

TABLA DE CONTENIDO

3	CARACTERIZACIÓN.....	3.1
3.5	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	3.1
3.5.1	Introducción	3.1
3.5.2	Metodología	3.2
3.5.3	Zonificación ambiental del medio físico	3.5
3.5.4	Zonificación ambiental del medio biótico	3.14
3.5.5	Zonificación ambiental del medio social	3.19
3.5.6	Zonificación arqueológica	3.31
3.5.7	Resultados de la evaluación de la importancia relativa	3.34
3.5.8	Mapa de zonificación ambiental	3.38

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.5.1	Definición de las escalas de sensibilidad para la zonificación ambiental.....	3.5
Tabla 3.5.2	Zonificación ambiental con base en características geomorfológicas.	3.6
Tabla 3.5.3	Zonificación ambiental edafológica	3.8
Tabla 3.5.4	Zonificación ambiental, calidad del aire	3.10
Tabla 3.5.5	Comparación de otros parámetros en las diferentes estaciones	3.11
Tabla 3.5.6	Definición de criterios para zonificación	3.13
Tabla 3.5.7	Zonificación ambiental recurso agua	3.14
Tabla 3.5.8	Indicadores a nivel de paisaje para las coberturas de bosque.....	3.15

Tabla 3.5.9	Indicadores a nivel de paisaje estandarizados mediante la fórmula Log10 (variable +0.5) y cálculo del Índice de calidad biótica.....	3.16
Tabla 3.5.10	Zonificación ecológica a partir del cálculo del Índice de Calidad Biótica	3.17
Tabla 3.5.11	Descripción de la localización geográfica de las zonas bióticas. ...	3.18
Tabla 3.5.12	Criterios para calificación de la variable Densidad	3.21
Tabla 3.5.13	Criterios para calificación de la variable Salud	3.22
Tabla 3.5.14	Criterios para calificación de la variable Educación.....	3.22
Tabla 3.5.15	Criterios para calificación de la variable Necesidades Básicas Insatisfechas	3.23
Tabla 3.5.16	Criterios para calificación de la variable Gestión municipal	3.24
Tabla 3.5.17	Calificación general en relación con la vulnerabilidad	3.24
Tabla 3.5.18	Resultados detallados de la variable Densidad poblacional	3.25
Tabla 3.5.19	Resultados detallados de la variable Salud	3.25
Tabla 3.5.20	Resultados detallados de la variable Educación.....	3.26
Tabla 3.5.21	Resultados detallados de la variable Servicios públicos.....	3.27
Tabla 3.5.22	Resultados detallados de la variable Calidad de vida.....	3.28
Tabla 3.5.23	Resultados detallados de la variable Gestión municipal	3.28
Tabla 3.5.24	Resultados generales de las variables por municipio del área de influencia del proyecto	3.30
Tabla 3.5.25	Evaluación para la sensibilidad arqueológica	3.34
Tabla 3.5.26	Impacto por pérdida del patrimonio arqueológico	3.35
Tabla 3.5.27	Sitios arqueológicos para ser intervenidos en el programa de manejo al patrimonio arqueológico	3.38

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Fases del proceso de Zonificación Ambiental	3.2
Figura 3.2	Integración de los componentes bióticos y abióticos para la Zonificación Ecológica.....	3.3
Figura 3.3	Aspectos considerados para la Zonificación socio-económica.....	3.4
Figura 3.4	Sectorización de la calidad biótica del área de influencia.....	3.17

LISTA DE MAPAS

D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010

3 CARACTERIZACIÓN

3.5 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

3.5.1 Introducción

A continuación se presenta la zonificación ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Ituango la cual se definió teniendo en cuenta los lineamientos de los términos de referencia y el Manual de Evaluación de Estudios Ambientales (MAVDT 2002).

En primer lugar, se presentan los aspectos conceptuales que guían la definición de la zonificación ambiental, seguidos por los aspectos metodológicos. A continuación, se presentan los insumos básicos para la zonificación, esto es, la situación legal del territorio y la síntesis de la caracterización biótica, física y socio-económico y los criterios para evaluarlos y sus limitaciones. Por último, las categorías de zonificación de acuerdo con las unidades de manejo propuestas para cada una de ellas.

La metodología empleada fue la integración espacial y temática (componentes bióticos, abióticos, sociales, así como el marco legal) a través de técnicas de superposición digital (unión, intersección) y de análisis espacial (buffer, dissolve y eliminate) con las herramientas disponibles en la tecnología de Sistemas de Información Geográfica, específicamente empleando el programa Arc/info (versión 9.3).

La zonificación ambiental de un territorio es la división del mismo en zonas homogéneas con base en criterios ambientales, por lo cual se considera como una síntesis de los diagnósticos biofísico, sociocultural y económico y, a la vez, una base para una propuesta de gestión ambiental, esto es de un manejo diferenciado de las intervenciones y acciones que se recomienden (Valenzuela, 2006).

De acuerdo con los términos de referencia, la zonificación ambiental tiene como objetivo la identificación de unidades homogéneas. Los criterios empleados para la elaboración de la zonificación son: la oferta ambiental definida como la capacidad y potencial para producir bienes y servicios ambientales; la demanda ambiental representada por el uso actual y requerimientos de las poblaciones humanas sobre el ambiente biofísico y por último, los conflictos ambientales generados por incompatibilidades entre la oferta y demanda que se manifiestan en destrucción, degradación o sobreutilización de los componentes del ecosistema.

