	60,1	PUNTO N° 2	47,7	6,0	53,7

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

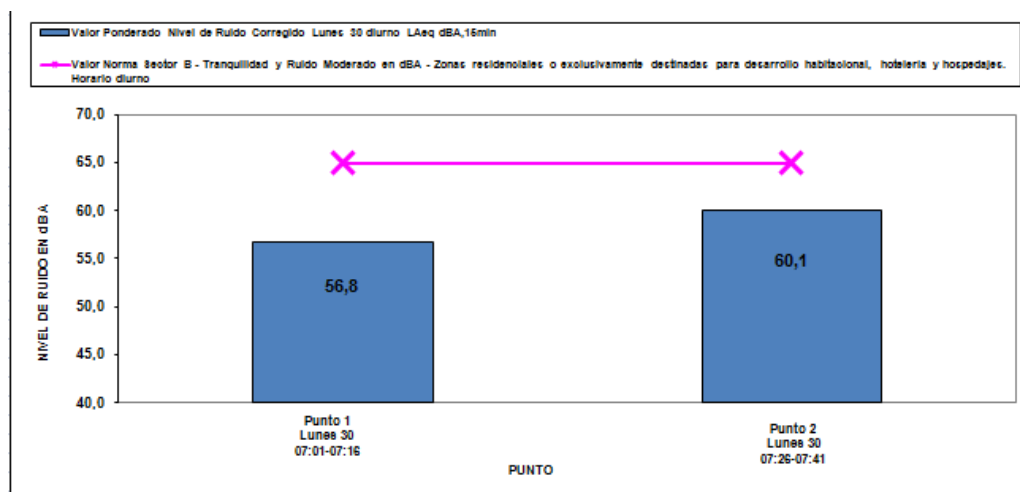


Figura 3.2.8.42 Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Diurno lunes 30 de mayo

Tabla 3.2.8.66 Ponderación de mediciones de ruido ambiental horario nocturno en Vereda Guariman del Municipio de Briceño lunes 29 de mayo de 2011.

Hora	Punto Lunes 30 Nocturno	Valor ponderado nivel de ruido corregido lunes 30 nocturno	Valor norma sector b - tranquilidad y ruido moderado en dba - zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Horario nocturno
		LAeq dBA, 15min	ART. 17 R. 627 07/Abril/2006 dB A
06:13 a 06:28	PUNTO N°1	52,5	50
06:39 a 06:54	PUNTO N°2	53,7	

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

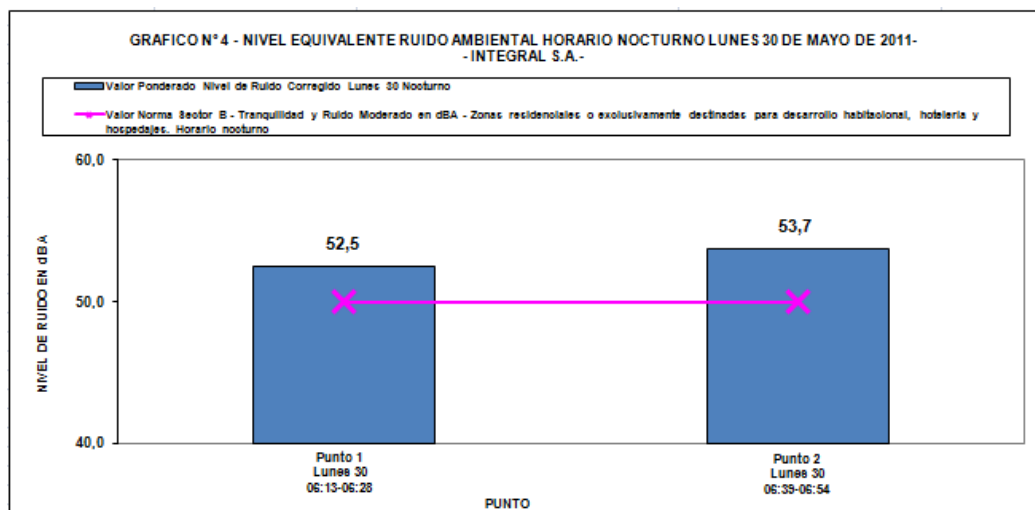


Figura 3.2.8.43 Nivel equivalente ruido Ambiental Horario Nocturno Lunes 30 de mayo

- Resultados aforo vehicular

Los resultados de aforo vehicular se entran en la Tabla 3.2.8.67 y Tabla 3.2.8.68

Tabla 3.2.8.67 Resultados aforo vehicular mediciones de ruido, domingo 29 de mayo de 2011

AFORO HORARIO DIURNO				
PUNTO	VEHÍCULOS/15min			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Punto 1 a 300 metros de Gurimansito	0	0	0	0
Punto 2 a 300 metros de vivienda	0	0	0	0
TOTAL VEHÍCULOS/30min	0	0	0	0
AFORO HORARIO NOCTURNO				
PUNTO	VEHÍCULOS/15min			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Punto 1 a 300 metros de Gurimansito	0	0	1	1
Punto 2 a 300 metros de vivienda	1	0	0	1
TOTAL VEHÍCULOS/30 min	1	0	1	2

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.8.68 Resultados aforo vehicular mediciones de ruido ambiental, domingo 30 de mayo de 2011

AFORO HORARIO DIURNO				
PUNTO	VEHÍCULOS/15min			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Punto 1 a 300 metros de Gurimansito	0	0	0	0
Punto 2 a 300 metros de vivienda	1	0	0	1
TOTAL VEHÍCULOS/30min	1	0	0	1
AFORO HORARIO NOCTURNO				
PUNTO	VEHÍCULOS/15min			
	Grande	Pequeño	Motos	Total
Punto 1 a 300 metros de Gurimansito	0	0	0	0
Punto 2 a 300 metros de vivienda	0	0	0	0
TOTAL VEHÍCULOS/30 min	0	0	0	0

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Partiendo de los resultados del estudio de ruido ambiental en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango en la vereda Guriman del Municipio de Briseño – Antioquia y según las condiciones que se presentaron durante las evaluaciones de ruido ambiental los días 29 y 30 de mayo de 2011 para cada sitio objeto de monitoreo se presentan las siguientes conclusiones fundamentadas en la norma legal de nuestro país

Los dos (2) puntos monitoreados en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango en la vereda Guariman del Municipio de Briceño – Antioquia, en horario diurno y objeto de análisis en este estudio de ruido ambiental, se encuentran por debajo del límite establecido por la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 de 65 dBA (Tranquilidad y Ruido Moderado en dBA - Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes).

Los dos (2) puntos monitoreados en la zona de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango en la vereda Guariman del Municipio de Briceño – Antioquia, en horario nocturno y objeto de análisis en este estudio de ruido ambiental, se encuentran por encima del límite establecido por la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 de 50 dBA (Tranquilidad y Ruido Moderado en dBA - Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes).

Por lo tanto, se concluye que las condiciones actuales de ruido ambiental como aporte al ambiente en este sitio para el horario nocturno no está cumpliendo con el valor establecido en la norma.

3.2.9 Paisaje

En el área de influencia indirecta (AII) el componente paisaje del proyecto Hidroeléctrico Ituango se encuentra delimitado por la provincia fisiográfica correspondiente al flanco occidental de la cordillera Central y el flanco oriental de la cordillera Occidental, dentro de la unidad de paisaje reconocida como cañón profundo, estrecho y escarpado del río Cauca entre las desembocaduras del río San Andrés y el río Ituango.

La trayectoria del proyecto sobre el cañón abarca desde la desembocadura del río Tonusco en el municipio de Santa Fé de Antioquia, hasta la desembocadura del río Puquí en los municipios de Valdivia y Tarazá.

De acuerdo con este recorrido el componente paisaje del AII se extiende por la unidad fisiográfica nombrada, delimitada a su vez por el área de los municipios en los que tiene influencia el proyecto (ver mapa D-PHI-110-LB-PR-AFB-010). Adicionalmente, se incluyen la cuenca media y baja del río San Andrés.

3.2.9.1 Área de influencia directa

3.2.9.1.1 Metodología

El análisis del paisaje se realizó a partir de la interpretación visual de las imágenes satelitales SPOT 5 con resolución de 10 m, estas imágenes corresponden a las siguientes fechas: noviembre 28 de 2005, mayo 4 de 2005, julio 6 de 2005 y enero 19 de 2006. En estas imágenes se observó el estado actual del ecosistema de acuerdo a sus características físicas, tales como, geomorfología y coberturas vegetales. Estos dos factores constituyen las propiedades emergentes de los paisajes, lo que permite reconocerlos y diferenciarlos unos de otros (Etter, 1990)¹⁰.

Se describen a continuación las metodologías empleadas para la caracterización del paisaje, la primera corresponde a la elaboración de un mapa de zonificación del territorio del proyecto, a partir de la caracterización biofísica de los principales aspectos que integran el paisaje como son el clima, la geomorfología, los suelos y los usos del suelo, entendiéndose estos últimos como parte de la transformación que el hombre realiza en sus actividades de uso y apropiación del entorno. En adelante se identificará este proceso como “zonificación ecológica”, en el cual se observan principalmente los aspectos estructurales del paisaje, tales como: la distribución de fragmentos de bosque, el uso predominante del suelo, entre otros.

La segunda metodología corresponde a los indicadores ecológicos mediante los cuales se describen los elementos del paisaje. Los principios metodológicos e interpretativos

¹⁰ETTER, A. Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Bogotá. 1990. 83 p.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

sobre los cuales se estructuró este análisis, se derivan de la escuela de la biología de la conservación y la ecología del paisaje (EP), entendiéndose ésta, como ciencia integradora, cuyo objetivo es caracterizar los ecosistemas con base en la heterogeneidad espacial del paisaje y establecer relaciones entre los tipos de vegetación y las características del ambiente (clima, suelos, topografía, perturbaciones) en una región y escala determinadas.

Finalmente, se elaboró el mapa D-PHI-110-PM-PR-UCV-010, a partir de una técnica de cuadrículas y bloques mediante la cual, se propone un análisis por contextos (topográfico, hídrico y vegetal), calificados por atributos, con lo cual, se logra determinar unidades de calidad visual y el estado actual del ecosistema.

- Mapa de zonificación ecológica

La caracterización biofísica del territorio sirvió como base para generar un mapa de zonas ecológicas como punto de referencia para la caracterización del área de influencia del proyecto. Esta parte del análisis, llamada “zonificación”, implica desagregar un área compleja en unidades más simples de análisis, relativamente homogéneas y caracterizadas con respecto a factores físicos (pisos térmicos, clima, forma, etc.) y biológicos (coberturas vegetales del suelo). Metodológicamente, la ecología del paisaje permite integrar esas unidades simples para obtener una propuesta de “zonificación ecológica”, basada en el concepto de matriz - parche - corredor como elementos constituyentes de un paisaje (Forman, 1986)¹¹.

La fuente de la información temática es el producto del estudio desarrollado por el equipo de especialistas participantes en el proyecto, e igualmente se basa en el estudio de suelos del departamento de Antioquia, realizado por el IGAC (1979)¹². De esta manera, los pisos térmicos y el clima de la región se construyeron con base en la clasificación de unidades climáticas propuestas por el IGAC (1979)¹³, donde toda la región se clasifica con amplio gradiente de pisos térmicos, desde el cálido muy seco hasta el frío, incluyendo una pequeña zona paramuna sobre los 3.000 msnm, muy cerca del Alto de Ventanas. Esta clasificación se combina con las clases de humedad, calculadas a partir del índice de Thorntwaite o índice hídrico:

$$IH = \text{Precipitación promedio anual} / T^{\circ} \text{ prom Anual}$$

Teniendo en consideración lo anterior, el mapa de zonificación ecológica se desarrolló a partir de los mapas de clima, geomorfología y usos del suelo, con los cuales se determinan tres zonas ecológicas, a partir de la identificación de la matriz predominante, es decir, el tipo de uso del suelo predominante.

¹¹ FORMAN, R.T.T. and GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley, 1986. 620 p. ISBN 0-471-87037-4.

¹² IGAC – INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 1979. Estudio de suelos del departamento de Antioquia.

¹³ *Ibidem*

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Mediante algebra de mapas se delimitaron doce paisajes con sus usos respectivos, es decir, para cada unidad de paisaje se hizo una cuantificación de las áreas en hectáreas de cada una de las coberturas vegetales y usos.

Indicadores ecológicos a nivel de paisaje y de fragmentos de bosque

Para la construcción de los indicadores se identificaron y dimensionaron los principales fragmentos de bosque (Figura 3.2.9.1).

A nivel de paisaje se identificaron los indicadores que permitían describir los patrones espaciales en el territorio. Para cada zona ecológica identificada se evaluaron los siguientes índices:

- **ÁREA:** se calculó el área en hectáreas en cada clase de uso del suelo.

$$\text{Área (hectáreas)} = a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Donde; a_{ij} es el área en m^2 del parche ij .

- **NUMP:** corresponde al número de parches por tipo de cobertura.
- **TMF:** tamaño promedio de los fragmentos para las clases de bosque de galería y bosque intervenido.
- **DSTMF:** la desviación estándar del tamaño del parche.
- **MPFD:** dimensión fractal promedio de la forma de los fragmentos de bosque. Es igual a dos veces el logaritmo natural del perímetro del parche, dividido por el logaritmo natural del área del parche. Su rango varía entre 1 y 2, este último de mayor complejidad.

$$FRAC = \frac{2 * \ln(p_{ij})}{\ln(a_{ij})}$$

- **Análisis de Vecindad - NN_min.:** distancia media al vecino más cercano en metros, la cual se basa en el análisis entre todos los fragmentos de bosque encontrados, incluyendo el rastrojo, lo cual mide todos los patrones de fragmento.

$$NN_{min} = h_{IJ}$$

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Este índice es igual a la distancia Euclidiana (m) al parche más cercano del mismo tipo. Se basa en el cálculo de las distancias más cortas de borde a borde (McGarigal, & Marks, 1994)¹⁴.

- LPI: es el índice de fragmento más grande del paisaje. Es una medida que contribuye a definir la matriz dominante y se determina a partir de la selección del fragmento de cualquier uso del suelo que tenga la mayor área. En este caso se presenta tanto en hectáreas como en porcentaje.
- Área Core: mide las zonas de borde y áreas interiores de los fragmentos. El índice CORE se define como el área, dentro de un parche, a una distancia “X” desde el borde hacia el interior (McGarigal & Marks, 1994). En el presente trabajo se definió un efecto de borde de 100 m dadas las condiciones de uso del suelo de la región en estudio.

$$CORE = \sum_{j=1}^n a_{ij}^c \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

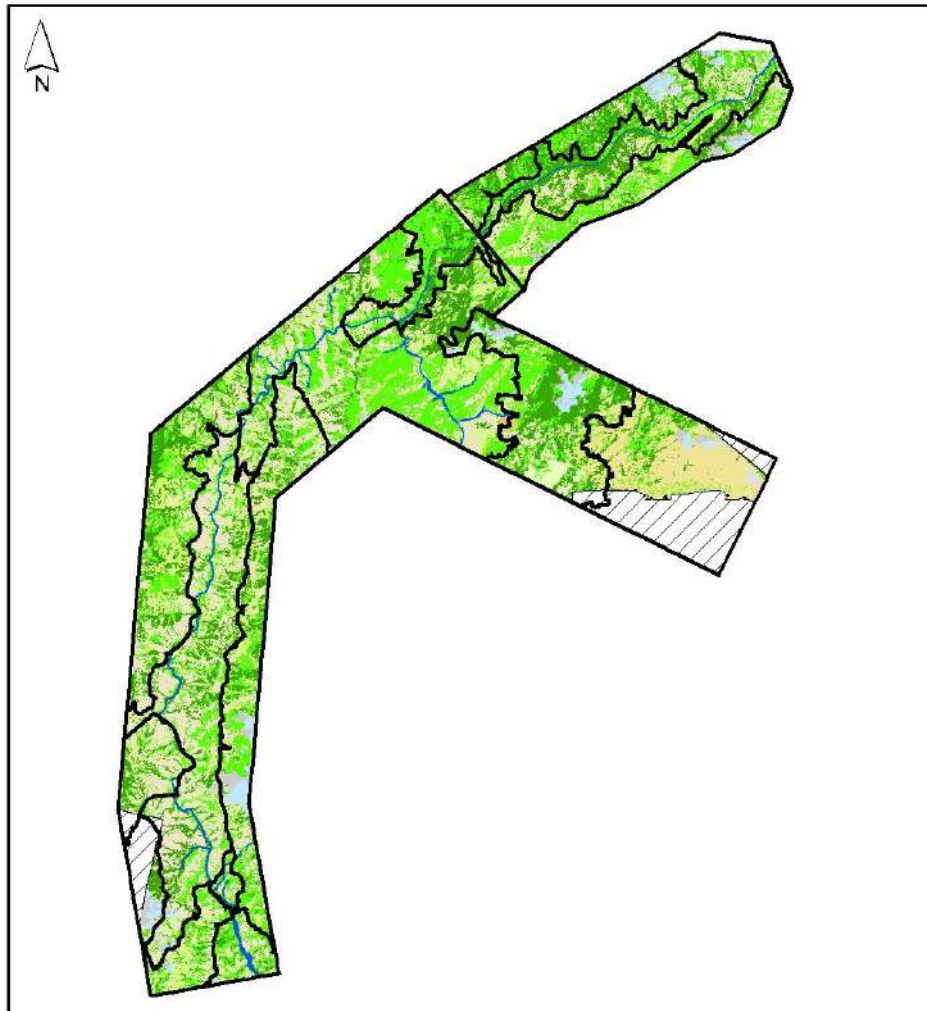
Unidades en hectáreas

Los índices se calcularon por medio del programa Patch Analyst 3.1 © Dr. Rob Rempel¹⁵.

¹⁴ McGARIGAL, K. and MARKS, B.J. Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure, Version 2.0. Corvallis: Oregon State University, 1994.

¹⁵ Patch Analyst 3.0 © Dr. Rob Rempel, <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch/>.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



Leyenda

Bosque Secundario	Cultivo de café	Construcciones	Sombra
Bosque de Roble	Cultivo	Barras de arena	Sin Información
Rastrojo Alto	Pasto manejado	Suelo desnudo	Límite paisaje
Rastrojo Bajo	Pasto enmalezado	Agua	
Plantación forestal	Pasto natural	Nube	

Figura 3.2.9.1 Coberturas boscosas con la delimitación de la zonificación ecológica

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Mapa de unidades de análisis paisajístico
- Calificación de la calidad visual por cuadrículas

La calificación de la calidad visual se realizó mediante el empleo de la imagen SPOT 5 con resolución de 10 m, con la cual, se identificaron las coberturas vegetales presentes en el área de influencia directa del proyecto.

El análisis visual del paisaje se realizó a través de la medición de tres contextos espaciales: topográfico, hídrico y vegetal, los cuales fueron calificados para la interpretación del estado del ecosistema, por medio de sus características físicas medibles y observables. Cada contexto se evaluó de acuerdo a diferentes atributos, los cuales, permitieron la cuantificación del estado de cada una de las variables. La cuantificación de los atributos se realizó por medio de cuadrículas que hacen referencia a la sectorización del terreno. Su finalidad es delimitar zonas independientes para calificar la calidad visual en cada una de ellas y posteriormente compararlas entre sí.

Las unidades de análisis paisajístico se dividieron en cuadrículas de cinco kilómetros de lado debido a la extensión del área de estudio. A continuación, se describe cada contexto evaluado en el paisaje, y sus respectivos atributos que permiten la cuantificación de cada una de estas variables.

◆ Contexto topográfico

Conformado por los siguientes parámetros:

a) Variedad de relieve

Se define con base en las unidades de nivel que son las proporciones de área que se localizan entre dos curvas de nivel cuya diferencia de altura sea de 200 m; por lo anterior, se define una mayor variedad de relieve cuando existe mayor diferencia de altura topográfica dentro de la cuadrícula. Este factor se calificó según la escala que se muestra en la Tabla 3.2.9.1.

Tabla 3.2.9.1 Calificación de la variedad del relieve

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Si la unidad de nivel con mayor área ocupa entre el 75% y el 100% del área de la cuadrícula o si la cuadrícula es ocupada por dos unidades de nivel, ambas en proporciones iguales
2	Medio Inferior	Si la unidad de nivel con mayor área ocupa entre el 50% y el 75% del área de la cuadrícula
3	Medio Superior	Si la unidad de nivel con mayor área ocupa entre el 25% y el 50% del área de la cuadrícula
4	Superior	Si la unidad de nivel con mayor área ocupa menos del 25% del área de la cuadrícula

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

– Contraste de elevación

Se refiere a la diferencia de alturas máxima y mínima que se presentan en cada una de las cuadrículas. Su clasificación corresponde a un ajuste realizado a la propuesta metodológica de la Universidad de Medellín (2001)¹⁶, debido a que ésta clasificación fue elaborada para un proyecto en el cual el área estaba representada por colinas remontantes de mediana altura, a diferencia del presente proyecto, en el cual, se presentan mayores pendientes y mayor diferencia de alturas máximas y mínimas, se optó por seleccionar tres rangos más acordes con el sistema de relieve presentado en el área de influencia directa del Proyecto Hidroeléctrico Ituango Tabla 3.2.9.2

Tabla 3.2.9.2 Calificación del contraste de elevación

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Si la diferencia máxima de alturas en la cuadrícula es inferior a 700 m
2	Medio	Si la diferencia máxima de alturas en la cuadrícula está entre 700 m y 1.250 m
3	Superior	Si la diferencia máxima de alturas en la cuadrícula es superior a 1250 m

Fuente: Consorcio Generación Ituango

◆ Contexto hídrico

Conformado por los siguientes parámetros:

– Número de cauces

Se refiere a corrientes de agua transitoria y permanente, localizadas dentro del área de cada cuadrícula. Debido a que la mayor cantidad de cuadrículas no son completas, el número de cauces fue definido por km² y por cuadrícula. El puntaje de los rangos asignados se muestra en la Tabla 3.2.9.3

¹⁶EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. Estudio de la Componente Físico-Biótica en las áreas de influencia directa del Proyecto Hidroeléctrico Porce II. Primer Monitoreo de Paisaje. Universidad de Medellín - Empresas Públicas de Medellín. 2001.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.3 Calificación del número de cauces por km²

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Menos de 5 cauces por km ²
2	Medio Inferior	De 5 a 6,9 cauces por km ²
3	Medio Superior	De 7 a 8,9 cauces por km ²
4	Superior	Más de 9 cauces por km ²

Fuente: Consorcio Generación Ituango

– Densidad de drenajes (Dd)

La densidad de drenaje se define como la longitud de los canales existentes por unidad de superficie, y se expresa en km/km². Los criterios de calificación de este parámetro se muestran en la Figura 3.2.9.4.