De acuerdo con lo anterior, la zonificación ambiental responde a la siguiente definición: “proceso dinámico que permite un arreglo espacial de unidades relativamente uniformes, caracterizada con base en factores físicos, bióticos y socioeconómicos,

evaluados en relación con su potencial sostenido o su tolerancia a las intervenciones del hombre (sensibilidad), realizada a través de trabajos multidisciplinarios” (definición adaptada de PNUMA y la SG/OEA 1995).

3.5.2 Metodología

La zonificación ambiental (ZA) del área de influencia del proyecto se basa en la integración de la Zonificación Ecológica y la Zonificación Socio-económica (Figura 3.1).

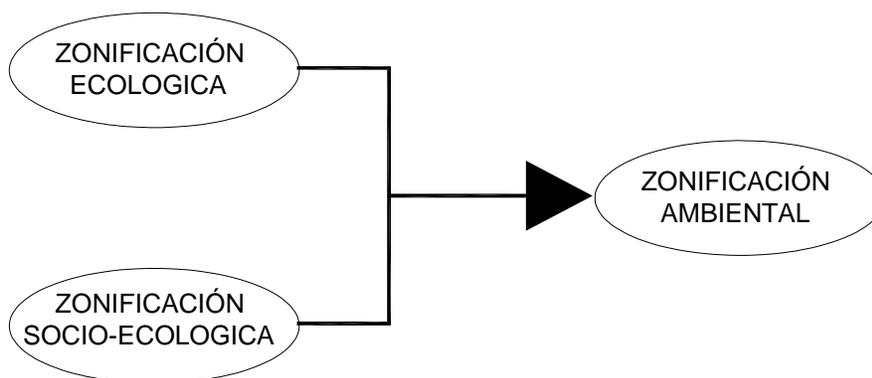


Figura 3.1 Fases del proceso de Zonificación Ambiental

La Zonificación Ecológica se determina a partir de los diferentes componentes del ambiente (bióticos y abióticos) y los valora en términos de importancia ecológica, vulnerabilidad y aptitud productiva (Figura 3.2). Estos insumos se introducen mediante álgebra de mapas con el ArcGis y son principalmente:

- Topográfico base
- Geomorfología: (formas del relieves y procesos morfodinámicos, amenazas)
- Edafología (capacidad por uso mayor definida a partir de propiedades físicas, químicas y biológicas)
- Hidrología (red hidrológica, cuencas hidrográficas; calidad de las fuentes de agua)
- Aire
- Vegetación (ecosistemas terrestres, diversidad, especies amenazadas, tipos de cobertura, corredores ecológicos, conectividad)

- Fauna (ecosistemas acuáticos y ecosistemas terrestres)

Por último, se construye la Zonificación Socio-económica a partir de la información obtenida en la caracterización de la línea base, la cual incluye también los aspectos económicos, institucionales, políticos, sistemas de producción y tipos de utilización de la tierra, características de los asentamientos humanos, entre otros (Figura 3.2).

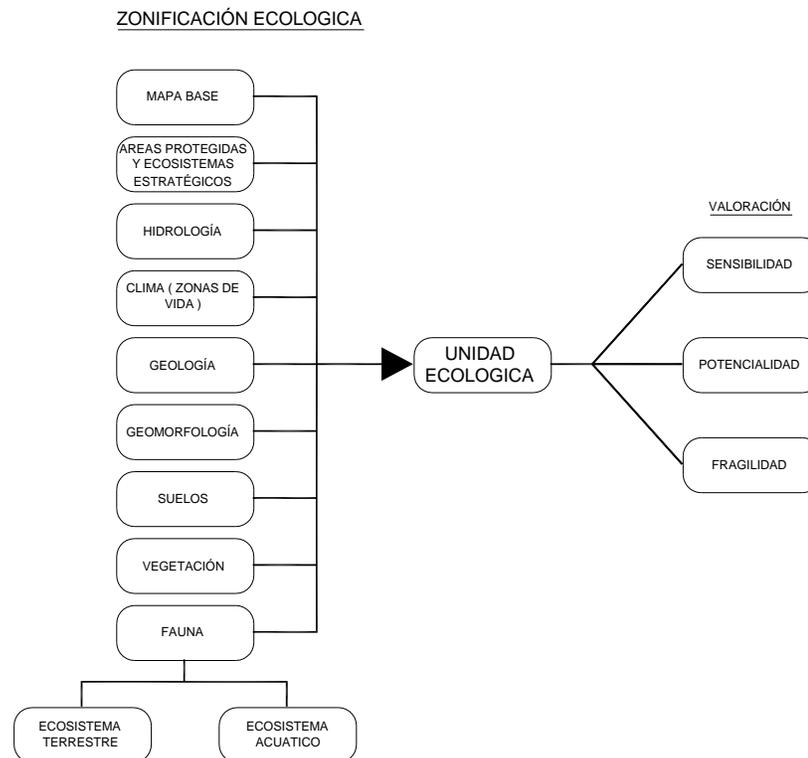


Figura 3.2 Integración de los componentes bióticos y abióticos para la Zonificación Ecológica

La zonificación ambiental del área del proyecto se define en términos de sensibilidad ambiental, considerando la interacción de los aspectos físicos, bióticos y sociales.

En este orden de ideas, la **sensibilidad ambiental** es la capacidad del sistema de asimilar cualquier acción producida por una excitación o disturbio, pudiendo retornar con mayor o menor facilidad al estado inicial o estado cero. Las áreas y grupos sociales de sensibilidad ambiental son aquellas que responden con modificaciones en su dinámica (fiscobiótica y social) ante una perturbación externa.

Los ecosistemas naturales poseen gran sensibilidad, pero amortiguan la acción mediante procesos homeostáticos naturales. La sensibilidad ambiental en el ámbito social se relaciona con el grado de adaptación al cambio en las dinámicas sociales, económicas y culturales, pudiendo retornar a las condiciones iniciales. El cambio puede ser causado por factores externos que alteran las condiciones de vida de la comunidad; la capacidad de adaptación, al cambio estaría determinada por el nivel de organización, la experiencia proporcionada por trabajos comunitarios realizados, las formas de trabajo y subsistencia económica y las redes sociales y comerciales establecidas a lo largo de su historia como comunidad. En la Tabla 3.5.1 se presentan los criterios de sensibilidad alta, media y baja para calificar las áreas de la zonificación ambiental.

ZONIFICACIÓN SOCIO-ECONOMICA

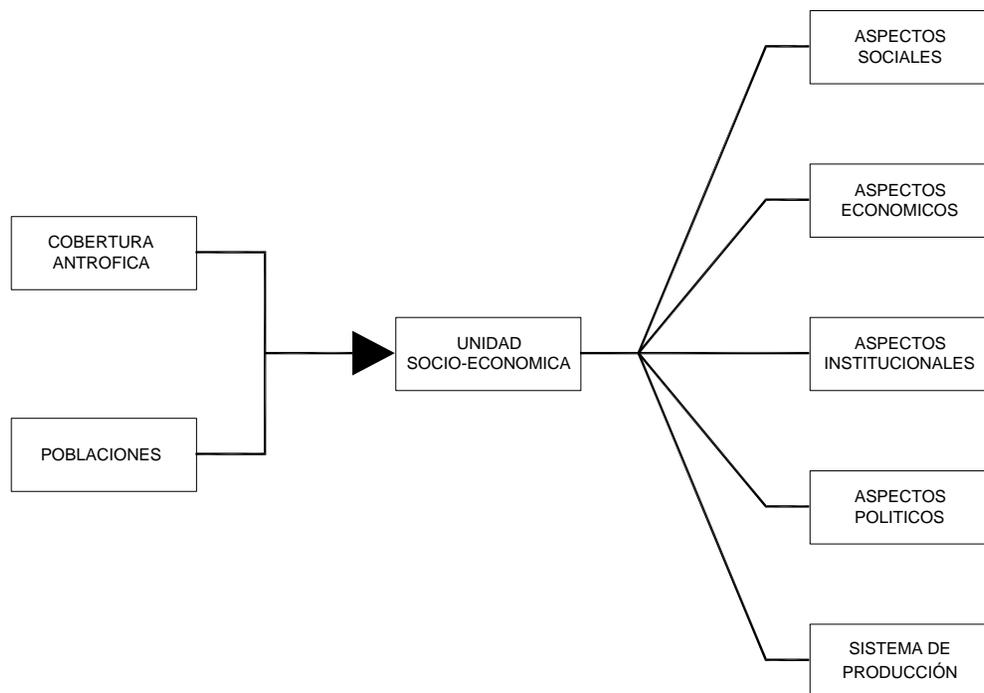


Figura 3.3 Aspectos considerados para la Zonificación socio-económica

Tabla 3.5.1 Definición de las escalas de sensibilidad para la zonificación ambiental

	ALTA	MEDIA	BAJA
SENSIBILIDAD	Zonas con relativo buen estado de conservación, pero cerca al límite de su área vital. El estado de aislamiento y de conectividad de estos ecosistemas son factores que inciden en su nivel de sensibilidad. Pueden ser incluidos en esta categoría, los sectores de bosque de galería o ripario.	Sectores de bosque ripario, con franjas más amplias y menos aisladas y parches de rastrojos altos menos fragmentados y de mayor extensión. Las comunidades que presentan una capacidad de adaptación a los cambios en los tipos de cultivos y a las actividades realizadas en éstos, y con la posibilidad de trabajar tanto en las actividades propias de sus predios o como jornaleros.	Ecosistemas con coberturas de rastrojos bajos; los ecosistemas acuáticos lóticos de mayor caudal, debido a su gran capacidad de dilución, que albergan vida acuática indicadora de condiciones de estabilidad. La comunidad organizada, con experiencia para solucionar problemas sociales, económicos y productivos y capacidad de retornar a un estado inicial.

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.3 Zonificación ambiental del medio físico

Para la zonificación del medio físico se tuvieron en cuenta los componentes de geomorfología, edafología, aire y agua (ver mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010); cada uno fue valorado independientemente a partir de indicadores que se usaron para localizar las áreas de acuerdo con categorías de sensibilidad ambiental; finalmente, se construyó un mapa de sensibilidad física del área de influencia directa del proyecto.

3.5.3.1 Zonificación ambiental geomorfológica

Para la evaluación de la sensibilidad ambiental se calificaron como aspectos principales las formas del relieve los procesos morfodinámicos y las amenazas (véase mapas D-PHI-110-LB-PR-GEO-010, D-PHI-110-LB-LT-GEO-010, D-PHI-110-LB-PV-GEO-010 y D-PHI-110-LB-PR-ZGE-010).

La sensibilidad a la intervención en cuanto a las formas del relieve aumenta de baja a alta con la pendiente (a mayor pendiente, el terreno es más inestable y por lo tanto, más sensible), la forma de la vertiente (recta, cóncava, convexa) y la posición en el relieve donde se realizará la intervención.

La presencia de procesos morfodinámicos en el territorio que se va a intervenir, ya sean de naturaleza erosiva o de acumulación, hace que la sensibilidad del área aumente, es decir, que condiciona la capacidad del medio para recibir o amortiguar los impactos asociados a las obras.