Tabla 3.2.9.4, Figura 3.2.9.4.

Tabla 3.2.9.4 Calificación de la densidad de drenajes

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Dd < 3,5
2	Medio Inferior	3,6 < Dd < 4,0
3	Medio Superior	4,1 < Dd < 4,6
4	Superior	Dd > 4,7

Fuente: Consorcio Generación Ituango

◆ Contexto de vegetación

Conformado por los siguientes parámetros:

– Cobertura dominante

Se define como la cobertura vegetal que mayor extensión ocupa en la cuadrícula; la calificación del parámetro se hizo con base en criterios de grado de protección del suelo y contraste de paisaje.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.5 Calificación de la cobertura dominante

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Cobertura vegetal dominante en pastos o cultivos
2	Medio Inferior	Cobertura vegetal dominante rastrojo bajo
3	Medio Superior	Cobertura vegetal dominante rastrojo alto, plantaciones forestales
4	Superior	Cobertura vegetal dominante en bosques

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

– Combinaciones de uso

Hace referencia a los diferentes usos del suelo que se presentan en la cuadrícula; es importante anotar que el concepto de uso está asociado a las características de las coberturas vegetales que han sido definidas. El criterio utilizado para su calificación se muestra en la Tabla 3.2.9.6.

Tabla 3.2.9.6 Calificación de combinaciones de coberturas vegetales

Puntaje	Nivel	Característica
1	Inferior	Menos de cinco tipos de uso por cuadrícula
2	Medio Inferior	Entre cinco y siete usos por cuadrícula
3	Medio Superior	Entre siete y nueve usos por cuadrícula
4	Superior	Más de nueve tipos de usos por cuadrícula

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Si el área presenta suelos erosionados o cuerpos de agua se agrega (+1) a la calificación de la cuadrícula.

Luego de calificar cada cuadrícula de acuerdo con los puntajes descritos se procede a determinar la calidad visual de cada una de éstas, a partir de la sumatoria del valor medio (vm) de los atributos. En la Tabla 3.2.9.7 se presentan los rangos de calificación para las diferentes unidades de calidad visual.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.7 Calificación de la calidad visual

Puntaje	Nivel de Calidad visual	Rango de valor
1	Inferior	$\sum vm < 4,5$
2	Medio Inferior	$4,5 < \sum vm < 6,5$
3	Medio Superior	$6,5 < \sum vm < 8,5$
4	Superior	$\sum vm > 8,5$

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

– Calificación de la calidad visual por bloque

La determinación de los límites de las unidades de calidad visual se realizó mediante el traslape de las cuadrículas con el mapa topográfico y el mapa edafológico de la zona, de esta manera se generan bloques, los cuales, corresponden a zonas con formas irregulares pero con características o valoración de su calidad visual semejante. Los bloques corresponden de una manera aproximada a unidades fisiográficas del terreno, dentro de los cuales, se evaluaron los cambios en el valor de su calidad visual a partir de la calificación de los contextos de la misma forma que se realizó para las cuadrículas.

- Descripción de los elementos del paisaje

Se realizó una jerarquización de la zona del proyecto con base en la metodología del Sistema de clasificación fisiográfica del terreno o Análisis fisiográfico (Villota, 1997)¹⁷, con la finalidad de integrar aspectos básicos como: geología, geomorfología, hidrología, material parental, vegetación y uso del suelo, los cuales se enmarcan dentro de unas condiciones climáticas definidas.

Adicionalmente, la caracterización de los elementos constitutivos del paisaje se consideró desde la identificación, delimitación y estudio integrado de la ecología del paisaje, que es la propuesta metodológica de Etter (1990)¹⁸.

Para este análisis se determinaron entonces, tres elementos estructurales básicos:

- Matriz

Se define como matriz, aquel tipo de elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa, es el elemento más extenso y el más interconectado.

¹⁷VILLOTA, H. 1997. El Análisis Fisiográfico: Una aproximación al Ordenamiento territorial. En: Revista CIAF. Instituto geográfico Agustín Codazzi.

¹⁸ETTER, A. Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Bogotá. 1990. 83 p.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Los criterios necesarios a tener en cuenta para identificar la matriz de un paisaje son:

- Extensión del área relativa

La matriz debe ser el elemento más extenso. Se identifica con ésta la cobertura de mayor extensión –en porcentaje– bien sea de carácter natural o modificada.

- ◆ Grado de conectividad

La matriz es el elemento más conectado -menos fraccionado- del paisaje. La forma de cuantificar este parámetro no está definida en la metodología propuesta, por lo que se desarrolló una forma de cálculo en base al índice porcentual del área. En la Tabla 3.2.9.8 y en la Tabla 3.2.9.9 se observan los parámetros considerados, donde cada rango muestra la medida de la continuidad de la matriz y hace referencia a la facilidad para conectar un fragmento con otro.

Tabla 3.2.9.8 Grado de conectividad

Conectividad	Rango (%)
Alta	>66
Media	<33 - 66
Baja	<33

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- ◆ Grado de porosidad

Es la medida de la densidad de parches presentes en un tipo de paisaje, complementa el cálculo del grado de conectividad y se consideró aritméticamente como 1-Conectividad.

- Parche o Fragmento

Se define como una superficie no lineal de tamaño variable que difiere fisiónómicamente de sus alrededores, y que posee un grado de homogeneidad interno.

- Corredor

Es una franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella, su propiedad es unir o separar elementos dentro de una matriz geográfica.

Para la construcción de los indicadores se identificaron y dimensionaron los principales fragmentos de bosque (Figura 3.2.9.1)

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

3.2.9.1.2 Resultados

- Mapa de zonificación ecológica

A continuación se describen los diferentes paisajes fisiográficos que conforman la zonificación ecológica, de acuerdo con el estudio de suelos y el mapa de coberturas vegetales obtenido de la interpretación de imágenes de satélite (Tabla 3.2.9.9 y Figura 3.2.9.2).

Tabla 3.2.9.9 Paisajes fisiográficos que conforman la zonificación ecológica del AII

PAISAJE	DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN	SUELOS
Paisaje Z1	Paisaje de colinas y superficies aluviales en clima cálido seco a muy seco. Ocupa la menor área en el territorio, la zona colinada está conformada por pendientes cortas, convexas, cimas o ápices generalmente agudos y la superficie aluvial está caracterizada por valles intramontanos, planos y plano cóncavos correspondientes a la planicie del río Cauca.	Los suelos más representativos corresponden a las asociaciones Santa Fé y Olaya, esta última en menor proporción (ver el apartado correspondiente a los suelos para mayores detalles)
Paisaje Z2	Paisaje de montaña y planicie del río Cauca en un clima cálido húmedo. Dominando la planicie aluvial la cual está conformada por valles intramontanos, planos y plano cóncavos con materiales sedimentarios; la cual se une con la zona de montañas comprendidas por las estribaciones de la cordillera en el cañón del río Cauca.	Las asociaciones de suelos encontradas en la planicie comprenden la asociación Olaya, y, en la zona de montaña, la asociación Raudal.
Paisaje Z3	Paisaje ubicado en las estribaciones de la cordillera, en clima cálido seco. Comprende el cañón del río Cauca, con pendientes largas y ápices agudos, constituido por rocas ígneas verdes, diabasas y andesitas.	Los suelos más representativos en este paisaje corresponden a la asociación Concordia
Paisaje Z4	Ubicado en las vertientes de la cordillera, conformado por rocas ígneas en clima templado húmedo a muy húmedo. Constituye el paisaje de mayor área encontrado; se encuentra en un clima medio, en las estribaciones de la cordillera, con pendientes convexas, generalmente largas y ápices agudos, constituido por un material compuesto de rocas ígneas verdes, diabasas, dioritas y basaltos.	Este paisaje está representado principalmente por la asociación edáfica Santa Bárbara.
Paisaje Z5	Paisaje ubicado en las vertientes de cordillera, conformado por rocas metamórficas en clima templado húmedo a muy húmedo.	Se diferencia del anterior, principalmente, por la naturaleza del material metamórfico que lo compone e igualmente por la unidad de suelos que lo representa, constituida por la asociación Ituango.
Paisaje Z6	Paisaje de vertientes de cordillera, con rocas metamórficas en clima frío muy húmedo. Localizado	Lo integra la asociación de suelos denominada Ventanas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

PAISAJE	DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN	SUELOS
	en pisos altitudinales más elevados, y comprende las vertientes de la cordillera con pendientes rectas, convexas, generalmente largas, constituido por rocas metamórficas y esquistos.	
Paisaje Z7	Paisaje de colinas en un clima frío muy húmedo. Hace parte del altiplano de Santa Rosa, caracterizado por colinas masivas, ligeramente disectadas, pendientes cortas y largas, convexas, ápices planos y redondeados.	Los materiales que lo constituyen están compuestos por rocas ígneas, granodioritas, granitos y cuarzdioritas. La asociación Zulaibar es la más representativa.
Paisaje Z8	Paisaje localizado en las estribaciones de la cordillera, cañón del río Cauca, en clima cálido húmedo; se localiza en la zona más septentrional del proyecto, cuyas montañas tienen pendientes convexas, generalmente largas, ápices agudos y redondeados.	El suelo está representado por la asociación de suelos Raudal.
Paisaje Z9	Paisaje de vertientes de cordillera, localizado sobre la margen derecha del río Cauca, presenta vertientes moderadas con filos alargados.	Está representado principalmente por la asociación Ituango.
Paisaje Z10	Paisaje localizado en las estribaciones de la cordillera, cañón del río Cauca, con franjas discontinuas, estrechas y alargadas en ambos márgenes del río.	El suelo está representado por las asociaciones Raudal, El Cinco e Ituango.
Paisaje Z11	Paisaje de vertiente de cordillera, localizado en la margen izquierda del río Cauca, con la presencia de filos medios y alargados.	Las asociaciones que los conforman son la asociación Ituango y la asociación Raudal.
Paisaje Z12	Paisaje de vertientes de filos moderados con forma alargada y cima redondeada e inclinación moderada, localizado en el margen izquierda del río Cauca, ubicado entre las cotas 150 y 1.900 msnm.	Está representado por las asociaciones Ituango y El Cinco.

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

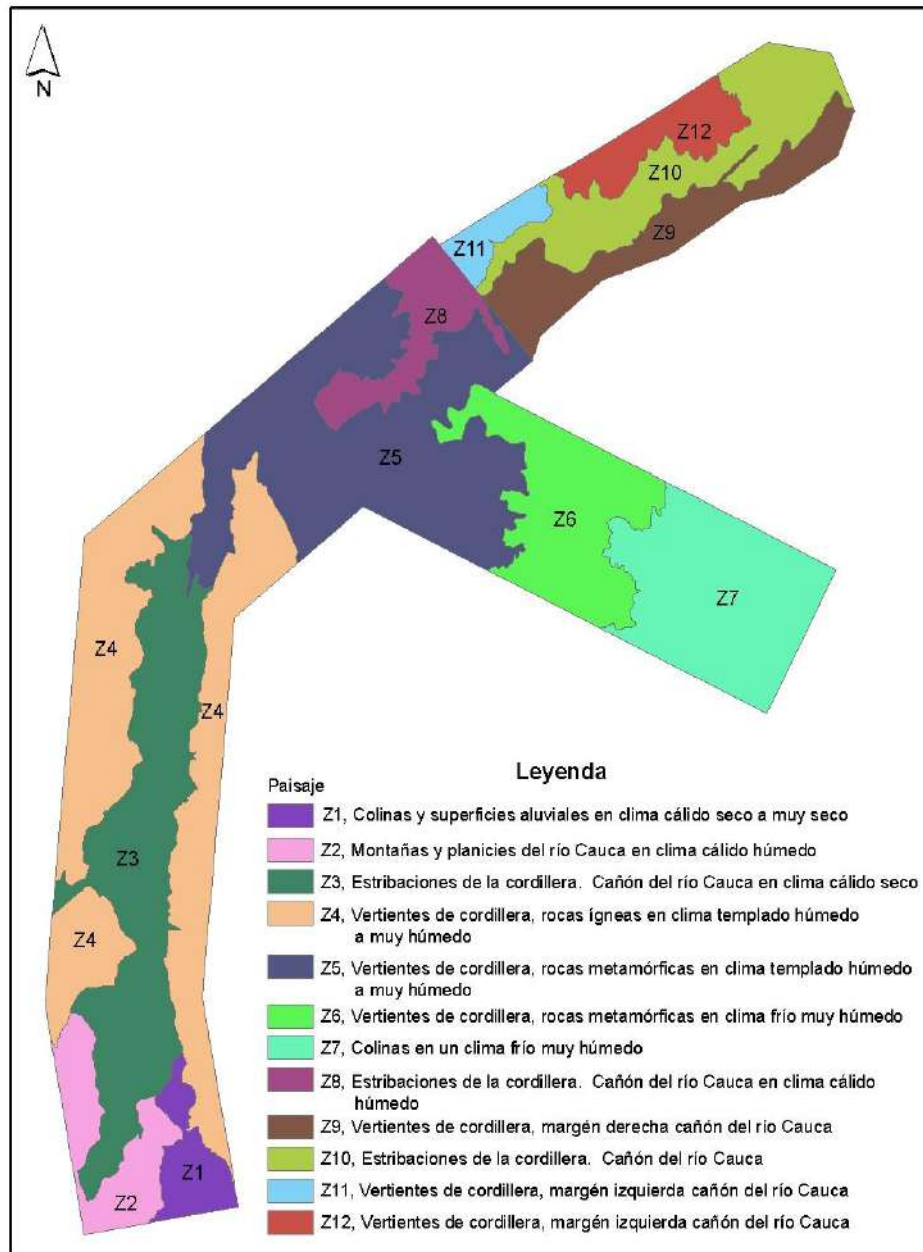


Figura 3.2.9.2 Zonificación ecológica

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Indicadores ecológicos a nivel de paisaje y de fragmentos de bosque

A continuación se presenta la caracterización de los patrones espaciales encontrados en la zonificación a partir de indicadores ecológicos del paisaje para las coberturas encontradas en cada uno de ellos.

- Paisaje Z1: patrón de la vegetación en un Paisaje de Colinas y superficies aluviales en clima cálido seco a muy seco.

De acuerdo con los resultados presentados en la Tabla 3.2.9.10 y con el patrón espacial descrito en la Figura 3.2.9.3, cerca del 55% del paisaje está representado por coberturas de bosque secundario y rastrojo alto, constituyendo esta última la cobertura dominante, de acuerdo con el índice LPI, aunque sin alcanzar a representar una gran matriz.

Tabla 3.2.9.10 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z1

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	366,7	12,5	155	2,4	6,1	1,4	2,0	8,9
Rastrojo alto	1263,9	43,2	146	8,7	30,8	1,4	8,0	2,3
Rastrojo bajo	202,2	6,9	150	1,4	1,5	1,4	0,3	
Pasto natural	994,0	34,0	180	5,5	18,5	1,4	6,6	
Pasto manejado	93,9	3,2	81	1,2	1,2	1,4	0,3	
Construcciones	3,1	0,1	2	1,5	0,9	1,4	0,1	
Total	2.923,8	100,0	714					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de Área Core o interior.

Es importante observar dos aspectos que permiten considerar este paisaje como “alterado”; primero, la baja representatividad de bosques secundarios, y segundo, los valores de tamaño promedio de fragmentos para los bosques secundarios y rastrojos altos, que dan cuenta de una alta fragmentación.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

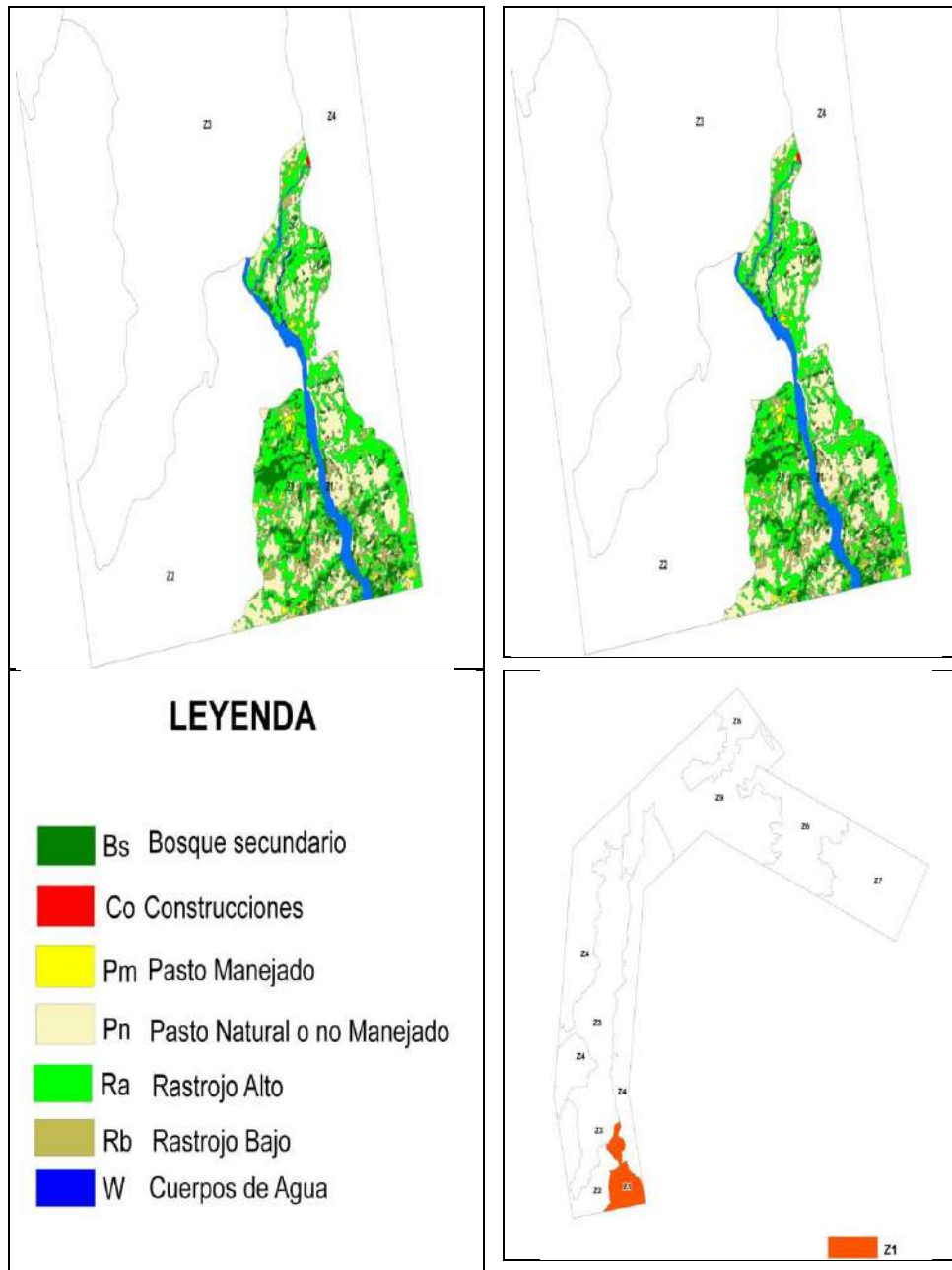


Figura 3.2.9.3 Patrón espacial de la vegetación en Paisaje Z1

- Paisaje Z2: patrón de la vegetación en un paisaje de montaña y planicie del río Cauca en un clima cálido húmedo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje se describe en la Tabla 3.2.9.11 y se ilustra en la Figura 3.2.9.4. En esta unidad se encuentra una mayor cantidad y diversidad de coberturas vegetales.

Tabla 3.2.9.11 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z2

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	749,2	20,1	202	3,7	19,0	1,4	6,1	19,2
Rastrojo alto	947,2	25,4	233	4,1	12,4	1,4	3,4	4,6
Rastrojo bajo	783,0	21,0	318	2,5	13,0	1,4	5,1	
Pasto natural	1.207,6	32,3	202	6,0	16,5	1,4	3,3	
Pasto manejado	48,0	1,3	49	1,0	0,8	1,4	0,1	
Construcciones	1,4	0,0	1	1,4	0,0	1,4	0,03	
Total	3.736,4	100,0	1.005					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de Área Core o interior.

Si se revisa el índice LPI, puede verse que en esta oportunidad la matriz está constituida por bosques, desde secundarios hasta rastrojos bajos. Con respecto a la calidad de hábitats, se observa un sector de bosque secundario con mayor disponibilidad áreas core o interior, 71,9 ha y una distancia media entre fragmentos de 60,2 m lo cual podría posibilitar la distribución y propagación de especies a través de este corredor.