Del mismo modo, la presencia de amenazas naturales (ya sea por inundación, deslizamientos o sismicidad), aumentan la sensibilidad del medio; además, atendiendo al ordenamiento territorial de los municipios del área de influencia se debe espacializar las áreas que hayan sido declaradas en los POT como zonas de amenaza.

En la Tabla 3.5.1 se ilustran, de manera abreviada, las distintas combinaciones de los factores que permitieron delimitar las unidades con sensibilidad ambiental común.

Desde el punto de vista ambiental, la confluencia de factores con mayor susceptibilidad a los deslizamientos y de vertientes con pendientes mayores al 30% y largas se considera como una situación más crítica en comparación con otro escenario donde solamente ocurra uno de los dos o ninguno, dando como resultado la zonificación que se presentan en la Tabla 3.5.2.

- Sensibilidad alta.

Corresponde a terrenos donde las pendientes están definidas por escarpes y zonas montañosas, acompañadas de procesos erosivos clasificados como severos, donde se incluyen los antiguos deslizamientos del río Cauca.

- Sensibilidad media.

Estas zonas definen terrenos de pendientes moderadas a fuertes, pero donde los procesos erosivos no son tan severos, es decir, se presentan deslizamientos de menor escala y más localizados, influenciados en muchos casos por el inadecuado uso del suelo, por períodos de lluvias intensas.

- Sensibilidad baja.

Son terrenos de pendiente baja definidos en su mayoría por depósitos aluviales con bajo grado de erosión o por zonas de donde aflora la roca fresca.

Tabla 3.5.2 Zonificación ambiental con base en características geomorfológicas.

Código	Nombre unidad	Erosión	Pendiente	Sensibilidad
AI - Fa	Filo alargado en dirección NS	Moderada a baja	30 a 45	Baja
AI - Vffm	Vertientes con filos de flancos de longitud media	Moderada a baja	35 a 45	Baja
AI - Vfi	Vertiente de fuerte inclinación	Severa	40 a 50	Alta
AI - Vim	Vertiente de inclinación moderada	Moderada a baja		Media
AI-Ce	Colinas estructurales	Moderada a baja	30 a 40	Baja
AI-Vqf	Vertiente fuerte de quebrada	Severa a moderada	50 a 60	Alta
AI-Vqm	Vertiente moderada de quebrada	Moderada a baja	30 a 40	Media
AI - Vfc	Vertientes de filos cortos	Moderada	30 a 40	Media
AI - Vfce	Vertientes con filos cortos margen este	Moderada	40 a 50	Media
AI - Vfe	Vertiente en filos moderada estructurales	Moderada	30 a 40	Baja
AI - Vlsc	Vertientes largas de superficie convexa	Severa a moderada	20 a 30	Alta
AI - Vm	Vertiente de longitud media	Moderada	40 a 60	Baja
AI - Vp	Vertiente en la cuenca de la quebrada Pascuíta	Moderada	15 a 30	Baja
AI - Vsm	Vertiente en la cuenca de la quebrada Santa María	Moderada a baja	40 a 60	Baja

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Código	Nombre unidad	Erosión	Pendiente	Sensibilidad
Ebr	Escarpe al borde del río Cauca	Variable	40 a 60	Alta
F - Aa	Abanicos aluviales	Variable	5 a 10	Baja
F - Lla	Llanura aluvial del río Cauca	Baja a moderada	5 a 10	Baja
F - Sd	Superficie modelada en depósitos	Severa	15 a 30	Alta
F - Ta	Terrazas aluviales	Variable	5 a 10	Baja
VBE - Vdfr	Vertiente con desarrollo de fillos redondeados	Moderada	30 a 45	Media
VBE - Vfcp	Vertiente con fillos cortos y planos	Severa	30 a 45	Alta
VBE - Vffc	Vertiente con fillos de flancos cortos	Moderada a severa	30 a 40	Alta
VBE - Vfr	Vertiente con fillos ramificados	Severa a moderada	30 a 45	Alta
VBE - Vib	Vertiente de inclinación baja	Moderada	35 a 45	Media
VBE - Vod	Vertiente ondulada de depósitos	Moderada	10 a 20	Media
VBO - Ffp	Filo continuo de flancos planos	Severa	45 a 60	Alta
VBO - Fne	Filo bajo en dirección NE	Baja	35 a 40	Baja
VBO - Fti	Fillos de tope irregular y flancos de inclinación fuerte	Severa a moderada	45 a 60	Media
VBO - Vffm	Vertiente con desarrollo de fillos de flancos medios	Severa	45 a 60	Alta
VBO - Vfpc	Vertiente con fillos planos y cortos	Severa	30 a 35	Alta
VBO - Vfr	Vertiente con fillos ramificados con flancos de fuerte	Severa a moderada	45 a 60	Alta
VBO - Vic	Vertientes en la cuenca de la quebrada Las Cuatro	Severa	45 a 60	Alta
VBO - Vlm	Vertiente de longitud media	Severa	45 a 60	Baja
VBO - Vm	Vertiente de longitud media	Severa	45 a 60	Alta
VBO - Vsc	Vertiente moderada de superficie convexa	Moderada	45 a 60	Media
VBO - Vsi	Vertiente de superficie irregular	Severa (Guásimo)	45 a 60	Alta
VME - Vfi	Vertiente de fuerte inclinación	Moderada a baja	20 a 35	Baja
VME - Vfl	Vertiente con fillos largos	Moderada a severa	40 a 60	Alta

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.3.2 Zonificación ambiental edafológica

Para la definición de la sensibilidad ambiental del componente edafología se utiliza el análisis del conflicto por uso del suelo como indicador de la alteración del medio. Éste se determina a partir de la confrontación del uso actual con el potencial, el cual se define con base en el sistema de las clases agrológicas a partir de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (oferta ambiental del suelo). De acuerdo con la presencia o no de conflictos y con su severidad se considera la zonificación ambiental así (ver Tabla 3.5.3 y los mapas D-PHI-110-LB-PR-CNF-010 y D-PHI-110-LB-LT-CNF-050):

- Sensibilidad alta. suelos con conflicto severo.
- Sensibilidad media. presentan conflicto dentro del rango de medio.
- Sensibilidad baja. No presentan conflictos o estos son ligeros.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Tabla 3.5.3 Zonificación ambiental edafológica

Uso actual	Clase agrológica	Uso potencial	Tipo de conflicto	Sensibilidad
Bosque secundario	III, IV, V, VI y VII	Pastos, cultivos, plantaciones forestales, rastrojos	Sin conflicto	Baja
Rastrojo alto	III, IV, V, VI y VII	Pastos, cultivos, plantaciones forestales, rastrojos	Sin conflicto	Baja
Rastrojo bajo	III, IV, V, VI	Pastos, cultivos, plantaciones forestales, rastrojos	Sin conflicto	Baja
	VII	Solamente uso protector	Conflicto ligero	Baja
Pasto enmalezado	III, IV y V	Pastos, cultivos	Conflicto ligero	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	Media
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Pasto natural	III, IV y V	Pastos, cultivos	Conflicto ligero	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	Media
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Pasto manejado	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	Media
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Actividad agrícola	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	Media
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Cultivos café	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto ligero	Baja
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Plantaciones forestales	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Sin conflicto	Baja
	VII	Solamente uso protector	Conflicto moderado	Media
Construcciones	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	Baja
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto ligero	Baja
	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	Alta
Áreas abiertas	III, IV, V, VI y VII	Pastos, cultivos, plantaciones forestales, rastrojos	Conflicto fuerte	Alta

Fuente: Consorcio Generación Ituango.

3.5.3.3 Zonificación ambiental calidad del aire

La zonificación ambiental del parámetro calidad del aire se establece exclusivamente en inmediaciones de los tres centros poblados (municipios de San Andrés de Cuerquia, Toledo y corregimiento de El Valle) donde las actividades del proyecto (ya sea tráfico de vehículos o funcionamiento de plantas y maquinaria en algunos frentes de obra), pueden generar cantidades apreciables de material particulado que, sumadas a los niveles preexistentes, configuren situaciones especiales de incomodidad o riesgo para la salud de los pobladores.

Para efectuar la zonificación, se combinó el resultado obtenido para “Calidad del ambiente” (calidad local del aire), con otros factores cuya presencia/ausencia (Densidad vial y del tráfico, vías alternas en la zona urbana, minería a cielo abierto o plantas de triturado, y localización geográfica favorable a la dispersión de contaminantes) puede desencadenar efectos acumulativos y, por lo tanto, deteriorar la calidad del aire hasta niveles peligrosos para la salud de las personas.

Debido a la ausencia de estaciones permanentes o de mediciones periódicas para obtener niveles promedio anuales de material particulado, se efectuaron mediciones de material particulado en suspensión en períodos de 24 horas, tanto en días ordinarios como en feriados.

La información obtenida in situ se interpretó con base en el “Índice de Calidad Ambiental para aire atmosférico-PSI”, establecido por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA)¹, el cual permite clasificar la calidad local del aire a partir de los datos de concentración de material particulado en 24 horas.

Para establecer la sensibilidad ambiental se asigna el menor valor cualitativo a las zonas que han rebasado los límites de calidad del aire (según el PSI: Pollution Standard Index), o que se encuentran en valores muy cercanos a tal límite, y una sensibilidad ambiental mayor a aquellas zonas de muy buena calidad. Es decir, que cuando un sitio presenta concentraciones inadmisibles de material particulado, que afectan la salud, es porque sus mecanismos de dispersión y asimilación natural han sido sobrepasados o porque la carga existente es excesiva, en cuyo caso cualquier carga adicional conduce inevitablemente a incrementar situaciones críticas que afectan a las personas y, por lo tanto, a los demás organismos vivos, pero un incremento adicional no se constituye en el detonante principal. Sobre estos sitios se deberán

¹ OTT, Wayne R. Environmental Indices-Theory and Practice. Ann Arbor Science. Michigan, 1978. 371 p.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

concentrar las medidas de manejo ambiental con el objeto de evitar, prevenir o mitigar los impactos en la calidad del aire.

De acuerdo con los valores obtenidos y los criterios considerados se propone la siguiente zonificación:

Sensibilidad alta: Calidad del aire Buena o Aceptable (promedios de concentración menor de 216 para el municipio de San Andrés de Cuerquia, 210 para el municipio de Toledo y 244 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el corregimiento de El Valle (en 24 h), correspondientes al rango 0-100, de la escala del PSI). En estos se encuentra además una condición favorable de tráfico vehicular pero desfavorable en cualquiera de los otros factores considerados.

Sensibilidad media: Calidad del aire Buena o Aceptable (promedios de concentración menor de 216 para el municipio de San Andrés de Cuerquia, 210 para el municipio de Toledo y 244 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el corregimiento de El Valle (en 24 h), correspondientes al rango 0-100, de la escala del PSI). Estos sitios presentan adicionalmente, una condición desfavorable al menos en cuanto al tráfico vehicular.