El resultado obtenido con el índice de forma basado en la Dimensión Fractal (MPFD), está reflejando el comportamiento irregular y alargado de la vegetación, que para el caso de los bosques, representa mayor exposición del fragmento a los flujos de energía que lo circundan.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

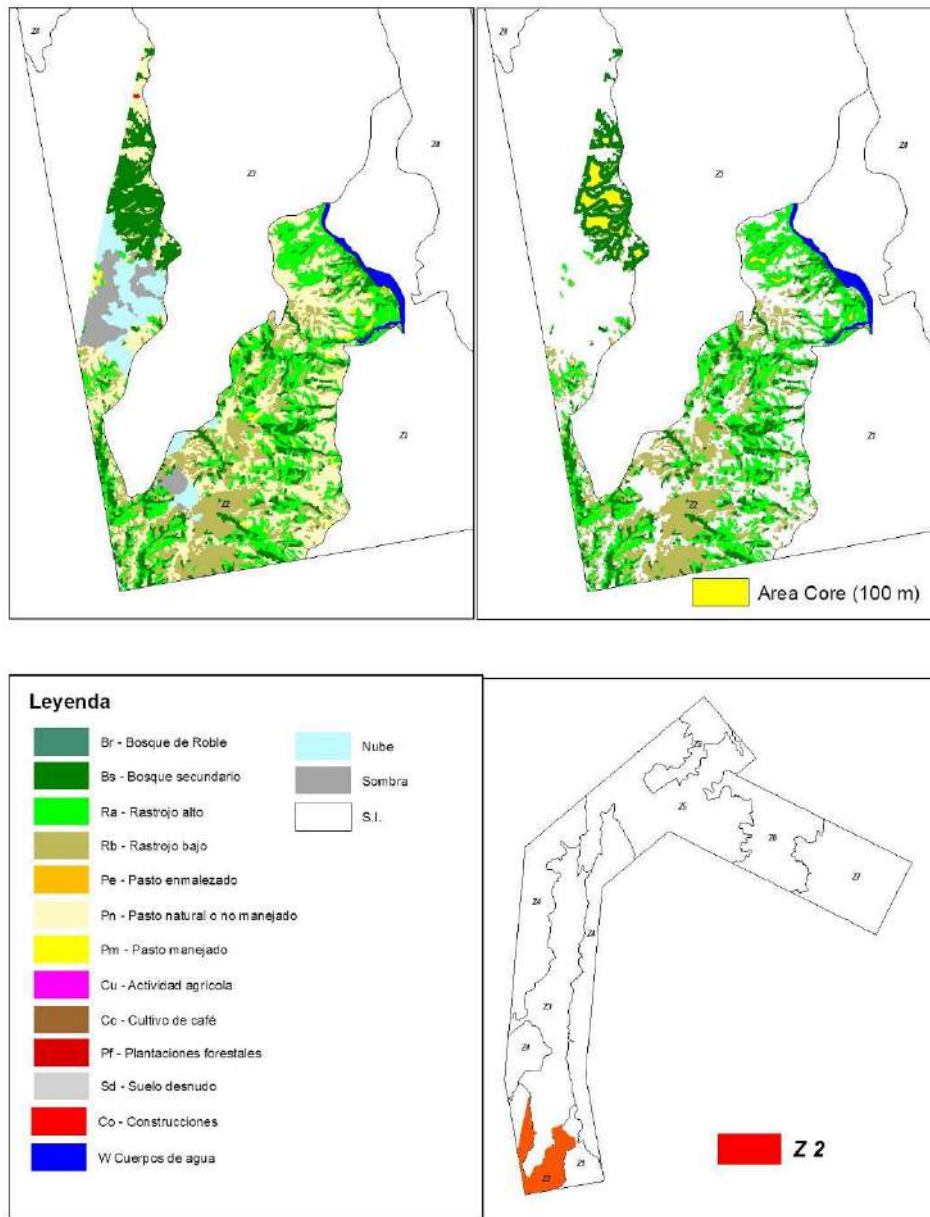


Figura 3.2.9.4 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z2.

- Paisaje Z3: patrón espacial de la vegetación en un paisaje ubicado en las Estribaciones de la Cordillera, cañón del río Cauca en clima cálido Seco.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje se describe en la Tabla 3.2.9.12 y se ilustra en la Figura 3.2.9.5 . De acuerdo con los resultados de área por clase de cobertura, la matriz está compuesta, en cerca del 45,9% del área, por pastos naturales no manejados. La dominancia de esta matriz se confirma también a partir del indicador LPI que alcanza un valor de 3,76.

Tabla 3.2.9.12 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z3

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	3.457,4	18,3	514	6,7	26,7	1,4	1,9	3,3
Rastrojo alto	3.644,8	19,3	1155	3,2	14,7	1,4	1,8	5,6
Rastrojo bajo	2.470,7	13,1	1543	1,6	3,2	1,4	0,4	
Pasto natural	8.648,8	45,9	659	13,1	50,1	1,4	3,8	
Pasto manejado	215,7	1,1	183	1,2	1,3	1,4	0,1	
Pasto enmalezado	311,4	1,7	299	1,0	1,0	1,4	0,1	
Suelo desnudo	88,8	0,47	92	0,97	1,0	1,41	0,03	
Construcciones	19,8	0,11	1	19,8	9	1,34	0,1	
Total	18.857,3	100,0	4.446					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de *Área Core* o interior.

Estos resultados confirman que este paisaje ha sufrido una gran intervención humana, cuyos efectos se reflejan en la calificación obtenida para las coberturas de bosque, donde el indicador de *Área core* o corazón, expresado a través del índice TCAI, con un valor igual a 157,4 ha, reflejan la escasa disponibilidad de hábitats que alberguen especies de interior del bosque, las cuales se caracterizan por unos mayores requerimientos de condiciones de calidad del hábitat y por comportamientos más especializados.

Si bien se presenta una buena oportunidad en la conexión de fragmentos debido a la distancia promedio obtenida de 61,5 m, se hace necesario establecer enriquecimientos de hábitats para promover el desarrollo de las *Área core*. Sin embargo, es necesario tener en cuenta la presencia del río Cauca como una gran barrera natural que limita fuertemente el intercambio de algunos grupos entre las márgenes del río.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

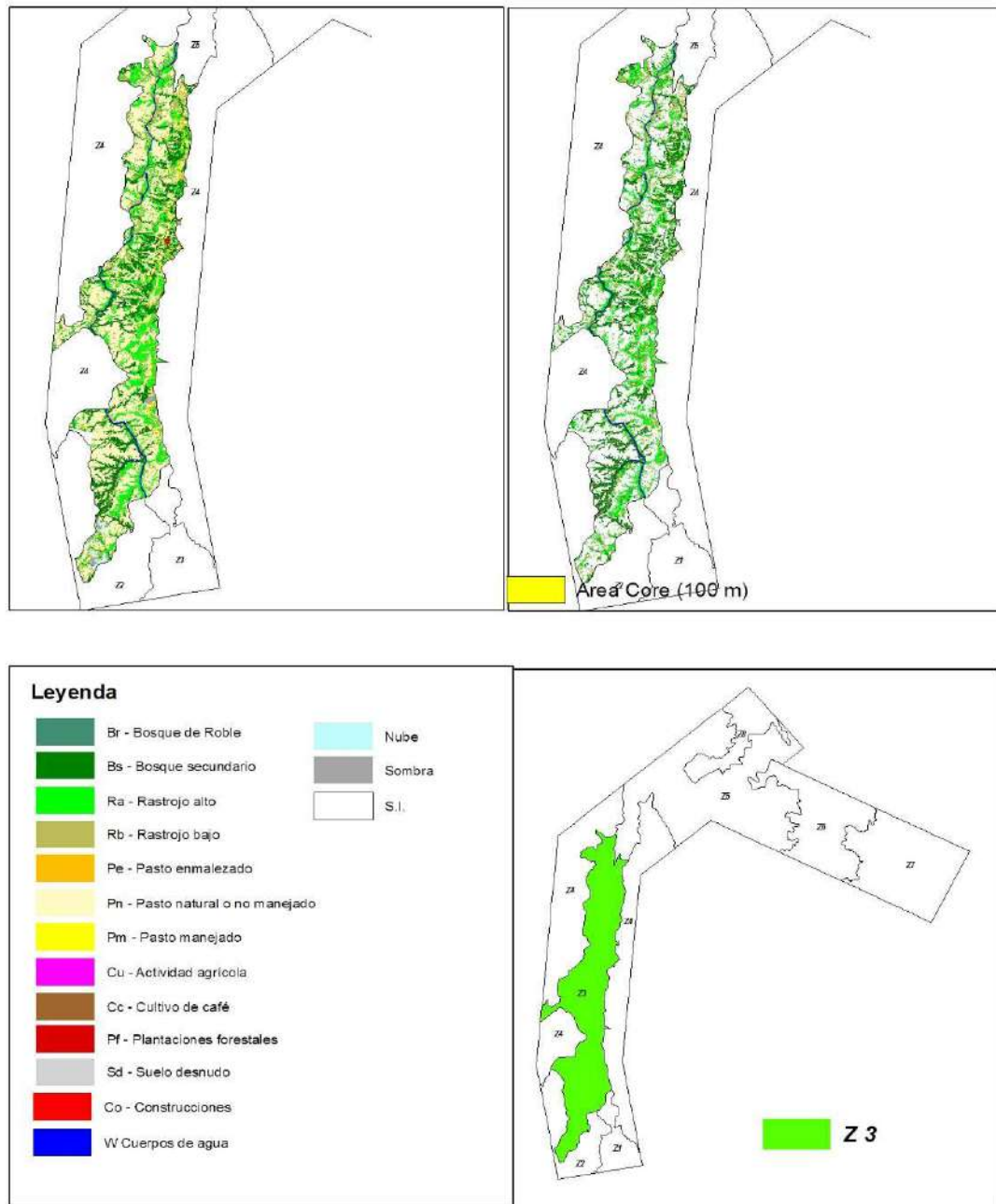


Figura 3.2.9.5 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z3

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Paisaje Z4: patrón espacial de la vegetación en un paisaje de vertientes de la cordillera, conformadas por rocas ígneas en clima templado húmedo a muy húmedo.

El patrón de la vegetación para este paisaje se describe en la Tabla 3.2.9.13 y se ilustra en la Figura 3.2.9.6. Como puede observarse, estas vertientes de las cordilleras occidental y central, están subdivididas por el paisaje Z3 y presentan una barrera natural (el río Cauca), lo cual genera una ruptura de enlaces entre los dos sitios. La matriz dominante son los pastos naturales o no manejados, sin embargo se aprecian una mayor representatividad de bosques y probablemente una mejor disponibilidad de hábitats y de *Área core* con un área en hectáreas de 1.044,9 (índice TCAI). En la Figura 3.2.9.6, se aprecia el patrón de distribución de éstas *Área core*, donde se destaca una mayor presencia en la vertiente occidental. Este resultado, sumado a la distancia mínima promedio entre fragmentos (MNN=62,7), sugiere que esta zona ha sido un poco menos impactada que la vertiente oriental, por lo cual brindaría mejores condiciones para desarrollar programas de conservación de hábitats y fauna asociada.

Tabla 3.2.9.13 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z4

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	6.405,6	24,0	950	6,7	35,7	1,4	3,1	21,5
Rastrojo alto	6.631,9	24,8	1.636	4,1	24,3	1,4	2,5	12,6
Rastrojo bajo	4.783,5	17,9	1.819	2,6	17,0	1,4	2,2	
Pasto natural	6.832,1	25,6	1.006	6,8	31,1	1,4	2,4	
Pasto manejado	261,3	1,0	193	1,4	2,2	1,4	0,1	
Pasto enmalezado	1.636,2	6,1	673	2,4	24,7	1,4	0,1	
Actividad agrícola	25,7	0,1	22	1,2	1,75	1,39	0,03	
Suelo desnudo	107,03	0,4	122	0,9	1,62	1,41	0,07	
Construcciones	15,8	0,1	1	15,8	0,0	1,3	0,1	
Total	26.699,1	100,0	6.422					1.044,94

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; CAI: índice de *Área Core* o interior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO



Figura 3.2.9.6 Patrón espacial de la vegetación en el paisaje Z4

- Paisaje Z5: patrón espacial de la vegetación en un paisaje de vertientes de cordillera, conformado por rocas metamórficas en clima templado húmedo a muy húmedo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje se describe en la Tabla 3.2.9.14 y se ilustra en la Figura 3.2.9.7, la cual presenta una matriz dominada por rastrojos altos (LPI = 10), con una alta presencia de bosques secundarios. Sin embargo, esta unidad exhibe una elevada fragmentación, como se refleja en los indicadores MPS y PSSD. Estos indicadores, junto con el MNN (56,3 m), le confieren a este paisaje valores importantes de calidad biótica.

Tabla 3.2.9.14. Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z5

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	3.698,3	14,6	594	6,2	54,7	1,4	5,0	20,5
Rastrojo alto	10.413,8	41,2	1.031	10,1	103,2	1,4	10,0	28,1
Rastrojo bajo	3.760,7	14,9	1.483	2,5	11,5	1,4	1,5	
Pasto natural	5.716,0	22,6	1.118	5,1	24,2	1,4	2,2	
Pasto manejado	8,7	0,0	12	0,7	0,4	1,4	0,0	
Pasto enmalezado	1.343,6	5,3	411	3,3	27,8	1,4	2,2	
Actividad agrícola	181,6	0,7	110	1,7	1,89	1,41	0,05	
Cultivo de café	81	0,3	10	8,1	20,6	1,35	0,27	
Suelo desnudo	82,0	0,3	57	16,2	3,6	1,4	0,1	
Construcciones	1,02	0,0	1	1,0	0,0	1,39	0,0	
Total	25.286,6	100,0	4.827					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de Área Core o interior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

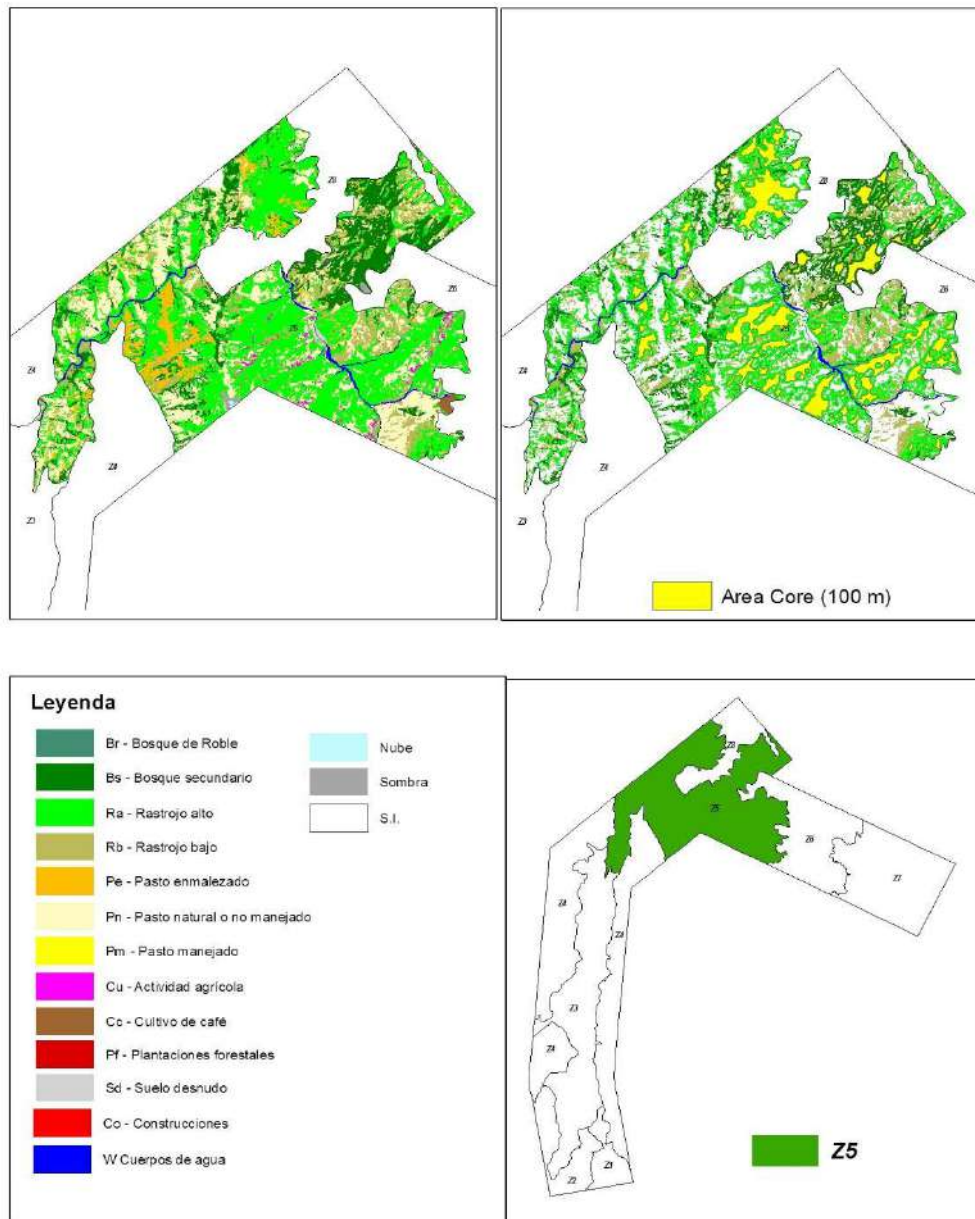


Figura 3.2.9.7 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z5

- Paisaje Z6: patrón espacial de la vegetación en un paisaje de vertientes de Cordillera, con rocas metamórficas en clima frío muy húmedo.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje de vertiente en clima frío muy húmedo se describe en la Tabla 3.2.9.15 y se ilustra en la Figura 3.2.9.8. Está dominado por una matriz de bosque secundario, que de acuerdo con los indicadores obtenidos (MNN = 1622,95, entre otros), lo clasifica como un importante corredor de biodiversidad. Se observa que estos bosques están localizados en la zona alta de montaña, y que presentan fragmentos con *Área core* o de interior de mayor extensión e interés que los otros paisajes analizados.

Tabla 3.2.9.15 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z6

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque de roble	0,7	0,0	1	0,7	0,0	1,3	0,0	45,3
Bosque secundario	4.063,1	40,2	227	17,9	148,3	1,4	20,1	27,9
Rastrojo alto	2.466,1	24,4	510	4,8	35,8	1,4	6,9	
Rastrojo bajo	465,6	4,6	179	2,6	6,8	1,4	0,7	
Pasto natural	1.163,8	11,5	300	3,9	12,0	1,4	1,0	
Pasto manejado	1.003,8	9,9	124	8,1	39,5	1,4	2,9	
Pasto enmalezado	8,0	0,1	11	0,7	0,42	1,41	0,02	
Actividad agrícola	25	0,2	27	0,9	1,33	1,39	0,07	
Cultivo de café	69,4	0,7	7	9,9	22,6	1,4	0,6	
Plantación forestal	841,86	8,3	29	29,0	109,5	1,41	5,2	
Suelo desnudo	8,4	0,1	7	1,2	1,3	1,42	0,0	
Total	10.115,7	100,0	1.422					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de *Área Core* o interior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

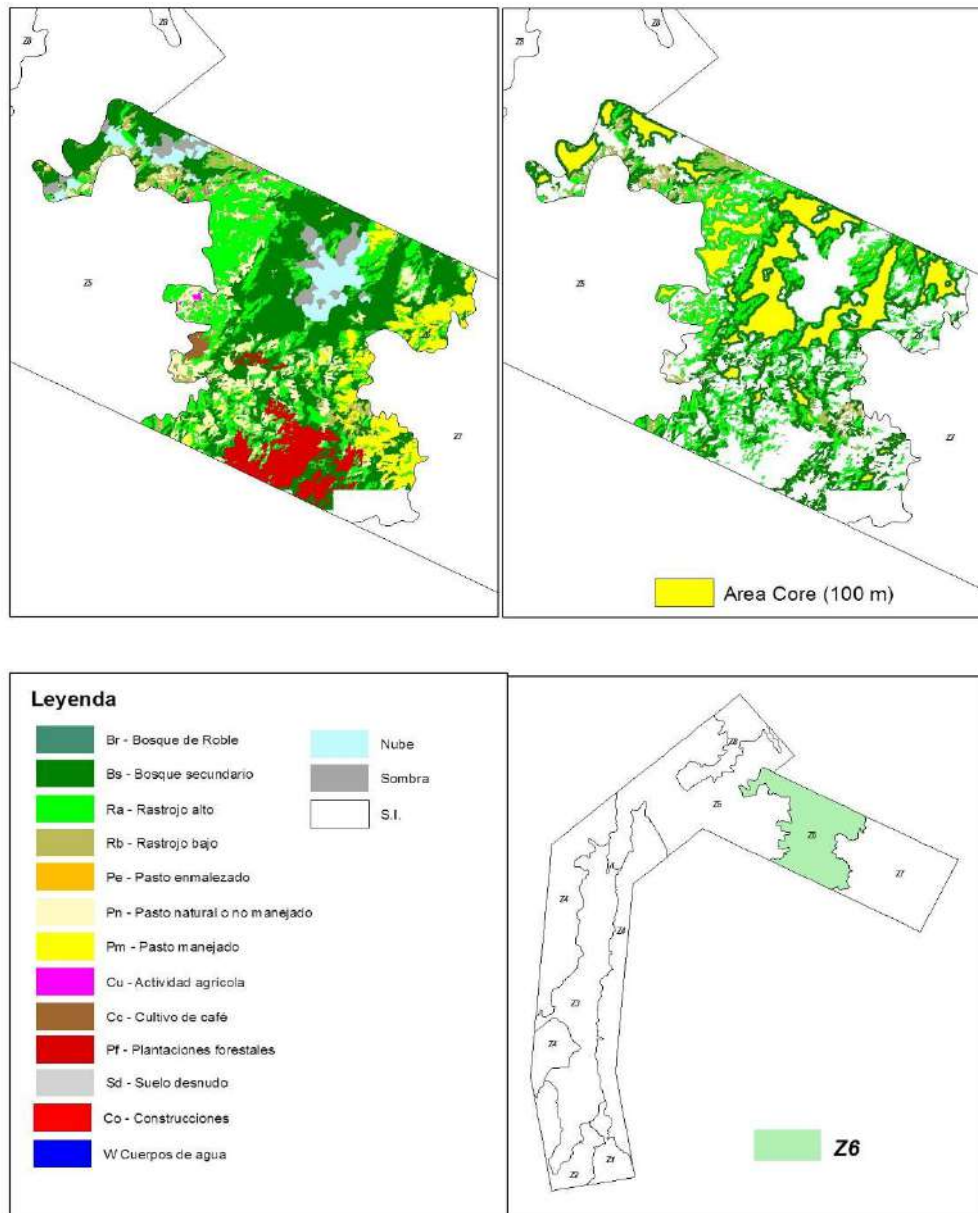


Figura 3.2.9.8 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z6

- Paisaje Z7: patrón espacial de la vegetación en un paisaje de colinas en un clima frío muy húmedo

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación está caracterizado por una amplia matriz de pastos manejados para la producción lechera del altiplano de Santa Rosa, con una dominancia muy marcada que alcanza el 71% del área total (LPI=61,6) (Tabla 3.2.9.16). Como se observa en la Figura 3.2.9.9, las coberturas boscosas están relegadas a estrechas “Cejas de montaña” o a las zonas de drenaje, con *Áreas Core*.