Sensibilidad baja: Calidad del aire Inadecuada, Mala, Pésima o Crítica (promedios de concentración entre 216 y 832 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 h para San Andrés de Cuerquia, entre 210 y 809 para el municipio de Toledo y entre 244 y 937 para el corregimiento de El Valle, correspondientes al rango 101-500, de la escala del PSI), que combinada con una condición desfavorable de cualquiera de los otros factores hará que la situación sea más crítica. Un resumen de la zonificación de la calidad del aire se presenta en la Tabla 3.5.4

Tabla 3.5.4 Zonificación ambiental de la calidad del aire

Calidad actual aire	Densidad vial/tráfico	Vías alternas	Localización geográfica	Sensibilidad
Buena / Aceptable	Alta	Existen	Favorable	Media
			Desfavorable	Baja
		No existen	Favorable	Media
			Desfavorable	Alta
	Baja	Existen	Favorable	Media
			Desfavorable	Baja
		No existen	Favorable	Media
			Desfavorable	Baja
Inadecuada /Mala / Pésima/ Crítica	Alta	Existen	Favorable	Alta
			Desfavorable	Baja
		No existen	Favorable	Alta
			Desfavorable	Baja
	Baja	Existen	Favorable	Alta
			Desfavorable	Baja
		No existen	Favorable	Alta
			Desfavorable	Media

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.3.4 Zonificación ambiental calidad del agua

Para establecer la zonificación ambiental del componente Calidad del agua, se tienen en cuenta, además de las condiciones actuales de calidad, medida con el índice NFS-WQI, el gradiente de la corriente y el uso actual del recurso por parte de la población.

Es importante señalar que el NFS-WQI agrupa parámetros como DBO₅, Oxígeno Disuelto, Coliformes fecales, Nitratos, pH, Temperatura, Sólidos disueltos, Fosfatos y Turbidez. Sin embargo, existen otras características de calidad de las corrientes de la zona, que al compararlas con los valores referidos en literatura especializada resultan excedidos de manera amplia.

En la Tabla 3.5.5 se comparan, de forma cualitativa, las estaciones de muestreo con base en algunos parámetros de calidad cuyos valores “naturales o normales” se hallan documentados en la literatura.

Tabla 3.5.5 Comparación de otros parámetros en las diferentes estaciones

Cuerpo de agua	Conductividad (1)	Dureza total (2)	DBO ₅ (3)	Colif. Total (4)	Colif. Fecal (6)	Alcalinidad Total (2)	Fósforo Total (5)	Sólidos Susp (2)	Calidad del agua (sg NFS)
Río Cauca- Pte Occ	0	0	x	xx	xx	0	xx	x	Media
Q. La Barbuda	xx	xx	0	xx	0	xx	xx	0	Alta
Q. Juan García	x	0	0	xx	xx	xx	xx	0	Media
Río Cauca- Librinao	0	0	0	xx	xx	xx	xx	xx	Media
Q. Rodas	0	xx	0	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q. La Honda	0	0	0	xx	0	xx	xx	0	Media
Q. Clara	0	xx	0	xx	0	xx	xx	0	Media
Río Cauca- Sab	0	0	0	xx	xx	xx	xx	xx	Baja
Río Peque	x	xx	0	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q. Pená	x	xx	0	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q. Santamaría	0	0	0	xx	0	xx	xx	0	Media
Q. Tacui	xx	xx	0	xx	0	xx	xx	0	Media
Río San Andrés	0	0	x	xx	xx	0	xx	xx	Media
Río Cauca- PP	0	0	0	xx	xx	xx	xx	x	Media
Río Ituango	0	0	0	xx	xx	xx	xx	x	Media
Río Cauca- Presa	0	0	xx	xx	xx	xx	xx	xx	Baja
Río abajo descarga	0	0	x	xx	xx	0	xx	xx	Media
Qda Bolivia	0	-	0	-	-	0	xx	0	Alta
Qda Burundá	x	-	x	-	-	0	0	0	Alta
Qda Tenche M.I. (Villa Luz o La Seca)	0	-	0	-	-	0	X	0	Alta
Qda Tenche	x	-	X	-	-	0	XX	0	Alta
Qda Ticuitá	x	-	X	-	-	XX	XX	0	Alta
Qda Orejón	0	-	X	-	-	XX	XX	XX	Alta
Qda Chirí	x	-	X	-	-	XX	XX	XX	Alta
Qda Careperro	x	-	X	-	-	XX	XX	XX	Alta
Piedecuesta	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q El Diablo	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q Cacagual	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q Taque	0	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx	Baja

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Cuerpo de agua	Conduc-tividad (1)	Dureza total (2)	DBO ₅ (3)	Colif. Total (4)	Colif. Fecal (6)	Alcalinidad Total (2)	Fósforo Total (5)	Sólidos Susp (2)	Calidad del agua (sg NFS)
Q Matanzas	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q El Roble	0	0	x	xx	xx	0	xx	0	Media
Río San Andrés	0	0	x	xx	xx	0	xx	0	Media
Q El Hoyo	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q Uriaga	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q Los Naranjos	x	xx	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Q Churrumbo	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Media
Quebrada Arrocerá	0	0	xx	xx	xx	0	0	0	Alta
Quebrada Las Tapias (El Matadero)	0	0	xx	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada Remolino	0	0	0	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada Vagamenton	0	0	xx	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada Deirsi (La Planta)	0	0	xx	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada Arenales	0	0	xx	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada Achira	0	0	x	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada la Guamera	0	0	xx	xx	xx	0	xx	0	Alta
Quebrada La Rica	0	0	xx	xx	xx	xx	xx	xx	Alta
Río Sinitave	0	0	xx	xx	xx	0	xx	xx	Alta
Quebrada Ticuitá	xx	0	x	xx	xx	xx	0	xx	Alta
Quebrada Juan García	x	0	x	0	0	xx	xx	xx	Alta
Quebrada Ordoñez	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	0	Alta
Quebrada Sucia	xx	xx	x	xx	xx	xx	0	xx	Alta
Quebrada Rodas	0	0	x	xx	xx	xx	xx	0	Alta
Quebrada Tesorero	xx	xx	x	xx	0	xx	0	0	Alta

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Convenciones:

0: no supera el valor de calidad natural o deseable reportado en literatura;

X: supera moderadamente el valor de referencia;

XX: supera excesivamente el valor de referencia.

(1) Ministerio de Obras Públicas y Transporte de España (1992) y Roldán (1992), citados por Ramírez & Viña (1998).

(2) Ministerio de obras públicas y transporte de España (1992), citado por Ramírez & Viña (1998).

(3) Ministerio de obras públicas y transporte de España (1992) y Margalef (1983), citados por Ramírez & Viña (1998).

(4) Ministerio de obras públicas y transporte de España (1992) y Ministerio de Salud de Colombia (1992), citados por Ramírez & Viña (1984).

(5) Toman y Mueller (1987), citados por Ramírez & Viña (1984).

(6) Decreto 1594 de 1984. Ministerio de Agricultura. República de Colombia.

La razón para incluir el gradiente como un factor de sensibilidad en la calidad del agua, a pesar de ser un atributo de la corriente, tiene que ver con el incremento en la capacidad de biodegradación de materiales orgánicos en las corrientes de flujo más turbulento. A medida que la velocidad aumenta, el agua puede ganar cantidades importantes de oxígeno atmosférico, que le permiten compensar el que se está

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

consumiendo en los procesos de oxidación. De esta manera una corriente de flujo suave, comparada con una turbulenta, tarda más en recuperar sus niveles de OD, y, por lo tanto, es mucho más sensible a los vertimientos de aguas servidas.

Este aspecto, unido a la ausencia de plantas de tratamiento, incide directamente en las posibilidades de utilización del recurso, aunque de acuerdo con los datos obtenidos en las cuencas de la región del proyecto las concesiones vigentes se encuentran localizadas a cotas muy elevadas, sobre algunos afluentes menores de las corrientes analizadas.

Los tramos bajos de las corrientes, donde se ubicaron las 17 estaciones de muestreo, y donde estarán localizadas las obras del proyecto, se utilizan para dilución de efluentes provenientes de las cabeceras urbanas de municipios y corregimientos, sin contar un número importante de usuarios dispersos, como viviendas y establecimientos agrícolas, que hacen sus vertimientos directamente, o por descole.

Los criterios propuestos se presentan en la Tabla 3.5.6, indicando los rangos empleados y los aspectos para su interpretación.

Tabla 3.5.6 Definición de criterios para zonificación

Característica	Posibilidades	Descripción de la corriente
Calidad actual del agua	Alta	Corresponde a aquellas corrientes de buena calidad (según el NFS-WQI, que considera DBO ₅ , OD, Coliformes fecales, nitratos, pH, temperatura, Sólidos disueltos, fosfatos y turbidez)
	Media	Corresponde a aquellas corrientes de calidad media (según el NFS-WQI)
	Baja	Corresponde a aquellas corrientes de calidad baja (según el NFS-WQI)
Gradiente de la corriente	Alto	Incluye aquellas corrientes con un gradiente mayor al 10%
	Bajo	Corriente con un gradiente menor al 10%
Abastecimiento de acueductos, sistemas de riego y/o usuarios dispersos	Insustituible - Abastece al menos uno	Corriente de la que depende, de manera exclusiva, alguno de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, uso agropecuario, recreativo o industrial de una comunidad. Debido a características geográficas, climáticas o topográficas no es posible obtener el recurso de una fuente diferente, bien sea por escasez o contaminación del mismo, o porque los costos de su adquisición son impagables.
	Sustituible - Abastece al menos uno	En este caso el recurso hídrico puede obtenerse de fuentes alternas a precios razonables, de manera que se garantiza el servicio para los usuarios.
	No abastece ninguno	Corriente que no suministra agua para alguno de los usos establecidos o que funciona sólo para dilución de efluentes.

Fuente: Consorcio Generación Ituango

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Finalmente, la importancia ambiental del recurso agua, se define de la siguiente manera:

- **Sensibilidad alta.**
Corrientes con cualquier calidad de agua y de bajos gradientes, que proporcionan escasa transferencia de oxígeno y le confieren reducida capacidad para amortiguar las cargas contaminantes. Son utilizados por al menos un usuario y son insustituibles.
- **Sensibilidad media.**
Quebradas con calidad de agua Buena o Media y cualquier gradiente. No son utilizados por la población para ningún uso consuntivo, pero tampoco son afectados por vertimientos.
- **Sensibilidad baja.**

Corrientes con calidad de agua Media o Baja y de cualquier gradiente. No abastecen para consumo u otros usos.