Tabla 3.2.9.16. Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z7

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque de Roble	45,8	0,6	10	5	4,6	1,4	0,2	8,9
Bosque secundario	973,6	12,0	204	5	14,3	1,4	1,7	6,1
Rastrojo alto	977,5	12,0	362	3	10,5	1,4	2,0	0,4
Rastrojo bajo	18,0	0,2	4	5	6,8	1,4	0,2	
Pasto natural	151,5	1,9	132	1	1,4	1,4	0,1	
Pasto manejado	5.771,0	71,1	224	26	286,8	1,4	61,6	
Actividad agrícola	0,3	0,0	1	0	0,0	1,55	0	
Plantación forestal	35,1	0,4	36	1	1,1	1,46	0,06	
Construcciones	143,4	1,8	5	29	55,8	1,4	1,7	
Total	8.116,2	100,0	978					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de *Área Core* o interior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

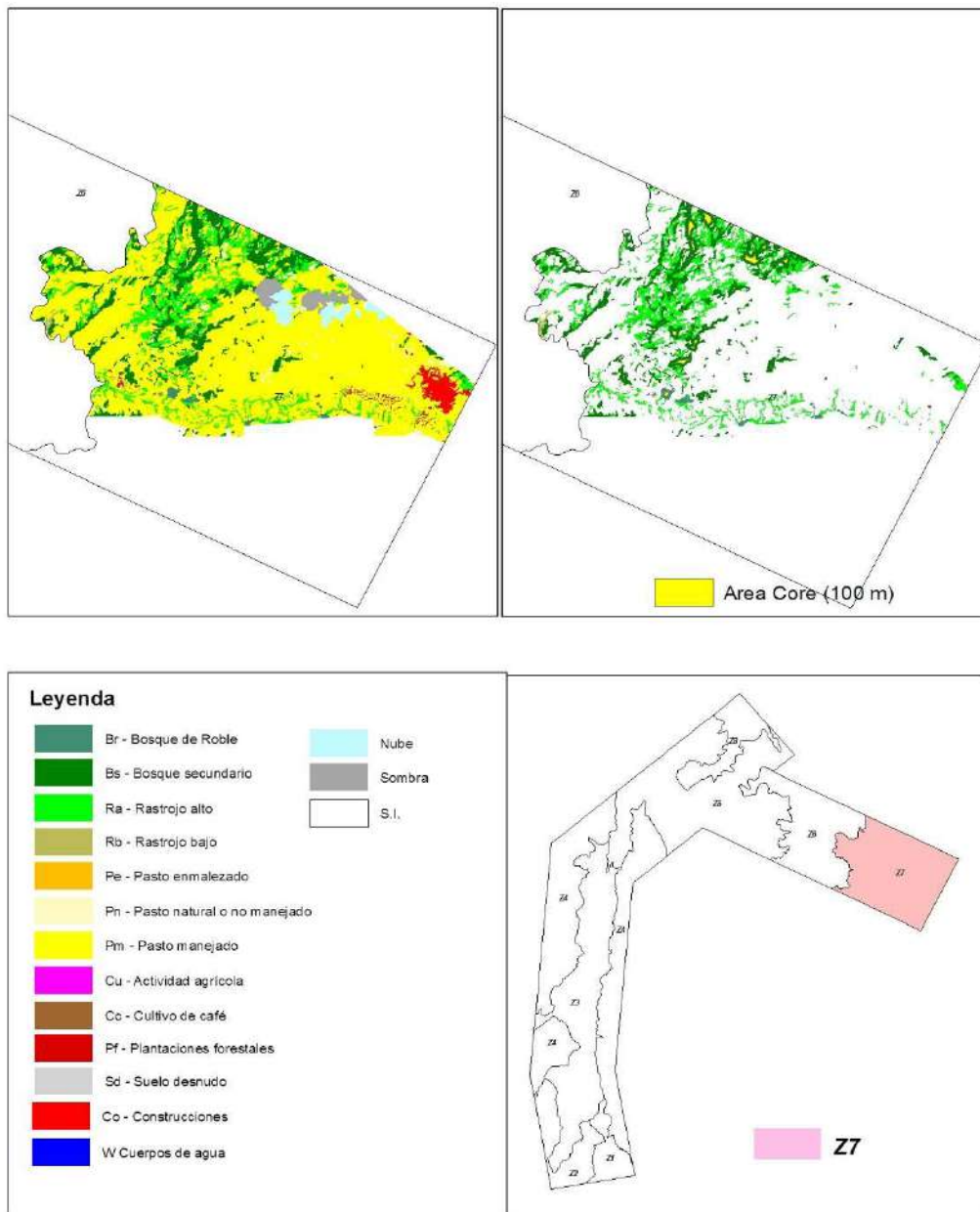


Figura 3.2.9.9 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z7

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Paisaje Z8: patrón espacial de la vegetación localizado en las estribaciones de la cordillera, Cañón del río Cauca, en clima cálido húmedo.

En la Figura 3.2.9.10 y Tabla 3.2.9.17, se aprecia que el patrón de distribución de la vegetación está dominado por una matriz de rastrojos altos y bosques secundarios, con áreas de interior o *Área core* que brindan una mejor calidad biótica a las especies. De acuerdo con la distribución espacial y la distancia promedio entre los fragmentos, este paisaje constituye un corredor que podría enriquecerse con especies de interés dentro de los programas de manejo de hábitats.

Tabla 3.2.9.17 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z8

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD	LPI	TCAI
Bosque secundario	1.451,5	29,5	151,0	10	65	1,4	15,2	22,3
Rastrojo alto	2.132,2	43,3	179,0	12	79	1,4	19,9	23,0
Rastrojo bajo	488,4	9,9	212,0	2	5	1,4	0,8	
Pasto natural	657,5	13,3	175,0	4	12	1,4	2,2	
Pasto manejado	1,7	0,0	4,0	0	0	1,4	0,0	
Pasto enmalezado	193,3	3,9	66,0	3	9	1,4	1,3	
Suelo desnudo	0,7	0,0	2,0	0	0	1,4		
Total	4.925,4	100,0	789					

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches; LPI: Índice del parche más grande; TCAI: índice de *Área Core* o interior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

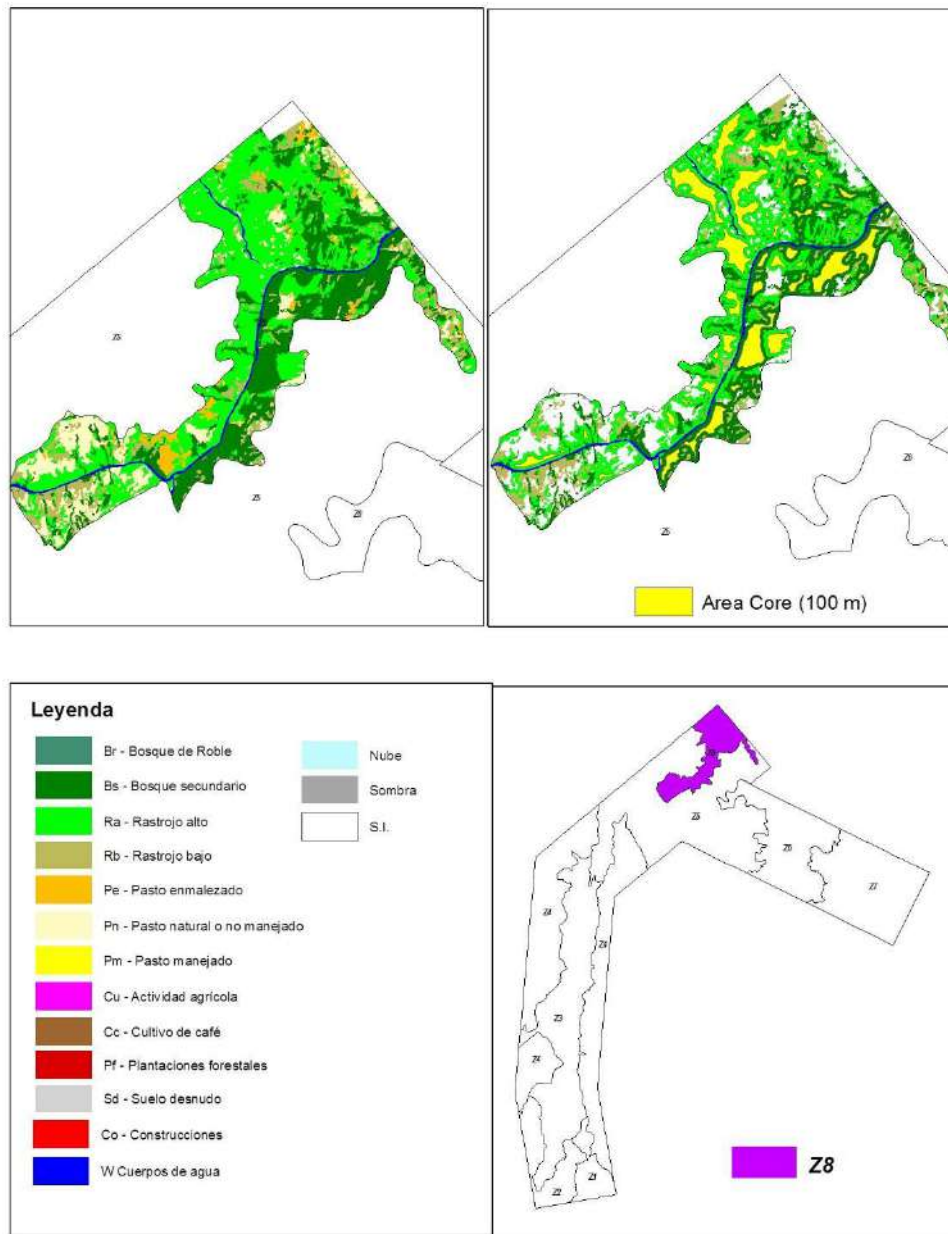


Figura 3.2.9.10 Patrón espacial de la vegetación en un paisaje Z8

- Paisaje Z9: paisaje de vertientes de cordillera, localizado sobre la margen derecha del río Cauca

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

En la Figura 3.2.9.11 y Tabla 3.2.9.18 se aprecia que el patrón de distribución de la vegetación está dominado por una matriz de rastrojos altos y la presencia de bosques secundarios. De acuerdo con los indicadores del tamaño promedio del parche y su respectiva desviación estándar, se observa que la unidad presenta un grado de fragmentación media.

Tabla 3.2.9.18 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z9

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD
Bosque secundario	1.240,9	16,7	281	4,4	34,8	1,4
Rastrojo alto	3.066,3	41,2	423	7,2	57,7	1,5
Rastrojo bajo	1.044,1	14,0	617	1,7	7,6	1,5
Pasto enmalezado	410,6	5,5	476	0,9	1,5	1,5
Pasto manejado	141,9	1,9	123	1,2	1,1	1,4
Pasto natural	1.537,4	20,7	600	2,6	8,4	1,5
Culivos	2,2	0,0	2	1,1	0,3	1,4
Total	7.441,1	100,0	2.520			

CA: Área (ha)clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

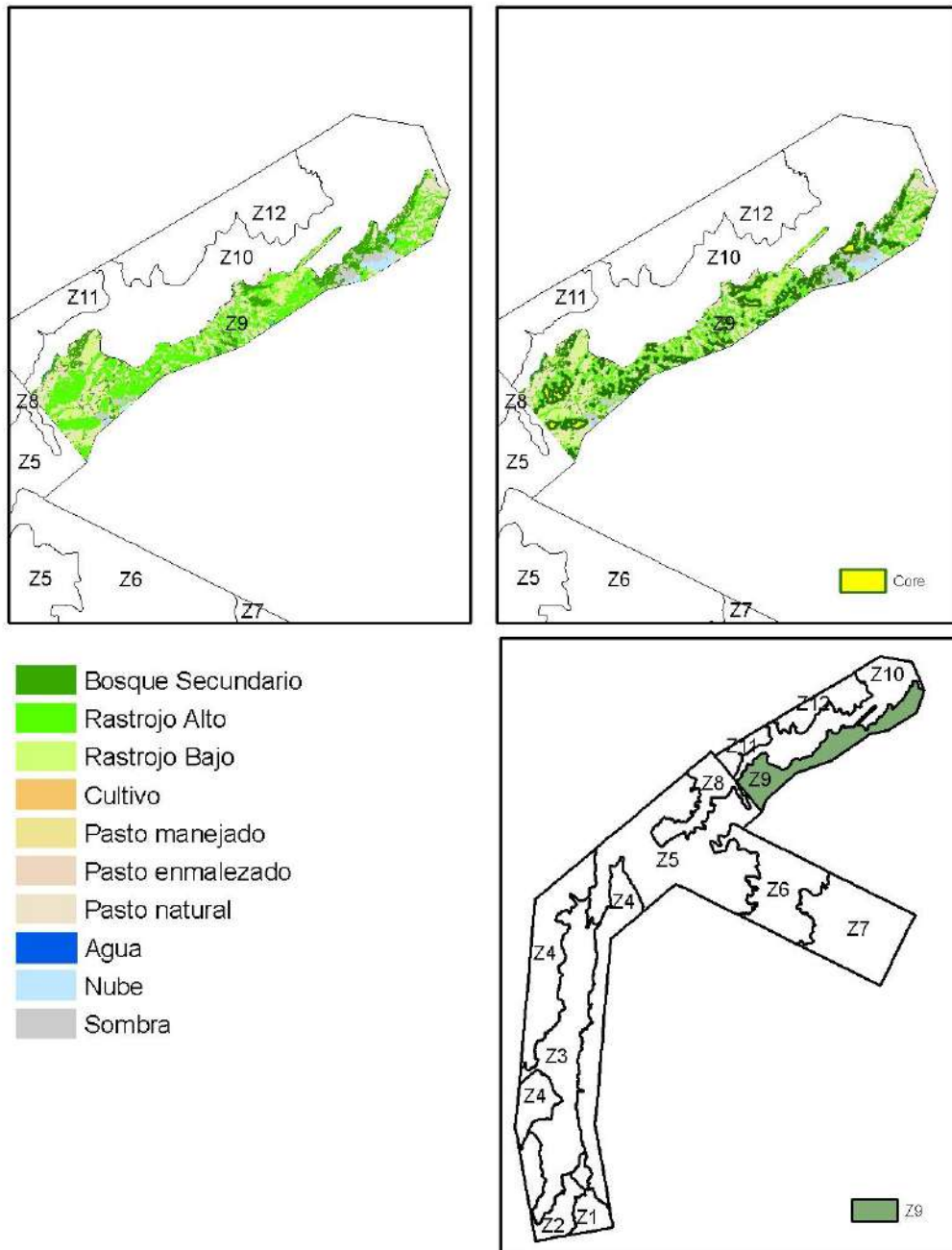


Figura 3.2.9.11 Patrón espacial de la vegetación en el paisaje Z9

- Paisaje Z10: paisaje de vertientes en las estribaciones de la cordillera en el cañón del río Cauca.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje de vertiente se describe en la Tabla 3.2.9.19. En este paisaje se presenta una matriz de bosque secundario y como se observa en la Figura 3.2.9.12, esta cobertura junto con los rastrojos conforman importantes corredores de biodiversidad, es decir, que en esta zona se dan ciertas potencialidades para conformar un “corredor biológico” a través de procesos de enriquecimiento de la vegetación con especies de interés.

Tabla 3.2.9.19 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z10

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD
Bosque secundario	4.290,7	42,1	493	8,7	61,2	1,5
Rastrojo alto	2.608,7	25,6	874	3,0	15,3	1,4
Rastrojo bajo	497,8	4,9	325	1,5	4,1	1,5
Pasto enmalezado	426,1	4,2	334	1,3	3,7	1,4
Pasto manejado	70,2	0,7	36	1,9	2,8	1,4
Pasto natural	2.198,9	21,6	631	3,5	17,6	1,3
Cultivos	95,3	0,9	107	0,9	0,7	1,4
Total	10.187,7	100,0	2.800			

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

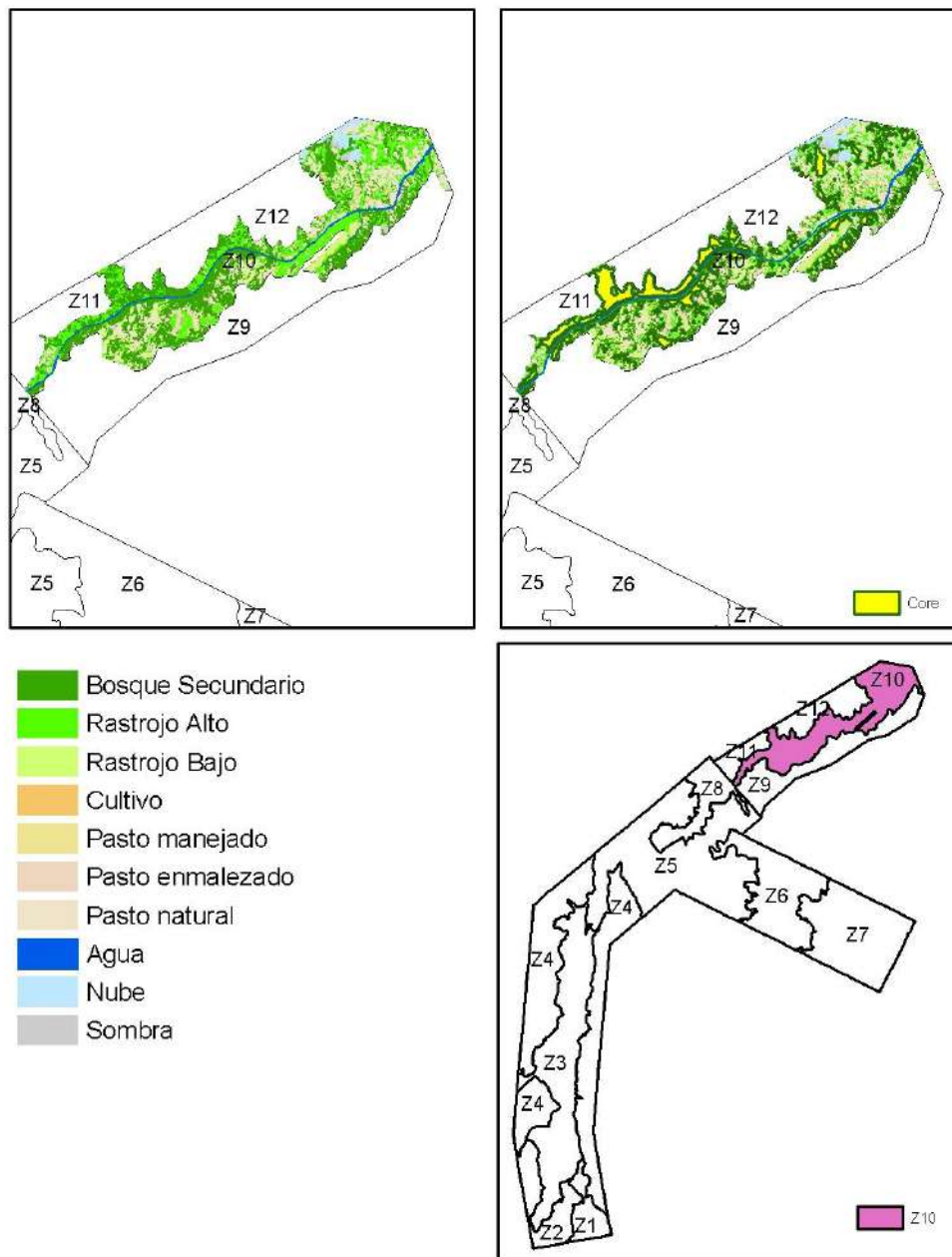


Figura 3.2.9.12 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z10

- Paisaje Z11: paisaje de vertiente de cordillera, localizado en la margen izquierda del río Cauca.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje de vertiente se describe en la Tabla 3.2.9.20. Este paisaje está dominado por una matriz de bosque secundario (Figura 3.2.9.13), es notorio que los fragmentos de bosques y rastrojos que conforman la zona, presentan un grado de fragmentación, de acuerdo con los datos arrojados por los indicadores de tamaño y desviación promedio de los parches.

Tabla 3.2.9.20 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z11

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD
Bosque secundario	944,2	47,4	81	11,7	60,6	1,4
Rastrojo alto	701,3	35,2	151	4,6	13,8	1,5
Rastrojo bajo	34,0	1,7	40	0,9	0,9	1,4
Pasto natural	193,9	9,7	76	2,6	5,3	1,4
Pasto enmalezado	120,3	6,0	57	2,1	8,7	1,5
Total	1.993,6	100,0	405			

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

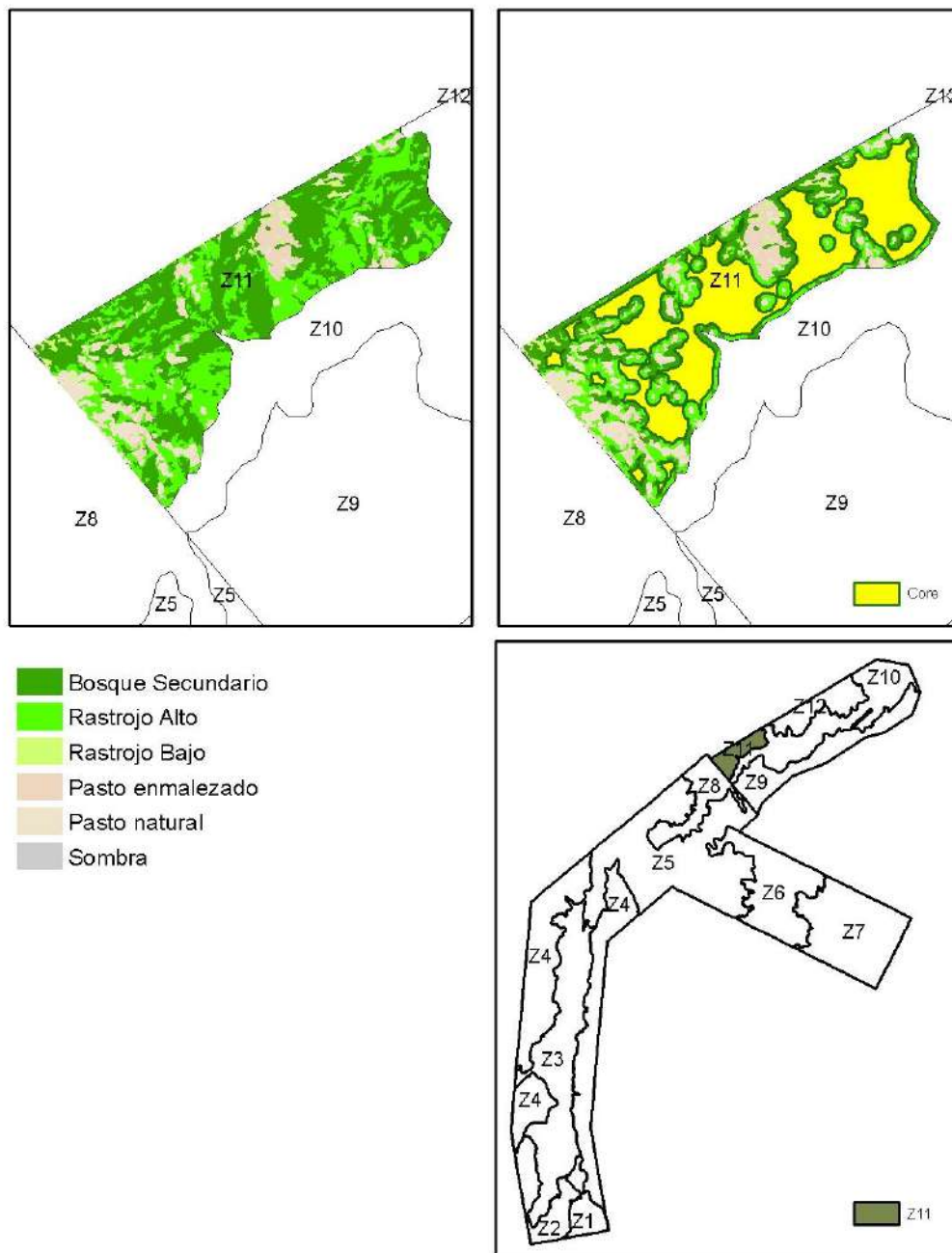


Figura 3.2.9.13 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z11

- Paisaje Z12: paisaje de vertientes de filos moderados con forma alargada y cima redondeada e inclinación moderada.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El patrón de la vegetación para este paisaje se describe en la Tabla 3.2.9.21 y se ilustra en la Figura 3.2.9.14, en éste se presenta una matriz dominada por bosques secundarios, con una alta presencia de rastrojos altos. Sin embargo, esta unidad exhibe una elevada fragmentación, como se refleja en los indicadores MPS y PSSD.

Tabla 3.2.9.21 Índices ecológicos a nivel de paisaje para las coberturas del Paisaje Z12

Clase	CA	%	NUMP	MPS	PSSD	MPFD
Bosque secundario	1.693,7	46,1	273	6,2	53,0	1,5
Rastrojo alto	1.107,9	30,2	419	2,6	9,9	1,5
Rastrojo bajo	45,4	1,2	52	0,9	1,0	1,4
Pasto natural	749,3	20,4	284	2,6	6,9	1,5
Cultivos	78,1	2,1	72	1,1	1,5	1,5
Total	3.674,4	100,0	1.100			

CA: Área (ha) por clase; %: porcentaje de ocupación por clase; NUMP: número de parches; MPS: tamaño medio parche; PSSD: desviación estándar del tamaño medio de los parches; MPFD: dimensión fractal media de los parches.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

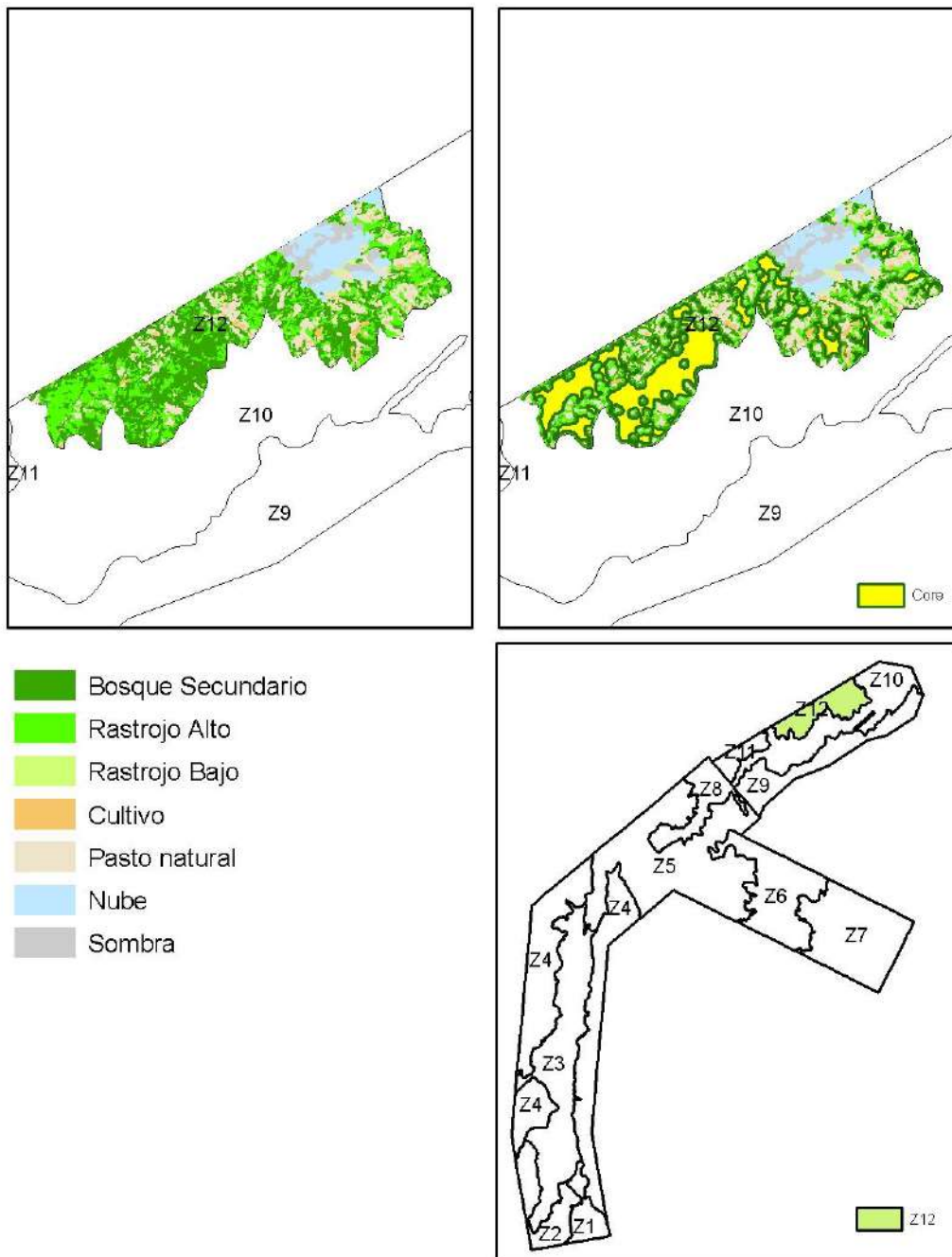


Figura 3.2.9.14 Patrón espacial de la vegetación en paisaje Z12

- Mapa de unidades de análisis paisajístico

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

El mapa de unidades de análisis paisajístico se obtuvo a través del desarrollo de la metodología de cuadrículas aplicada al área de estudio, mediante el uso de información primaria brindada a partir de las imágenes satelitales SPOT 5 con resolución espacial de 10 metros (Ver mapa D-PHI-110-LB-PR-SAT-010). Esta información servirá además como línea base para el monitoreo del paisaje.

Fue necesaria la eliminación de áreas cubiertas por nubes, o sin ninguna información, ya que no es posible determinar el tipo de cobertura que se encuentra oculta. Por otro lado, en la Tabla 3.2.9.22 se presenta la información de las coberturas existentes y las áreas efectivas de análisis.

Tabla 3.2.9.22 Áreas de coberturas utilizadas en el análisis

Coberturas	Símbolo	Área (km²)	Área (ha)	% Área (ha)
Rastrojo alto	Ra	360,2	36.023,5	28,7
Pasto natural	Pn	313,0	31.303,0	25,0
Bosque secundario	Bs	292,4	29.238,5	23,3
Rastrojo bajo	Rb	146,3	14.631,4	11,7
Pasto manejado	Pm	76,3	7.626,7	6,1
Pasto enmalezado	Pe	31,1	3.109,7	2,5
Agua	W	14,5	1.454,7	1,2
Plantación forestal	Pf	8,8	880,9	0,7
Cultivos	Cu	4,1	410,9	0,3
Suelo desnudo	Sd	2,6	258,3	0,2
Construcciones	Co	1,8	184,4	0,1
Cultivo de café	Cc	1,5	150,6	0,1
Bosque roble	Br	0,5	46,8	0,0
Barras de arena	Bar	0,3	32,3	0,0
Sin información*	S.I.	83,1	8.305,8	
Sombra*	Sombra	20,0	1.996,7	
Nube*	Nube	24,1	2.407,6	
Línea*	Línea	0,0	1,7	
Total		1.380,6	138.063,6	

* Áreas de exclusión

Adicionalmente, se empleó información compuesta por cartografía base, mapas temáticos de los aspectos físico-bióticos, litología y geología (D-PHI-110-LB-PR-LIT), edafología (D-PHI-110-LB-PR-EDA), geomorfología (D-PHI-110-LB-PR-GEO),

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

cobertura vegetal y uso del suelo (D-PHI-110-LB-PR-COB-010, D-PHI-110-LB-LT-COB-010, D-PHI-110-LB-SA-COB-010).

- Calificación de la calidad visual por cuadrículas

El análisis de la calidad visual del paisaje se realizó en un área de 1.354,4 km² debido a la extracción de las zonas de coberturas ocultas por nubes o áreas sin información presentadas en la imagen satelital. Adicionalmente, se excluyó el área de las cuadrículas que no presentaban una ocupación mayor al 5%, debido a que por debajo de éste porcentaje no se considera representativa la información de los contextos para la evaluación.

A continuación se exponen los resultados obtenidos por cuadrícula para cada uno de los atributos de los tres contextos evaluados.

- Contexto topográfico

Los parámetros y su calificación se muestran en la Tabla 3.2.9.23, en donde se puede observar que seis de las cuadrículas presentan una variedad de relieve medio inferior representando el 6,5% del área, correspondiente a 87,5 km² estas áreas se localizan en la parte más amplia del río Cauca cerca al municipio de Santa Fé de Antioquia y en el costado occidental del altiplano norte de Antioquia, también se presenta en la zona del municipio de Valdivia. Las cuadrículas que muestran una variedad de relieve medio superior representan un área de 544,7 km² equivalente al 40,2% del área. Finalmente, el nivel superior es el que mayor área representa (722,2 km²), lo que equivale a 53,3%, esto se debe a las altas diferencias de pendiente que se presentan en el cañón del río Cauca.

Tabla 3.2.9.23 Calificación de los atributos del contexto topográfico por cuadrícula

Cuadrícula	Área (km ²)	Unidad de nivel con mayor área ocupada	Área ocupada por cuadrícula		Diferencia de elevación por cuadrícula (m)	Calificación		Nivel	
			km ²	%		Variedad de relieve	Contraste de elevación	Variedad de relieve	Contraste de elevación
A-1	12,9	1200-1400	5,0	38,6	800	3	2	medio superior	medio
A-2	20,8	400-600	7,3	34,9	1.025	3	2	medio superior	medio
A-3	11,5	400-600	7,8	67,9	400	2	1	medio inferior	inferior
B-1	17,7	1400-1600	5,9	33,2	1.100	3	2	medio superior	medio
B-2	25,0	400-600	9,4	37,6	1.025	3	2	medio superior	medio
B-3	13,1	600-800	5,2	39,7	850	3	2	medio superior	medio
C-1	22,1	1200-1400	4,3	19,5	1.450	4	3	superior	superior
C-2	25,0	400-600	7,1	28,3	675	3	1	medio superior	inferior
C-3	8,7	800-1000	3,3	38,4	900	3	2	medio superior	medio
D-1	24,2	800-1000	4,2	17,3	1.600	4	3	superior	superior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Unidad de nivel con mayor área ocupada	Área ocupada por cuadrícula		Diferencia de elevación por cuadrícula (m)	Calificación		Nivel	
			km ²	%		Variedad de relieve	Contraste de elevación	Variedad de relieve	Contraste de elevación
D-2	25,0	800-1000	7,2	28,8	1.150	3	2	medio superior	medio
D-3	6,2	1200-1400	1,7	27,8	1.250	3	2	medio superior	medio
E-1	22,1	400-600	5,2	23,5	1.425	4	3	superior	superior
E-2	25,0	1000-1200	6,0	23,9	1.550	4	3	superior	superior
E-3	8,2	1600-1800	2,4	29,7	1.100	3	2	medio superior	medio
F-1	19,9	400-600	3,8	18,9	1.575	4	3	superior	superior
F-2	25,0	1000-1200	5,8	23,2	1.375	4	3	superior	superior
F-3	10,3	1600-1800	2,4	23,3	1.300	4	3	superior	superior
G-1	17,7	1000-1200	2,3	13,1	1.650	4	3	superior	superior
G-2	25,0	400-600	6,7	26,8	925	3	2	medio superior	medio
G-3	12,5	1200-1400	3,3	26,5	1.350	3	3	medio superior	superior
H-1	15,5	2000-2200	4,1	26,3	1.250	3	2	medio superior	medio
H-2	25,0	400-600	5,9	23,8	1.725	4	3	superior	superior
H-3	14,7	800-1000	4,5	30,8	1.450	3	3	medio superior	superior
I-1	13,3	2000-2200	1,7	12,7	1.800	4	3	superior	superior
I-2	25,0	400-600	4,9	19,6	1.800	4	3	superior	superior
I-3	20,1	600-800	5,4	26,9	1.600	3	3	medio superior	superior
I-7	2,3	2200-2400	1,2	52,6	550	2	1	medio inferior	inferior
I-8	13,8	2600-2800	6,3	45,6	700	3	2	medio superior	inferior
I-9	24,0	2400-2600	10,1	42,3	650	3	1	medio superior	inferior
I-10	25,0	2200-2400	15,1	60,3	350	2	1	medio inferior	inferior
I-11	21,9	2000-2200	12,0	55,1	700	2	2	medio inferior	inferior
J-1	8,2	2000-2200	1,7	20,7	1.850	4	3	superior	superior
J-2	24,8	600-800	4,3	17,4	1.850	4	3	superior	superior
J-3	25,0	600-800	5,8	23,3	1.700	4	3	superior	superior
J-4	20,6	1200-1400	2,5	12,1	1.550	4	3	superior	superior
J-5	5,4	1800-2000	1,1	21,0	1.300	4	3	superior	superior
J-6	13,9	600-800	3,0	21,3	1.000	4	2	superior	medio
J-7	24,0	2000-2200	4,5	18,7	1.750	4	3	superior	superior
J-8	25,0	2400-2600	13,6	54,2	750	2	2	medio inferior	medio
J-9	25,0	2000-2200	8,4	33,5	1.000	3	2	medio superior	medio

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Unidad de nivel con mayor área ocupada	Área ocupada por cuadrícula		Diferencia de elevación por cuadrícula (m)	Calificación		Nivel	
			km ²	%		Variedad de relieve	Contraste de elevación	Variedad de relieve	Contraste de elevación
J-10	22,1	2400-2600	10,3	46,5	700	3	2	medio superior	inferior
J-11	10,3	2200-2400	3,1	30,7	550	3	1	medio superior	inferior
K-2	8,1	1400-1600	2,1	26,1	1.425	3	3	medio superior	superior
K-3	24,0	400-600	5,8	24,2	1.125	3	2	medio superior	medio
K-4	25,0	600-800	5,4	21,5	1.750	4	3	superior	superior
K-5	25,0	1200-1400	5,0	20,0	1.575	4	3	superior	superior
K-6	25,0	600-800	4,8	19,2	1.875	4	3	superior	superior
K-7	25,0	1800-2000	4,8	19,0	1.450	4	3	superior	superior
K-8	22,0	1400-1600	3,8	17,4	1.650	4	3	superior	superior
K-9	10,2	2000-2200	2,7	26,3	1.350	3	3	medio superior	superior
L-3	4,9	1000-1200	1,7	34,9	1.000	3	2	medio superior	medio
L-4	22,3	400-600	7,1	31,7	1.050	3	2	medio superior	medio
L-5	25,0	400-600	5,5	22,1	1.250	4	2	superior	medio
L-6	25,0	800-1000	3,9	15,4	2.100	4	3	superior	superior
L-7	17,3	2200-2400	3,5	20,4	1.800	4	3	superior	superior
M-4	2,6	800-1000	1,3	48,8	500	3	1	medio superior	inferior
M-5	19,9	1400-1600	4,80	24,08	1.400	3	3	medio superior	superior
M-6	25,0	400-600	6,92	27,68	1.425	3	3	medio superior	superior
M-7	24,5	800-1000	4,24	17,32	1.575	4	3	superior	superior
M-8	6,89	1600-1800	1,99	28,87	1.000	3	2	medio superior	medio
N-5	0,97	400-600	0,31	32,19	900	3	2	medio superior	medio
N-6	13,9	800-1000	3,35	24,16	1.325	3	3	medio superior	superior
N-7	24,1	600-800	5,41	22,44	1.450	4	3	superior	superior
N-8	24,7	600-800	4,58	18,58	1.500	4	3	superior	superior
N-9	17,60	1200-1400	4,66	26,47	1.250	3	2	medio superior	medio
N-10	4,06	400-600	1,81	44,51	700	3	2	medio superior	inferior
O-7	3,2	800-1000	0,72	22,72	1.375	4	3	superior	superior
O-8	17,0	600-800	3,41	20,08	1.450	4	3	superior	superior
O-9	25,0	400-600	4,96	19,84	1.300	4	3	superior	superior
O-10	24,28	200-400	6,47	26,65	1.150	3	2	medio superior	medio
O-11	16,74	600-800	3,98	23,74	1.200	4	2	superior	medio

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Unidad de nivel con mayor área ocupada	Área ocupada por cuadrícula		Diferencia de elevación por cuadrícula (m)	Calificación		Nivel	
			km ²	%		Variedad de relieve	Contraste de elevación	Variedad de relieve	Contraste de elevación
O-12	1,88	400-600	0,97	51,89	550	2	1	medio inferior	inferior
P-9	6,8	1000-1200	2,05	30,15	1.400	3	3	medio superior	superior
P-10	21,3	1000-1200	4,67	21,99	1.700	4	3	superior	superior
P-11	25,0	200-400	5,48	21,94	1.350	4	3	superior	superior
P-12	7,51	400-600	2,48	33,07	700	3	2	medio superior	inferior

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En el contraste de elevación se registraron 13 cuadrículas con nivel inferior, representadas en un área de 171,8 km² correspondiente al 12,7%. En nivel medio se registraron 23 cuadrículas con un total de área de 384,7 km² representado el 28,4%. En el nivel de contraste superior se encontraron 41 cuadrículas con un total de área de 797,9 km², lo que demuestra que el 58,9% de la zona presenta fuertes cambios de pendientes.

- Contexto hídrico

Los parámetros y la calificación de este contexto se realizaron por km², debido a que varias cuadrículas se encuentran partidas y no corresponden al área total de análisis.

Como se observa en la Tabla 3.2.9.24, la mayor parte del área presenta un nivel medio inferior en la calificación del número de cauces, con un 52,9% del área, correspondiente a 716,9 km², seguido por el nivel medio superior con un 22,1% y un área de 299,3 km², el nivel inferior presentó un 19,5% y un área de 264,3 km². Finalmente, el nivel de menor porcentaje fue el superior con un 5,5% y su área correspondiente es de 73,9 km².

Estos resultados indican que la mayor parte del área, la cual, corresponde a 1.016,2 km² (75% del área total), tienen entre cinco y nueve cauces por km².

Tabla 3.2.9.24 Calificación de los atributos del contexto hídrico por cuadrícula

Cuadrícula	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		Nº	Longitud (km)	Nº/ km ²	km/ km ²	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces
A-1	12,9	92	42,7	7,1	3,3	3	1	medio inferior	inferior
A-2	20,8	90	67,3	4,3	3,2	1	1	inferior	inferior
A-3	11,5	55	35,7	4,8	3,1	1	1	inferior	inferior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		Nº	Longitud (km)	Nº/ km ²	km/ km ²	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces
B-1	17,7	109	46,9	6,2	2,6	2	1	medio inferior	inferior
B-2	25,0	154	95,8	6,2	3,8	2	2	medio inferior	medio inferior
B-3	13,1	65	47,1	5,0	3,6	1	1	inferior	inferior
C-1	22,1	100	44,5	4,5	2,0	1	1	inferior	inferior
C-2	25,0	207	109,2	8,3	4,4	3	3	medio superior	medio superior
C-3	8,7	68	32,4	7,8	3,7	3	2	medio superior	medio inferior
D-1	24,2	198	114,1	8,2	4,7	3	4	medio superior	superior
D-2	25,0	178	85,1	7,1	3,4	3	1	medio inferior	inferior
D-3	6,2	24	8,7	3,9	1,4	1	1	inferior	inferior
E-1	22,1	192	111,6	8,7	5,1	3	4	medio superior	superior
E-2	25,0	202	110,5	8,1	4,4	3	3	medio superior	medio superior
E-3	8,2	44	22,5	5,4	2,8	2	1	medio inferior	inferior
F-1	19,9	140	93,4	7,0	4,7	2	4	medio inferior	superior
F-2	25,0	149	103,3	6,0	4,1	2	3	medio inferior	medio superior
F-3	10,3	55	30,9	5,3	3,0	2	1	medio inferior	inferior
G-1	17,7	149	89,3	8,4	5,1	3	4	medio superior	superior
G-2	25,0	176	106,7	7,0	4,3	2	3	medio inferior	medio superior
G-3	12,5	66	35,2	5,3	2,8	2	1	medio inferior	inferior
H-1	15,5	87	50,1	5,6	3,2	2	1	medio inferior	inferior
H-2	25,0	156	103,4	6,2	4,1	2	3	medio inferior	medio superior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		N°	Longitud (km)	N°/ km ²	km/ km ²	N° Cauces/ km ²	Densidad de cauces	N° Cauces/ km ²	Densidad de cauces
H-3	14,7	76	46,2	5,2	3,1	2	1	medio inferior	inferior
I-1	13,3	91	55,4	6,8	4,2	2	3	medio inferior	medio superior
I-2	25,0	151	104,7	6,0	4,2	2	3	medio inferior	medio superior
I-3	20,1	109	71,2	5,4	3,5	2	1	medio inferior	inferior
I-7	2,3	14	6,2	6,1	2,7	2	1	medio inferior	inferior
I-8	13,8	117	51,8	8,5	3,7	3	2	medio superior	medio inferior
I-9	24,0	100	47,1	4,2	2,0	1	1	inferior	inferior
I-10	25,0	141	56,8	5,6	2,3	2	1	medio inferior	inferior
I-11	21,9	108	51,9	4,9	2,4	1	1	inferior	inferior
J-1	8,2	45	21,7	5,5	2,7	2	1	medio inferior	inferior
J-2	24,8	158	103,8	6,4	4,2	2	3	medio inferior	medio superior
J-3	25,0	142	88,9	5,7	3,6	2	1	medio inferior	inferior
J-4	20,6	125	83,8	6,1	4,1	2	2	medio inferior	medio inferior
J-5	5,4	42	17,0	7,8	3,2	3	1	medio superior	inferior
J-6	13,9	81	48,2	5,8	3,5	2	1	medio inferior	inferior
J-7	24,0	99	64,0	4,1	2,7	1	1	inferior	inferior
J-8	25,0	356	130,9	14,2	5,2	4	4	superior	superior
J-9	25,0	193	110,4	7,7	4,4	3	3	medio superior	medio superior
J-10	22,1	188	92,3	8,5	4,2	3	3	medio superior	medio superior
J-11	10,3	53	21,3	5,2	2,1	2	1	medio inferior	inferior
K-2	8,1	48	27,8	5,9	3,4	2	1	medio	inferior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		N°	Longitud (km)	N°/ km ²	km/ km ²	N° Cauces/ km ²	Densidad de cauces	N° Cauces/ km ²	Densidad de cauces
								inferior	
K-3	24,0	132	92,7	5,5	3,9	2	2	medio inferior	medio inferior
K-4	25,0	190	108,4	7,6	4,3	3	3	medio superior	medio superior
K-5	25,0	136	80,4	5,4	3,2	2	1	medio inferior	inferior
K-6	25,0	114	76,6	4,6	3,1	1	1	inferior	inferior
K-7	25,0	151	77,6	6,0	3,1	2	1	medio inferior	inferior
K-8	22,0	133	65,3	6,0	3,0	2	1	medio inferior	inferior
K-9	10,2	83	43,3	8,2	4,3	3	3	medio superior	medio superior
L-3	4,9	41	20,7	8,3	4,2	3	3	medio superior	medio superior
L-4	22,3	151	84,2	6,8	3,8	2	2	medio inferior	medio inferior
L-5	25,0	143	92,3	5,7	3,7	2	2	medio inferior	medio inferior
L-6	25,0	177	87,9	7,1	3,5	2	1	medio inferior	inferior
L-7	17,3	139	67,4	8,0	3,9	3	2	medio superior	medio inferior
M-4	2,6	13	6,4	5,1	2,5	1	1	inferior	inferior
M-5	19,9	75	50,3	3,8	2,5	1	1	inferior	inferior
M-6	25,0	131	82,0	5,2	3,3	2	1	medio inferior	inferior
M-7	24,5	238	113,4	9,7	4,6	4	3	superior	medio superior
M-8	6,9	59	27,3	8,6	4,0	3	2	medio superior	medio inferior
N-5	1,0	6	3,6	6,2	3,7	2	2	medio inferior	medio inferior
N-6	13,9	51	32,6	3,7	2,3	1	1	inferior	inferior
N-7	24,1	135	85,1	5,6	3,5	2	1	medio inferior	inferior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		Nº	Longitud (km)	Nº/ km ²	km/ km ²	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces	Nº Cauces/ km ²	Densidad de cauces
N-8	24,7	165	99,3	6,7	4,0	2	2	medio inferior	medio inferior
N-9	17,6	72	55,3	4,1	3,1	1	1	inferior	inferior
N-10	4,1	36	16,3	8,9	4,0	3	2	medio superior	medio inferior
O-7	3,2	33	13,5	10,4	4,3	4	3	superior	medio superior
O-8	17,0	139	68,4	8,2	4,0	3	2	medio superior	medio inferior
O-9	25,0	105	79,6	4,2	3,2	1	1	inferior	inferior
O-10	24,3	152	90,4	6,3	3,7	2	2	medio inferior	medio inferior
O-11	16,7	74	48,0	4,4	2,9	1	1	inferior	inferior
O-12	1,9	12	6,2	6,4	3,3	2	1	medio inferior	inferior
P-9	6,8	48	26,6	7,1	3,9	2	2	medio inferior	medio inferior
P-10	21,3	204	98,8	9,6	4,6	4	3	superior	medio superior
P-11	25,0	186	102,6	7,4	4,1	3	3	medio superior	medio superior
P-12	7,5	40	25,5	5,3	3,4	2	1	medio inferior	inferior

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

La densidad de drenajes se presentó en mayor proporción en el nivel inferior con un 48,4% del área, seguido por el nivel medio superior con un porcentaje del 25,8% y el nivel medio inferior con 17,8%. Finalmente, el nivel de menor porcentaje corresponde al superior con un 8%, representado por 108,8 km², lo que demuestra que en la mayor parte del área del proyecto no se presentan longitudes de canales por unidad de superficie superiores a 4,7 km/ km².

- Contexto vegetación

En la Tabla 3.2.9.25 se observa que 30 de las cuadrículas presentan una calificación de la cobertura dominante inferior, lo que indica que el 47,4% del total del área del proyecto está ocupada por pastos y/o cultivos, correspondiente a 642,5 km². Los rastrojos altos y las plantaciones forestales contenidos en la calificación medio superior ocupan el 29,7% del área total, lo que corresponde a 403,2 km². La cobertura de

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

bosque es dominante en 18 cuadrículas y pertenece al nivel superior de calificación con un área de 295,4 km², correspondiente al 21,8%. Solo se presentó una cuadrícula con calificación medio inferior correspondiente a 13,3 km², área en la cual predominan los rastrojos bajos.

Tabla 3.2.9.25 Calificación de los atributos del contexto vegetación por cuadrícula

Cuadrícula	Cobertura Dominante	% Área Cob. Dominante	Combinación de usos	Calificación		Nivel	
				Cobertura Dominante	Combinación de usos	Cobertura Dominante	Combinación de usos
A-1	Pn	34,3	5+1	1	2	inferior	medio inferior
A-2	Pn	33,4	5	1	1	inferior	inferior
A-3	Ra	32,2	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
B-1	Pn	40,0	5	1	1	inferior	inferior
B-2	Ra	37,2	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
B-3	Ra	53,7	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
C-1	Pn	63,6	6	1	2	inferior	medio inferior
C-2	Pn	48,9	7+1+1	1	3	inferior	medio superior
C-3	Pn	41,2	8+1+1	1	4	inferior	superior
D-1	Pn	44,1	6+1+1	1	3	inferior	medio superior
D-2	Pn	42,1	6+1+1	1	3	inferior	medio superior
D-3	Ra	55,8	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
E-1	Pn	53,4	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
E-2	Pn	41,8	6+1+1	1	3	inferior	medio superior
E-3	Ra	57,2	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
F-1	Pn	50,9	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
F-2	Pn	30,0	6+1+1	1	3	inferior	medio superior
F-3	Ra	36,0	6	3	2	medio superior	medio inferior
G-1	Pn	28,8	5+1	1	2	inferior	medio inferior
G-2	Pn	40,0	7+1+1	1	3	inferior	medio superior
G-3	Bs	34,3	6+1	4	2	superior	medio inferior
H-1	Bs	30,7	6	4	2	superior	medio inferior
H-2	Pn	41,6	6+1+1	1	3	inferior	medio superior
H-3	Bs	39,9	6+1	4	2	superior	medio inferior
I-1	Rb	34,6	7+1	2	3	medio inferior	medio superior
I-2	Pn	85,4	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
I-3	Bs	78,3	6+1	4	2	superior	medio inferior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Cobertura Dominante	% Área Cob. Dominante	Combinación de usos	Calificación		Nivel	
				Cobertura Dominante	Combinación de usos	Cobertura Dominante	Combinación de usos
I-7	Bs	43,4	5	4	1	superior	inferior
I-8	Pf	27,5	6	3	2	medio superior	medio inferior
I-9	Pm	29,2	7	1	2	inferior	medio inferior
I-10	Pm	54,4	7	1	2	inferior	medio inferior
I-11	Pm	68,9	9+1	1	4	inferior	superior
J-1	Bs	61,1	4	4	1	superior	inferior
J-2	Pn	62,8	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
J-3	Pn	89,8	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
J-4	Pn	34,1	5	1	1	inferior	inferior
J-5	Ra	31,6	4	3	1	medio superior	inferior
J-6	Ra	42,1	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
J-7	Pn	67,7	9+1+1	1	4	inferior	superior
J-8	Bs	56,2	7	4	2	superior	medio inferior
J-9	Pm	30,5	5	1	1	inferior	inferior
J-10	Pm	46,1	4	1	1	inferior	inferior
J-11	Pm	63,0	5	1	1	inferior	inferior
K-2	Bs	27,9	5+1	4	2	superior	medio inferior
K-3	Pn	38,1	7+1+1	1	3	inferior	medio superior
K-4	Ra	39,7	5+1+1	3	2	medio superior	medio inferior
K-5	Ra	65,1	7+1	3	3	medio superior	medio superior
K-6	Ra	43,8	7+1	3	3	medio superior	medio superior
K-7	Ra	57,0	6+1+1	3	3	medio superior	medio superior
K-8	Bs	57,4	6	4	2	superior	medio inferior
K-9	Bs	48,6	4+1	4	1	superior	inferior
L-3	Ra	36,0	5+1+1	3	2	medio superior	medio inferior
L-4	Pn	38,9	5+1+1	1	2	inferior	medio inferior
L-5	Ra	37,1	6+1+1	3	3	medio superior	medio superior
L-6	Bs	60,1	7+1	4	3	superior	medio superior
L-7	Bs	46,1	5	4	1	superior	inferior
M-4	Ra	27,8	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
M-5	Ra	59,72	6+1	3	2	medio superior	medio inferior

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Cobertura Dominante	% Área Cob. Dominante	Combinación de usos	Calificación		Nivel	
				Cobertura Dominante	Combinación de usos	Cobertura Dominante	Combinación de usos
M-6	Ra	43,38	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
M-7	Ra	39,18	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
M-8	Ra	54,26	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
N-5	Ra	91,40	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
N-6	Ra	48,89	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
N-7	Bs	41,78	5+1	4	2	superior	medio inferior
N-8	Bs	34,48	7+1	4	3	superior	medio superior
N-9	Ra	42,64	7+1	3	3	medio superior	medio superior
N-10	Ra	55,13	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
O-7	Ra	53,54	5	3	1	medio superior	inferior
O-8	Bs	58,66	5+1	4	2	superior	medio inferior
O-9	Bs	57,56	6+1	4	2	superior	medio inferior
O-10	Ra	36,11	7+1	3	3	medio superior	medio superior
O-11	Bs	46,51	6+1	4	2	superior	medio inferior
O-12	Ra	44,29	6	3	2	medio superior	medio inferior
P-9	Bs	47,05	5	4	1	superior	inferior
P-10	Bs	36,37	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
P-11	Pn	36,55	7+1	1	3	inferior	medio superior
P-12	Pn	47,97	6+1	1	2	inferior	medio inferior

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Cabe anotar que en las cuadrículas donde se presentó la cobertura denominada suelos desnudos y masas de agua se les agregó (+1) al puntaje de la cuadrícula correspondiente.

En cuanto a la combinación de usos se presentó que de acuerdo a los rangos de calificación establecidos para este atributo, se presentó que solo el 4,0% del área, equivalente a 54,6 km² pertenece al nivel superior, seguido por el nivel inferior, en el cual, se obtuvo que el 12,5% del área, correspondiente a 169,8 km² tiene menos de cinco usos por cuadrícula. La mayor parte del área se encuentra en los niveles medio inferior y medio superior, con áreas de 702,0 km² y 428,0 km² respectivamente.

De acuerdo a los rangos establecidos para la calificación de los diferentes atributos dentro de cada contexto, se presenta en la Tabla 3.2.9.26 los valores de la calidad visual para cada cuadrícula.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.26 Calificación de los atributos por contextos y cuadrícula

Cuadrícula	Contexto Topográfico				Contexto Hídrico				Contexto de Vegetación				Σ Vr. Medio	Calidad visual
	Variedad de relieve	Contraste de elevación	TOTAL	Vr. Medio	Nro. Cauce / km ²	Densidad drenajes	TOTAL	Vr. Medio	Cobertura dominante	Combinación usos	TOTAL	Vr. Medio		
A-1	3	2	5	2,5	3	1	4	2	1	2	3	1,5	6	2
A-2	3	2	5	2,5	1	1	2	1	1	1	2	1	4,5	1
A-3	2	1	3	1,5	1	1	2	1	3	2	5	2,5	5	2
B-1	3	2	5	2,5	2	1	3	1,5	1	1	2	1	5	2
B-2	3	2	5	2,5	2	2	4	2	3	2	5	2,5	7	3
B-3	3	2	5	2,5	1	1	2	1	3	2	5	2,5	6	2
C-1	4	3	7	3,5	1	1	2	1	1	2	3	1,5	6	2
C-2	3	1	4	2	3	3	6	3	1	3	4	2	7	3
C-3	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	1	4	5	2,5	7,5	3
D-1	4	3	7	3,5	3	4	7	3,5	1	3	4	2	9	4
D-2	3	2	5	2,5	3	1	4	2	1	3	4	2	6,5	2
D-3	3	2	5	2,5	1	1	2	1	3	2	5	2,5	6	2
E-1	4	3	7	3,5	3	4	7	3,5	1	2	3	1,5	8,5	3
E-2	4	3	7	3,5	3	3	6	3	1	3	4	2	8,5	3
E-3	3	2	5	2,5	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	6,5	2
F-1	4	3	7	3,5	2	4	6	3	1	2	3	1,5	8	3
F-2	4	3	7	3,5	2	3	5	2,5	1	3	4	2	8	3
F-3	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	7,5	3
G-1	4	3	7	3,5	3	4	7	3,5	1	2	3	1,5	8,5	3
G-2	3	2	5	2,5	2	3	5	2,5	1	3	4	2	7	3
G-3	3	3	6	3	2	1	3	1,5	4	2	6	3	7,5	3
H-1	3	2	5	2,5	2	1	3	1,5	4	2	6	3	7	3
H-2	4	3	7	3,5	2	3	5	2,5	1	3	4	2	8	3
H-3	3	3	6	3	2	1	3	1,5	4	2	6	3	7,5	3
I-1	4	3	7	3,5	2	3	5	2,5	2	3	5	2,5	8,5	3
I-2	4	3	7	3,5	2	3	5	2,5	1	2	3	1,5	7,5	3
I-3	3	3	6	3	2	1	3	1,5	4	2	6	3	7,5	3

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Contexto Topográfico				Contexto Hídrico				Contexto de Vegetación				Σ Vr. Medio	Calidad visual
	Variedad de relieve	Contraste de elevación	TOTAL	Vr. Medio	Nro. Cauce / km ²	Densidad drenajes	TOTAL	Vr. Medio	Cobertura dominante	Combinación usos	TOTAL	Vr. Medio		
I-7	2	1	3	1,5	2	1	3	1,5	4	1	5	2,5	5,5	2
I-8	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	7,5	3
I-9	3	1	4	2	1	1	2	1	1	2	3	1,5	4,5	1
I-10	2	1	3	1,5	2	1	3	1,5	1	2	3	1,5	4,5	1
I-11	2	2	4	2	1	1	2	1	1	4	5	2,5	5,5	2
J-1	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	4	1	5	2,5	7,5	3
J-2	4	3	7	3,5	2	3	5	2,5	1	2	3	1,5	7,5	3
J-3	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	1	2	3	1,5	6,5	2
J-4	4	3	7	3,5	2	2	4	2	1	1	2	1	6,5	2
J-5	4	3	7	3,5	3	1	4	2	3	1	4	2	7,5	3
J-6	4	2	6	3	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	7	3
J-7	4	3	7	3,5	1	1	2	1	1	4	5	2,5	7	3
J-8	2	2	4	2	4	4	8	4	4	2	6	3	9	4
J-9	3	2	5	2,5	3	3	6	3	1	1	2	1	6,5	2
J-10	3	2	5	2,5	3	3	6	3	1	1	2	1	6,5	2
J-11	3	1	4	2	2	1	3	1,5	1	1	2	1	4,5	1
K-2	3	3	6	3	2	1	3	1,5	4	2	6	3	7,5	3
K-3	3	2	5	2,5	2	2	4	2	1	3	4	2	6,5	2
K-4	4	3	7	3,5	3	3	6	3	3	2	5	2,5	9	4
K-5	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	3	6	3	8	3
K-6	4	3	7	3,5	1	1	2	1	3	3	6	3	7,5	3
K-7	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	3	6	3	8	3
K-8	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	4	2	6	3	8	3
K-9	3	3	6	3	3	3	6	3	4	1	5	2,5	8,5	3
L-3	3	2	5	2,5	3	3	6	3	3	2	5	2,5	8	3
L-4	3	2	5	2,5	2	2	4	2	1	2	3	1,5	6	2
L-5	4	2	6	3	2	2	4	2	3	3	6	3	8	3
L-6	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	4	3	7	3,5	8,5	3

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Contexto Topográfico				Contexto Hídrico				Contexto de Vegetación				Σ Vr. Medio	Calidad visual
	Variedad de relieve	Contraste de elevación	TOTAL	Vr. Medio	Nro. Cauce / km ²	Densidad drenajes	TOTAL	Vr. Medio	Cobertura dominante	Combinación usos	TOTAL	Vr. Medio		
L-7	4	3	7	3,5	3	2	5	2,5	4	1	5	2,5	8,5	3
M-4	3	1	4	2	1	1	2	1	3	2	5	2,5	5,5	2
M-5	3	3	6	3	1	1	2	1	3	2	5	2,5	6,5	4
M-6	3	3	6	3	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	7	4
M-7	4	3	7	3,5	4	3	7	3,5	3	2	5	2,5	9,5	4
M-8	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	7,5	3
N-5	3	2	5	2,5	2	2	4	2	3	2	5	2,5	7	3
N-6	3	3	6	3	1	1	2	1	3	2	5	2,5	6,5	3
N-7	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	4	2	6	3	8	3
N-8	4	3	7	3,5	2	2	4	2	4	3	7	3,5	9	4
N-9	3	2	5	2,5	1	1	2	1	3	3	6	3	6,5	4
N-10	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	3	2	5	2,5	7,5	3
O-7	4	3	7	3,5	4	3	7	3,5	3	1	4	2	9	3
O-8	4	3	7	3,5	3	2	5	2,5	4	2	6	3	9	4
O-9	4	3	7	3,5	1	1	2	1	4	2	6	3	7,5	3
O-10	3	2	5	2,5	2	2	4	2	3	3	6	3	7,5	3
O-11	4	2	6	3	1	1	2	1	4	2	6	3	7	4
O-12	2	1	3	1,5	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	5,5	4
P-9	3	3	6	3	2	2	4	2	4	1	5	2,5	7,5	4
P-10	4	3	7	3,5	4	3	7	3,5	3	2	5	2,5	9,5	4
P-11	4	3	7	3,5	3	3	6	3	1	3	4	2	8,5	4
P-12	3	2	5	2,5	2	1	3	1,5	1	2	3	1,5	5,5	3

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En resumen, en la Tabla 3.2.9.27 se muestran las cuadrículas con el área y porcentaje relativo de acuerdo a la calidad paisajística presentada en el estudio.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.27 Calidad paisajística de las cuadrículas

Calidad paisajística	Total cuadrículas	Área	
		km ²	%
inferior	4	80,1	5,9
medio inferior	17	282,4	20,8
medio superior	42	717,5	53
superior	14	274,5	20,3

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En la Figura 3.2.9.15, se presenta el mapa de calidad visual por cuadrícula, de acuerdo con los contextos evaluados.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

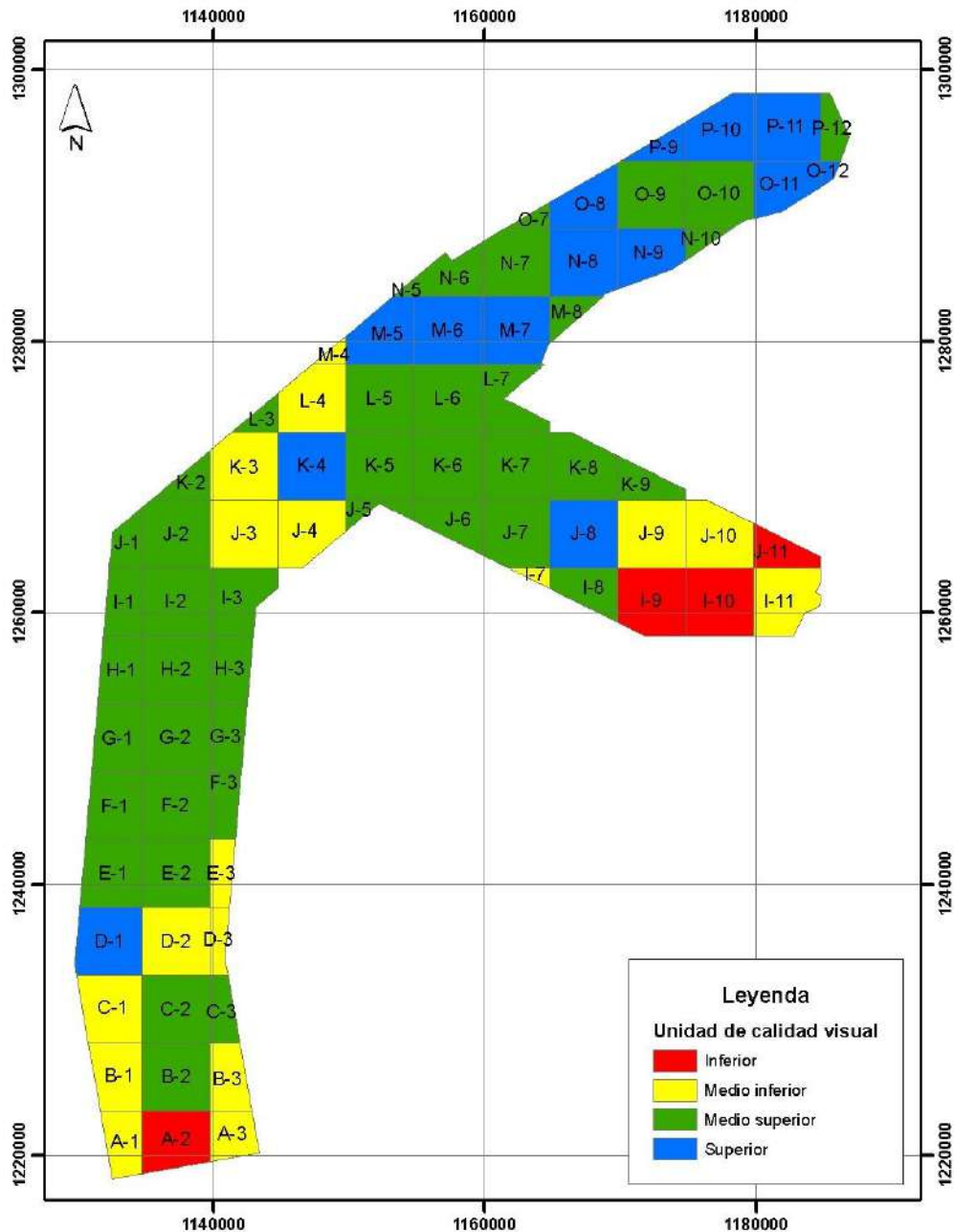


Figura 3.2.9.15 Mapa de calidad visual por cuadrícula

Como se observa en la Tabla 3.2.9.27 la calidad visual con nivel medio superior es la que predomina en un poco más de la mitad del área de estudio, correspondiente a 717,5 km² representado por el 53% del área total. Estas 42 cuadrículas presentan un

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

alto contraste de coberturas vegetales y en su gran mayoría presentan alta densidad de drenajes.

La calidad visual medio inferior se presentó en el 20,8% del área, seguido por las cuadrículas con calidad de paisaje superior, las cuales, corresponden al 20,3% del área, dentro de éstas encontramos las mayores densidades de drenajes y están representadas por zonas con altas diferencias de altura, es decir, donde la variedad de relieve es predominante.

El nivel de calidad visual inferior está representado en una muy baja proporción en relación con los otros niveles, ya que sólo se presentó en cuatro cuadrículas, correspondiente al 5,9% del total del área. En este nivel se encontró la mínima cantidad de drenajes y muy baja densidad de los mismos, lo que concedió una calificación inferior para ambos atributos, de igual forma ocurrió en el contexto de vegetación, en el cual, se obtuvo una cobertura dominante de pastos, y la más baja combinación de usos dentro de las cuadrículas.

- Calificación de la calidad visual por bloques

Luego de superponer el mapa edafológico y topográfico, con el mapa de unidades de calidad visual por cuadrículas, se generan los bloques de unidad de análisis paisajístico de acuerdo a la fisiografía de la zona del proyecto. En la Tabla 3.2.9.28 se presentan las áreas por bloques y las fracciones de cuadrícula que los conforman.

Tabla 3.2.9.28 Áreas de bloques discriminadas por cuadrículas

Cuadrícula	Bloques Análisis Paisajístico												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A-1		0,2	12,7										
A-2	1,2	19,3	0,3										
A-3	11,5	0,0											
B-1		0,0	12,8	5,0									
B-2	3,1	3,8		18,1									
B-3	13,1			0,0									
C-1			22,0	0,2									
C-2	1,1		4,9	19,0									
C-3	4,9			3,8									
D-1			24,1	0,0									
D-2			3,2	21,8									
D-3				6,2									
E-1			17,9	4,2									
E-2			0,9	24,0									
E-3				8,2									

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Bloques Análisis Paisajístico												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
F-1				19,9									
F-2				25,0									
F-3				10,3									
G-1				17,7									
G-2				25,0									
G-3				12,5									
H-1				15,5									
H-2				25,0									
H-3				14,7									
I-1				13,3									
I-2				24,8	0,2								
I-3				15,2	4,9								
I-7								2,3					
I-8								13,5	0,3				
I-9								5,1	19,0				
I-10									25,0				
I-11									21,9				
J-1				8,2									
J-2				23,6	1,3								
J-3				0,2	24,2	0,5							
J-4					18,6	2,0							
J-5						1,7	3,7						
J-6							13,9	0,0					
J-7							15,4	8,6					
J-8								24,0	1,0				
J-9							5,3	0,9	18,8				
J-10									22,1				
J-11									10,3				
K-2				7,0	1,1								
K-3				0,6	22,4	1,0							
K-4					4,1	20,9	0,0						
K-5						1,2	23,8						
K-6							25,0						

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Cuadrícula	Bloques Análisis Paisajístico												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
K-7							25,0	0,0					
K-8							20,1	1,9					
K-9							10,0	0,0	0,1				
L-3					4,9								
L-4					18,0	4,2	0,2						
L-5					5,7	3,7	13,0			2,6			
L-6							23,8			1,2			
L-7							16,3			1,0			
M-4					2,6								
M-5					4,4					15,4	0,0		
M-6							0,3			20,9	3,7		
M-7							0,5			20,1	3,8	0,1	
M-8										0,2	1,2	5,5	
N-5										0,4	0,6		
N-6										0,0	13,8		
N-7										0,5	17,3	6,3	
N-8											0,4	24,3	
N-9												16,5	1,1
N-10												0,4	3,6
O-7											3,1	0,0	
O-8											0,7	14,7	1,6
O-9												10,0	15,0
O-10												4,9	19,4
O-11												16,7	
O-12												1,9	
P-9												6,7	0,1
P-10												19,9	1,4
P-11												24,5	0,5
P-12												7,5	
Total	34,8	23,4	98,8	368,8	112,5	35,2	196,4	56,3	118,5	62,3	44,8	159,9	42,7

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

A continuación se describen los bloques que fueron delimitados para este análisis y su descripción fisiográfica se muestra en la Tabla 3.2.9.35.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Bloque A

Este bloque tiene un área total de 34,8 km². Su provincia fisiográfica pertenece al flanco Occidental de la cordillera oriental, en la margen derecha del río Cauca.

El material parental predominante corresponde a diabasas, anfilitas, rocas sedimentarias. El uso de suelo corresponde a rastrojo alto. La zona de vida que ocupa la mayor parte de su área corresponde a bosque seco tropical (bs-T). El suelo más representativo corresponde a la asociación Ituango (IT).

De acuerdo con el ejercicio de zonificación ecológica (ver Figura 3.2.9.2), éste bloque hace parte de dos zonas, la primera perteneciente al paisaje Z1 con un 58,8% de ocupación dentro del bloque, en donde se encuentran colinas y superficies aluviales y la segunda hace parte del paisaje Z4 con un porcentaje de 41,2% del área del bloque. Presenta un cálido seco a muy seco. Se encuentra circunscrito en los municipios de Olaya y Liborina.

- Bloque B

Este bloque tiene un área total de 23,4 km². El material parental predominante corresponde al Batolito de Sabanalarga. El uso del suelo corresponde a rastrojo alto. Se encuentra en la zona de vida bosque seco tropical (bs-T). El suelo más representativo corresponde a la asociación Olaya (OL).

El bloque se encuentra conformado en más de la mitad del área por el paisaje fisiográfico Z2 con el 64,9%. Adicionalmente, el paisaje Z1 aporta el 33% y el Z3 el 2,1%. Este bloque abarca parte de los municipios de Santa Fé de Antioquia y Olaya.

- Bloque C

Este bloque tiene un área total de 98,8 km². Su provincia fisiográfica pertenece al flanco occidental de la cordillera Central, en la margen izquierda del río Cauca. El material parental predominante corresponde a diabasas y al Batolito de Sabanalarga. El uso predominante del suelo es pasto natural. La zona de vida predominante corresponde a bosque húmedo premontano (bh-PM).

El área de este bloque se encuentra dividida en el paisaje Z2 (32,7%), paisaje Z3 (30,3%) y paisaje Z4 (37,1%). Los suelos se encuentran divididos entre las asociaciones Concordia (CN), Santa Bárbara (SB) y Raudal (RV).

- Bloque D

El bloque tiene un área de 368,8 km². Su provincia fisiográfica pertenece a los flancos de las cordilleras Central y Occidental, en ambos márgenes del río Cauca. El material parental predominante son las diabasas. El uso del suelo es rastrojo alto y se encuentra en las zonas de vida de bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo premontano (bh-PM).

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Se encuentra conformado principalmente por los paisajes Z3 y Z4 con el 44,4% y 52,2% respectivamente (Tabla 3.2.9.29). Este bloque se encuentra en los municipios de Santa Fe de Antioquia, Liborina, Sabanalarga, Buriticá y Peque. Los suelos en su gran mayoría corresponden a las asociaciones Concordia (CN) y Santa Bárbara (SB).

- Bloque E

Este bloque tiene un área total de 112,5 km². El material parental predominante corresponde al Batolito de Sabanalarga. El uso del suelo corresponde a pasto natural. La zona de vida predominante es el bosque seco tropical (bs-T).

El bloque se encuentra conformado en más de la mitad del área por el paisaje fisiográfico Z5 con el 64,6%. Adicionalmente, el paisaje Z4 aporta el 30,9% (Tabla 3.2.9.29). Este bloque abarca parte de los municipios de Sabanalarga, Peque e Ituango. Los suelos más representativos corresponden a las asociaciones Santa Bárbara (SB) e Ituango (IT).

- Bloque F

Este bloque tiene un área total de 35,2 km². El material parental predominante corresponde a rocas sedimentarias. El uso del suelo corresponde a rastrojo alto. La zona de vida predominante es el bosque seco tropical (bs-T).

El bloque se encuentra conformado en más de la mitad del área por el paisaje fisiográfico Z5 con el 81,3%. La mayor parte del bloque se encuentra en el municipio de Toledo y una pequeña parte en el municipio de Sabanalarga. El suelo más representativo corresponde a la asociación Ituango (IT).

- Bloque H

Este bloque tiene un área total de 56,3 km², el material parental dominante corresponde a gneis y esquistos. El uso predominante del suelo corresponde a bosque secundario. La zona de vida predominante es el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

Se encuentra conformado casi en su totalidad por el paisaje Z6 con el 99,9%, se encuentra localizado en el municipio de Yarumal. El suelo corresponde a la asociación Ventanas (VC).

- Bloque I

Este bloque tiene un área total de 118,5 km², el material parental dominante corresponde a gneis y esquistos. El uso predominante del suelo corresponde a rastrojo alto. La zona de vida es el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

El bloque se encuentra asociado en la totalidad del área al paisaje Z7, en el municipio de Yarumal. El suelo corresponde en su gran mayoría a la asociación Zulaibar (ZL).

- Bloque J

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Este bloque tiene un área total de 62,3 km². El uso del suelo corresponde a rastrojo alto. La zona de vida predominante es el bosque húmedo tropical (bh-T).

El bloque se encuentra conformado en la mitad del área por el paisaje fisiográfico Z5 con el 51,4%. Se encuentra en los municipios de Briceño e Ituango. Los más representativos corresponden a las asociaciones Ituango (IT) y Raudal (RV).

- Bloque K

El bloque tiene un área de 44,8 km². El uso del suelo es rastrojo alto y la zona de vida predominante corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T).

Se encuentra conformado principalmente por los paisajes Z8 y Z11 con el 44,5% y 31% respectivamente (Tabla 3.2.9.29). Este bloque se encuentra en el municipio de Ituango. Los suelos en su gran mayoría corresponden a las asociaciones Ituango (IT) y Raudal (RV).

- Bloque L

El bloque tiene un área de 159,9 km². El uso predominante del suelo es bosque secundario y la zona de vida corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T).

Se encuentra conformado por los paisajes Z8 (27%), Z9 (28%) y Z10 (44,1%). Este bloque se encuentra en el municipio de Valdivia. Los suelos corresponden a las asociaciones Ituango (IT), Raudal (RV) y El Cinco (EC).

- Bloque M

El bloque tiene un área de 42,7 km². El uso predominante del suelo es bosque secundario y la zona de vida corresponde al bosque húmedo tropical (bh-T).

Se encuentra conformado principalmente por los paisajes Z9 (34,7%) y Z10 (65,2%). Este bloque se encuentra en el municipio de Briceño. Los suelos corresponden a las asociaciones Raudal (RV) y El Cinco (EC).

Se presenta a continuación las fracciones de área de cada uno de los bloques discriminada de acuerdo a los paisajes fisiográficos descritos en la zonificación ecológica (ver Tabla 3.2.9.29).

Tabla 3.2.9.29 Fracción del área de los bloques según la zonificación ecológica

Bloque	Área Bloque (km ²)	Zonificación ecológica	Área paisaje (km ²)	%
A	34,8	Z1	20,5	58,8
		Z4	14,3	41,2
B	23,4	Z1	7,7	33,0
		Z2	15,2	64,9
		Z3	0,5	2,1

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Bloque	Área Bloque (km ²)	Zonificación ecológica	Área paisaje (km ²)	%
C	98,8	Z2	32,3	32,7
		Z3	29,9	30,3
		Z4	36,6	37,1
D	368,8	Z1	3,6	1,0
		Z2	8,7	2,4
		Z3	163,7	44,4
		Z4	192,4	52,2
		Z5	0,3	0,1
E	112,5	Z3	2,0	1,8
		Z4	34,8	30,9
		Z5	72,7	64,6
		Z8	3,0	2,7
F	35,2	Z4	3,0	8,5
		Z5	28,7	81,3
		Z8	3,6	10,2
G	196,4	Z5	124,0	63,1
		Z6	58,6	29,8
		Z7	2,7	1,4
		Z8	11,1	5,7
		Z9	0,0	0,0
H	56,3	Z5	0,1	0,2
		Z6	56,2	99,9
I	118,5	Z7	118,5	100,0
J	62,3	Z10	0,9	1,4
		Z11	0,0	0,0
		Z5	32,1	51,4
		Z8	19,4	31,1
		Z9	10,0	16,0
K	44,8	Z10	2,6	5,7
		Z11	19,9	44,5

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Bloque	Área Bloque (km ²)	Zonificación ecológica	Área paisaje (km ²)	%
		Z8	13,9	31,0
L	159,9	Z9	8,4	18,9
		Z10	70,5	44,1
		Z8	43,2	27,0
M	42,7	Z9	46,1	28,8
		Z10	27,8	65,2
		Z12	0,1	0,1
		Z9	14,8	34,7

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

El análisis de la calidad visual de cada uno de los bloques se realizó, con la misma metodología aplicada para las cuadrículas. Se presenta a continuación las calificaciones para los atributos de cada contexto para cada uno de los bloques.

◆ Contexto topográfico

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 3.2.9.30, se observa que en la zona no se presentaron bloques con variedad de relieve inferior y medio inferior, la mayor parte del área de éstos se encuentra en el nivel superior con un porcentaje de 79,6% en un área de 1.078,7 km² y corresponde a los bloques: C, D, E, F, G, J, K y L. El resto de los bloques se encuentra en un nivel medio superior con un área de 275,7 km². Estos altos niveles son resultado de la máxima calificación obtenida para el atributo, lo que muestra, que la mayor parte del área de estudio presenta alta heterogeneidad del relieve.

Con respecto al contraste de elevación se presentó que la mayor parte del área de los bloques tiene un nivel superior (892,1 km²), lo que significa que en los bloques C, B, G, H, I, J, K, L y M se presentan diferencias de altura superiores a 1.250 m, lo que ratifica la heterogeneidad de la zona. El resto de bloques presentaron calificación inferior.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.30 Calificación de los atributos del contexto topográfico por bloque

Bloques	Área (km ²)	Unidad de nivel con mayor Área ocupada	Área ocupada por bloque		Diferencia de elevación por bloque (m)	Calificación		Nivel	
			km ²	%		Variedad de relieve	Contraste de elevación	Variedad de relieve	Contraste de elevación
A	34,8	400-600	15,0	43,0	450	3	1	medio superior	inferior
B	23,4	400-600	7,6	32,5	450	3	1	medio superior	inferior
C	98,8	1200-1400	17,5	17,7	1750	4	3	superior	superior
D	368,8	800-1000	61,7	16,7	300	4	1	superior	inferior
E	112,5	800-1000	22,9	20,3	1800	4	3	superior	superior
F	35,2	600-800	6,4	18,2	250	4	1	superior	inferior
G	196,4	1200-1400	25,6	13,1	2350	4	3	superior	superior
H	56,3	2400-2600	23,1	41,0	1450	3	3	medio superior	superior
I	118,5	2200-2400	33,7	28,4	1700	3	3	medio superior	superior
J	62,3	800-1000	12,2	19,6	1675	4	3	superior	superior
K	44,8	800-1000	8,7	19,4	1775	4	3	superior	superior
L	159,9	600-800	30,5	19,0	1750	4	3	superior	superior
M	42,7	400-600	15,3	35,9	1300	3	3	medio superior	superior

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

♦ Contexto hídrico

En la Tabla 3.2.9.31 se observa que la mayoría de bloques presentó un nivel medio inferior en la calificación del número de cauces, lo que demuestra la presencia de cinco a siete cauces por km². Estos bloques (C, D, E, G, J, K y L) ocupan el 77% del área, correspondiente a 1.043,5 km². En el nivel inferior el 13% del área, correspondiente a 176,7 km², representado por los bloques A, B e I, presentaron entre siete y nueve cauces por km². Un bajo porcentaje en la calificación se dio, en el nivel medio superior (9,9%) del total del área (134,2 km²), lo cual, se presentó en los bloques F, H y M.

Por otro lado, la densidad de drenajes presentó el mayor porcentaje en el nivel medio inferior con el 57,8% del área, correspondiente a 782,7 km², en los bloques C, D, E, L y M, seguido por el nivel inferior en los bloques A, B, G, I, J y K con un porcentaje de ocupación dentro del área del 35,5%, correspondiente a 480,2 km². En el nivel medio superior se encuentran los bloques F y H con un área total de 91,5 km².

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.31 Calificación de los atributos del contexto hídrico por bloque

Bloques	Área (km ²)	Cauces		Cauces promedio	Densidad de drenajes	Calificación		Nivel	
		N°	Longitud (km)	N°/km ²	km/km ²	N° Cauces/km ²	Densidad de cauces	N° Cauces/km ²	Densidad de cauces
A	34,8	174	118,1	5,0	3,4	1	1	inferior	inferior
B	23,4	103	79,4	4,4	3,4	1	1	inferior	inferior
C	98,8	615	359,7	6,2	3,6	2	2	medio inferior	medio inferior
D	368,8	2.161	1434,4	5,9	3,9	2	2	medio inferior	medio inferior
E	112,5	614	413,1	5,5	3,7	2	2	medio inferior	medio inferior
F	35,2	275	150,1	7,8	4,3	3	3	medio superior	medio superior
G	196,4	1101	685,0	5,6	3,5	2	1	medio inferior	inferior
H	56,3	505	238,7	9,0	4,2	3	3	medio superior	medio superior
I	118,5	569	339,6	4,8	2,9	1	1	inferior	inferior
J	62,3	404	215,5	6,5	3,5	2	1	medio inferior	inferior
K	44,8	313	137,0	7,0	3,1	2	1	medio inferior	inferior
L	159,9	1103	595,0	6,9	3,7	2	2	medio inferior	medio inferior
M	42,7	329	166,1	7,7	3,9	3	2	medio superior	medio inferior

Fuente: Consorcio Generación Ituango

◆ Contexto vegetación

De acuerdo con la calificación del atributo de cobertura dominante para cada uno de los bloques se presentó que en la mayoría (51,6% del total del área) se da un nivel inferior, lo que indica, que en los bloques C, D, E e I, la cobertura dominante corresponde a pastos. En el nivel medio superior se encuentran los bloques A, B, F, G, J y K con un área de 397 km² y una dominancia de rastrojos altos. Finalmente se presentaron solo tres bloques (H, L y M) con cobertura dominante de bosque secundario, lo que otorga una calificación alta y le da un nivel superior.

En el atributo de combinación de usos se presentó que la mayor parte del área se encuentra en el nivel superior, lo que indica, que el 62,9% del área, correspondiente a 852,5 km² presentan más de nueve combinaciones de uso. Este resultado es generado de acuerdo con el rango de calificación establecido, ya que a mayor

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

combinación de usos del suelo, se presenta mayor nivel en la calidad. Cabe resaltar que esta calificación es independiente del uso del suelo. En el nivel medio superior se presentaron los bloques L y M con un área de 202,6 km², el resto de bloques presentó una calificación medio inferior (Tabla 3.2.9.32).

Tabla 3.2.9.32 Calificación de los atributos del contexto vegetación por bloque

Bloque	Suma de Área (km ²)	Cobertura Dominante	% Área Cob. Dominante	Combinación de usos	Calificación		Nivel	
					Cobertura Dominante	Combinación de usos	Cobertura Dominante	Combinación de usos
A	34,8	Ra	44,3	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
B	23,4	Ra	34,0	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
C	98,8	Pn	45,6	7+1+1	1	2	inferior	medio inferior
D	368,8	Pn	32,5	8+1+1	1	4	inferior	superior
E	112,5	Pn	36,4	8+1+1	1	4	inferior	superior
F	35,2	Ra	41,6	5+1+1	3	2	medio superior	medio inferior
G	196,4	Ra	38,6	9+1+1	3	4	medio superior	superior
H	56,3	Bs	37,6	9+1	4	4	superior	superior
I	118,5	Pm	70,7	9+1	1	4	inferior	superior
J	62,3	Ra	50,6	6+1	3	2	medio superior	medio inferior
K	44,8	Ra	39,6	5+1	3	2	medio superior	medio inferior
L	159,9	Bs	36,0	7+1	4	3	superior	medio superior
M	42,7	Bs	33,9	7+1	4	3	superior	medio superior

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

De igual forma que para las cuadrículas se le agregó (+1) a la calificación de la combinación de usos de los bloques en aquellos que se presentó suelos erosionados y masas de agua.

Las unidades de análisis paisajístico ó unidades de calidad visual, obtenidas a partir de la calificación de los diferentes atributos de los tres contextos en cada uno de los bloques se presentan en la Tabla 3.2.9.33 y Figura 3.2.9.16. El mapa de las unidades de calidad visual se presenta en el mapa D-PHI-110-PM-PR-UCV-010.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.33 Calificación de los atributos por contextos y bloque

Bloque	Contexto Topográfico				Contexto Hídrico				Contexto de Vegetación				Σ Vr. Medio	Calidad visual
	Variedad de relieve	Contraste de elevación	TOTAL	Vr. Medio	Nro. Cauce / km ²	Densidad drenajes	TOTAL	Vr. Medio	Cobertura dominante	Combinación usos	TOTAL	Vr. Med		
A	3	1	4	2	1	1	2	1	3	2	5	2,5	5,5	2
B	3	1	4	2	1	1	2	1	3	2	5	2,5	5,5	2
C	4	3	7	3,5	2	2	4	2	1	2	3	1,5	7	3
D	4	1	5	2,5	2	2	4	2	1	4	5	2,5	7	3
E	4	3	7	3,5	2	2	4	2	1	4	5	2,5	8	3
F	4	1	5	2,5	3	3	6	3	3	2	5	2,5	8	3
G	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	4	7	3,5	8,5	3
H	3	3	6	3	3	3	6	3	4	4	8	4	10	4
I	3	3	6	3	1	1	2	1	1	4	5	2,5	6,5	2
J	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	7,5	3
K	4	3	7	3,5	2	1	3	1,5	3	2	5	2,5	7,5	3
L	4	3	7	3,5	2	2	4	2	4	3	7	3,5	9	4
M	3	3	6	3	3	2	5	2,5	4	3	7	3,5	9	4

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

De acuerdo con la calificación obtenida para cada una de las unidades de análisis paisajístico en el proyecto Hidroeléctrico Ituango se concluye que la mayor parte de la zona presenta una calidad visual medio superior (Tabla 3.2.9.34), correspondiente a más de la mitad del área, en un porcentaje de 67,8% (809,7 km²). En segundo lugar se encuentra la calidad visual medio inferior con un 24,9% correspondiente a 336,6 km² y finalmente la unidad de calidad visual superior presentada en los bloques H y M con un área total de 99 km². Cabe resaltar que ninguno de los bloques presentó un nivel de calidad visual inferior, lo que significa, que la localización del proyecto presenta en general buenas condiciones paisajísticas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.34 Calidad paisajística de los bloques

Calidad pasajística	Bloques	Área	
		km ²	%
medio inferior	A, B, I, L	336,6	24,9
medio superior	C, D, E, F, H, K	918,9	67,8
superior	H.M	99	7,3

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

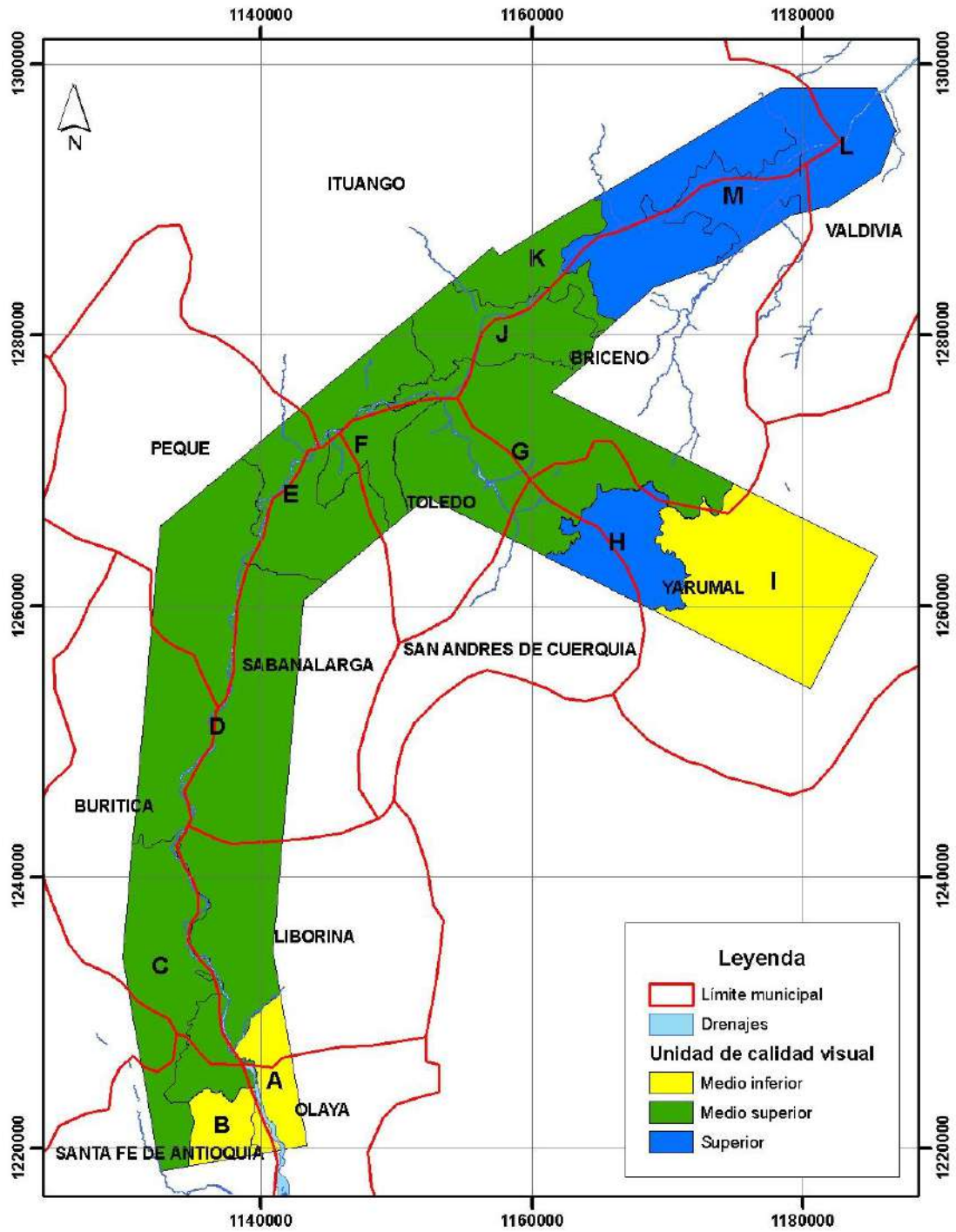


Figura 3.2.9.16 Mapa de unidades de calidad visual por bloque

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

- Descripción de los elementos del paisaje

En la Tabla 3.2.9.35 se puede ver la descripción de las características propias de las diferentes unidades de calidad visual identificadas en el área del proyecto enmarcadas dentro del análisis fisiográfico propuesto por Villota (1997)¹⁹.

Tabla 3.2.9.35 Análisis fisiográfico de los bloques

Bloque	Unidad fisiográfica	Región climática	Provincia climática	Gran paisaje	Paisaje
A	Flanco occidental de la cordillera Central y Flanco oriental de la cordillera Occidental	Cálida	Seca Lluviosa	Relieve colinado	Colinas medias y bajas
B		Cálida		Llanura aluvial	Planicies aluviales
C		Fría		Relieve montañoso	Vertientes y fillos
		Media Cálida			
D		Media Cálida			
E		Media Cálida			
F		Templada			
G					
H					
I					
J					
K					
L					
M					

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

Luego de la contextualización de las unidades de análisis paisajístico dentro del análisis fisiográfico, se procede a la descripción de los elementos del paisaje desarrollada a partir de la metodología planteada por Etter (1990)²⁰, la cual, permite realizar un análisis integrado del territorio, basado en la identificación y caracterización

¹⁹VILLOTA, H. 1997. El Análisis Fisiográfico: Una aproximación al Ordenamiento territorial. En: Revista CIAF. Instituto geográfico Agustín Codazzi.

²⁰ETTER, A. Introducción a la Ecología del Paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Bogotá. 1990. 83 p.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

de unidades de paisaje con base en indicadores externos como las geoformas y los usos del suelo, los cuales, se observaron en la imagen de satélite utilizada para éste análisis.

De conformidad con lo anterior, a continuación se presenta la descripción de los principales elementos del paisaje, tales, como matriz, parche y corredor segregados de acuerdo a la unidad de calidad visual a la cual pertenece.

- Unidad de calidad visual medio inferior

Esta unidad se encuentra conformada por los bloques A, B, I y L. Se describe en la Tabla 3.2.9.36 las características y ecología del paisaje de cada uno de ellos.

Tabla 3.2.9.36 Caracterización de la calidad visual medio inferior

Ecología del Paisaje	Bloque A	Bloque B
Área (km ²)	34,8	23,4
Área de influencia relativa (%)	2,6	1,7
Zonas de vida	bs-T, bh-PM	bs-T, bh-PM
Material parental dominante	Diabasas, Anfibolitas, Rocas sedimentarias	Batolito de Sabanalarga
Matriz		
Cobertura vegetal dominante	Ra	Ra
Extensión relativa (%)	44,2	33,9
Extensión absoluta (km ²)	15,4	7,9
Grado conectividad (%)	55,0	48,1
Parches o fragmentos		
Porosidad (%)	45,0	51,9
Área total (km ²)	18,0	15,4
Densidad promedio (parches/km ²)	38,1	32,7
Corredores		
Nºcauces/ km ²	5,0	4,4
Densidad de drenaje (km/ km ²)	3,4	3,4
Longitud de cauces (km)	118,1	79,4
Ecología del Paisaje	Bloque I	Bloque L
Área (km ²)	118,5	159,9
Área de influencia relativa (%)	8,7	11,8
Zonas de vida	bmh-MB, bh-PM	bh-T, bh-PM

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Ecología del Paisaje	Bloque A	Bloque B
Material parental dominante	Gneis, Gneis intrusivo, Esquisitos	-
Matriz		
Cobertura vegetal dominante	Ra	Bs
Extensión relativa (%)	8,1	33,3
Extensión absoluta (km ²)	9,6	53,3
Grado conectividad (%)	16,5	61,3
Parches o fragmentos		
Porosidad (%)	83,5	38,7
Área total (km ²)	69,2	92,9
Densidad promedio (parches/km ²)	9,3	39,2
Corredores		
Nºcauces/ km ²	4,8	6,9
Densidad de drenaje (km/ km ²)	2,9	3,7
Longitud de cauces (km)	339,6	595,0

Fuente: Consorcio Generación Ituango

- Unidad visual medio superior

En la Tabla 3.2.9.37 se presenta la descripción de los elementos del paisaje para esta unidad que se encuentra conformada por los bloques C, D, E, F, G, J y K.

Tabla 3.2.9.37 Caracterización de la calidad visual medio superior

Ecología del Paisaje	Bloque C	Bloque D	Bloque E	Bloque F
Área (km ²)	98,8	368,8	112,5	35,2
Área de influencia relativa (%)	7,3	27,2	8,3	2,6
Zonas de vida	bs-T, bh-PM	bs-T, bh-PM, bmh-MB	bs-T, bh-PM	bs-T, bh-PM
Material parental dominante	Diabasas, Batolito de Sabanalarga	Batolito de Sabanalarga, Diabasas	Diabasas, Batolito de Sabanalarga	Esquisitos, Gabros, Rocas sedimentarias
Matriz				
Cobertura vegetal dominante	Pn	Ra	Pn	Ra
Extensión relativa (%)	34,6	22,1	36,5	41,1
Extensión absoluta (km ²)	34,2	81,6	41,0	14,5
Grado conectividad (%)	28,3	43,3	44,2	51,3

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Ecología del Paisaje	Bloque C	Bloque D	Bloque E	Bloque F
Parches o fragmentos				
Porosidad (%)	71,7	56,7	55,8	48,7
Área total (km ²)	39,8	271,8	70,5	19,8
Densidad promedio (parches/km ²)	42,3	25,4	39,3	36,0
Corredores				
Nºcauces/ km ²	6,2	5,9	5,5	7,8
Densidad de drenaje (km/ km ²)	3,6	3,9	3,7	4,3
Longitud de cauces (km)	359,7	1.434,4	413,1	150,1
Ecología del Paisaje	Bloque G		Bloque J	Bloque K
Área (km ²)	196,4		62,3	44,8
Área de influencia relativa (%)	14,5		4,6	3,3
Zonas de vida	bh-T, bh-PM, bmh-MB		bh-T, bh-PM	bh-T, bh-PM
Material parental dominante	Gneis, Gneis intrusivo, Esquistos		-	-
Matriz				
Cobertura vegetal dominante	Ra		Ra	Ra
Extensión relativa (%)	37,0		50,5	39,2
Extensión absoluta (km ²)	72,7		31,5	17,5
Grado conectividad (%)	58,7		72,1	73,3
Parches o fragmentos				
Porosidad (%)	41,3		27,9	26,7
Área total (km ²)	112,8		30,2	26,6
Densidad promedio (parches/km ²)	21,4		33,0	29,1
Corredores				
Nºcauces/ km ²	5,6		6,5	7,0
Densidad de drenaje (km/ km ²)	3,5		3,5	3,1
Longitud de cauces (km)	685,0		215,5	137,0

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- Unidad visual superior

Los bloques que conforman ésta unidad son H y M, En la Tabla 3.2.9.38 se presenta la descripción de la ecología del paisaje de cada uno de ellos.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

Tabla 3.2.9.38 Caracterización de la calidad visual superior

Ecología del Paisaje	Bloque H	Bloque M
Área (km ²)	56,3	42,7
Área de influencia relativa (%)	4,2	3,2
Zonas de vida	bmh-MB, bh-PM	bh-T, bh-PM
Material parental dominante	Gneis, Gneis intrusivo, Esquistos	-
Matriz		
Cobertura vegetal dominante	Bs	Bs
Extensión relativa (%)	34,1	33,9
Extensión absoluta (km ²)	19,2	14,5
Grado conectividad (%)	50,5	66,1
Parches o fragmentos		
Porosidad (%)	49,5	33,9
Área total (km ²)	31,9	26,9
Densidad promedio (parches/km ²)	23,6	36,9
Corredores		
Nºcauces/ km ²	9,0	7,7
Densidad de drenaje (km/ km ²)	4,2	3,9
Longitud de cauces (km)	238,7	166,1

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

- **Grado de conectividad**

El grado de conectividad y porosidad calculado para los bloques que conforman el área se presenta en la Tabla 3.2.9.39. Es de anotar, que la conectividad se evaluó para las coberturas de bosque secundario (Bs), bosque de roble (Br) y rastrojo alto (Ra), por ser éstas las que representan un mayor valor ecológico.

En términos generales se observa que en la mayoría de los bloques (A, B, D, E, F, G, H y L), presentan conectividad “media”, dichos bloques representan el 72,9% del total del área, correspondiente a 987,3 km². Se presentó conectividad baja en el 16% del área en los bloques C e I. Finalmente, sólo se presentó conectividad alta en los bloques J, K y M con un área total de 149,8 km². De conformidad con lo anterior, es notorio que en el área de análisis no se presenta un buen nivel de conectividad entre las coberturas de rastrojo y bosque, esto se debe principalmente a la fragmentación que ha sufrido el medio dada la expansión tanto de la ganadería como de la agricultura, lo que conlleva a reducir o a fragmentar los relictos de bosques y rastrojos,

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

aumentando con ésto la distancia entre los parches, lo que implica una disminución en el grado de interacción o facilidad de movimiento para las especies de flora y fauna.

Tabla 3.2.9.39 Conectividad calculada para los bloques

Bloque	Área del Bloque (km ²)	N° Parches	Área de los parches (km ²)	Conectividad (%)	Grado de Conectividad	Porosidad
A	34,8	348	19,2	55,0	media	45,0
B	23,4	313	11,3	48,1	media	51,9
C	98,8	818	27,9	28,3	baja	71,7
D	368,8	3481	159,6	43,3	media	56,7
E	112,5	1339	49,8	44,2	media	55,8
F	35,2	319	18,1	51,3	media	48,7
G	196,4	1019	115,2	58,7	media	41,3
H	56,3	533	28,4	50,5	media	49,5
I	118,5	679	19,5	16,5	baja	83,5
J	62,3	446	44,9	72,1	alta	27,9
K	44,8	729	32,8	73,3	alta	26,7
L	159,9	1996	98,0	61,3	media	38,7
M	42,7	433	28,2	66,1	alta	33,9

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

En términos generales en el área de influencia del proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos en la calificación de los bloques, se observa que la mayor parte del área ofrece una calidad paisajística medio superior. Las zonas que se localizan dentro de este nivel corresponden a la vertiente de Ochalí entre los municipios de Yarumal y Briceño, en esta zona contrasta la variedad de relieve entre un relieve plano cerca a la región de los llanos de Cuibá y un relieve de montañas escarpadas hacia la vertiente del río Cauca, esta zona corresponde a una estrella hidrográfica en la región de las cuencas de los ríos Nechí, Espíritu Santo y San Andrés además existe variedad de coberturas vegetales donde sobresalen los bosques de roble. Adicionalmente, se presentan características paisajísticas similares a lo largo del cañon del río Cauca en los municipios de Santa Fé de Antioquia, Liborina, Buriticá, Sabanalarga, Peque, Toledo e Ituango donde se localizan subcuencas que drenan directamente al río Cauca, en donde existe un amplio rango de variación del relieve y una combinación de usos en general superior.

Los sitios con calidad paisajística medio inferior, se localizan en los municipios de Santa Fé de Antioquia, Olaya y Yarumal, ésta calificación tiene una relación directa con

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – CARACTERIZACIÓN MEDIO FÍSICO

el contexto hídrico, el cual presentó poca cantidad de drenajes y a su vez baja densidad de los mismos.

Las zonas con calidad paisajista superior se localizan en el municipio de Valdivia, sobre el sector de la cuenca del río Espíritu Santo, en los municipios de Briceño, San Andrés de Cuerquia. En estos sitios la presencia de coberturas dominantes con mayor importancia ecológica como los bosques y rastrojos otorgan una buena calificación, sumado a los altos contraste de elevación que se presentan, y la buena red de drenajes.