Tabla 3.5.7 Zonificación ambiental recurso agua

Calidad	Gradiente	Abastecimiento	Sensibilidad	Cuenca/Corriente
Alta	Alto	Insustituible	Alta	Quebradas Tesorero, Rodas, Sucia, Ordoñez, Juan García, Bolivia, Burundá, Tenche M.I. (Villa Luz o La Seca), Tenche, Ticuitá, Orejón, Chirí y Careperro.
		Sustituible	Media	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	Alta	
		Sustituible	Media	
		No abastece	Media	
Media	Alto	Insustituible	Alta	Quebradas Barbuda, Juan García, Peque, Santamaría, Rodas, Honda, Pená, Cacagual, Matanzas, El Roble y El Hoyo y Río Ituango,
		Sustituible	Baja	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	Alta	Quebradas Tacui, Piedecuesta, El Diablo, Uriaga, Los Naranjos, Churumbo, Arrocera, Las Tapias, Remolino, Vagamenton, Deirsi, Arenales, Achira, La Guamera, La Rica y Ticuitá y los ríos San Andrés, Cauca (Pte Pescadero0), Cauca (Puente Occidente), Cauca (Lib) y Sinitave.
		Sustituible	Media	
		No abastece	Baja	Quebrada Clara, Río Cauca (descarga)
Baja	Alto	Insustituible	NA	
		Sustituible	NA	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	NA	Río Cauca (Sabanalarga), quebrada Taque
		Sustituible	NA	
		No abastece	Baja	Río Cauca (Sitio Presa)

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.4 Zonificación ambiental del medio biótico

La zonificación ambiental del sistema biótico (ver mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010) se construyó a partir de un Índice de Calidad Biótica de los fragmentos de bosque (bosque secundario y rastrojo alto) encontrados en cada uno de los paisajes, apoyados en la propuesta generada por Naranjo (2000)² en la cual se propone un índice de valor de importancia denominado “Índice de Calidad biótica”. Inicialmente, se estandarizaron las variables utilizadas en el modelo con la función Log10 (índice + 0,5) para hacerlas comparables. Luego se asignó un calificador directamente proporcional a la calidad biótica de la siguiente forma: un valor de 3 al tamaño o área total de fragmentos de bosque (Área_ha), un valor de 2 al área interior (CORE) y un valor de 1 al promedio de las distancias al vecino más cercano (NN_min). Finalmente, en todas las variables se dividió por el máximo puntaje, en este caso 6. De acuerdo con lo anterior el modelo propuesto es el siguiente:

$$ICB = \frac{Area * 3 + CORE * 2 + NNM * 1}{6}$$

Con base en lo anterior, se generó un mapa de calidad biótica con los paisajes obtenidos en el proceso de Análisis del paisaje. Para obtenerlo, se produjeron distintos mapas y se superpusieron mediante el empleo del Sistema de Información Geográfica (SIG), con el fin de componer un mapa global que reflejará la calidad biótica de cada combinación de atributos en el territorio.

En la Tabla 3.5.8, se presenta un resumen de los índices espaciales para las coberturas boscosas totalizadas en cada paisaje evaluado. De acuerdo con lo reportado por Naranjo (2000), estadísticamente estos índices presentan un buen comportamiento que permite deducir la calidad biótica de los bosques a una escala espacial de paisaje.

Tabla 3.5.8 Indicadores a nivel de paisaje para las coberturas de bosque.

Paisaje	Area ha	Core (ha)	MNN
Z1	1.630,60	27,10	34,30
Z2	1.696,40	71,90	60,20
Z3	7.102,20	157,40	61,50
Z4	1.3037,50	1044,90	62,70
Z5	14.112,10	2983,90	56,30
Z6	6.529,90	1623,00	59,90
Z7	1.996,90	40,60	117,40
Z8	3.583,70	667,90	67,60

² NARANJO ROJAS, G. Uso de indicadores de calidad biótica a nivel de paisaje para la caracterización y selección de ruta de proyectos de transmisión de energía. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Posgrado en Bosques y Conservación Ambiental. Tesis (Magíster en Bosques y Conservación Ambiental), 2000. 107 p. .

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Paisaje	Area_ha	Core (ha)	MNN
Z9	4.306,86	649,21	39,45
Z10	6.888,96	1913,61	47,77
Z11	1.642,89	858,6	39,05
Z12	2.798,00	1008,61	45,38

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Dado que dichos indicadores están expresados algunos en términos de área y otros en términos de distancia, es necesario realizar una estandarización de manera que pueda resaltarse el aporte de cada uno de ellos. Es así como cada uno de los índices reportados se estandarizó mediante la fórmula logarítmica $\text{Log}_{10}(\text{variable} + 0.5)$. En la Tabla 3.5.9 se presentan los datos transformados, así como el Índice de Calidad Biótica encontrado para cada unidad de paisaje.

Tabla 3.5.9 Indicadores a nivel de paisaje estandarizados mediante la fórmula $\text{Log}_{10}(\text{variable} + 0.5)$ y cálculo del Índice de calidad biótica.

PAISAJE	AREA_LOG	CORE_LOG	MNN_LOG	ICB
Z1	3,21	1,44	1,54	2,34
Z2	3,23	1,86	1,78	2,53
Z3	3,85	2,20	1,79	2,96
Z4	4,12	3,02	1,80	3,36
Z5	4,15	3,47	1,75	3,53
Z6	3,81	3,21	1,78	3,27
Z7	3,30	1,61	2,07	2,53
Z8	3,55	2,83	1,83	3,02
Z9	3,63	2,81	1,60	3,02
Z10	3,84	3,28	1,68	3,29
Z11	3,22	2,93	1,60	2,85
Z12	3,45	3,00	1,66	3,00

Fuente: Consorcio Generación Ituango

Con base en el Índice de Calidad Biótica se sectorizó el área de estudio en cinco categorías las cuales se construyeron a partir de cuantiles. Dichas categorías van de I a V, siendo I la zona o paisaje de bosques con mayor calidad biótica, y V la de menor calidad biótica. (Ver Figura 3.4 y Tabla 3.5.10)

La categoría I, de mayor calidad biótica según los índices evaluados, se trata de un área con las coberturas boscosas más representativas de la región (Paisaje Z5), en particular con elevados valores de Area core. Este atributo es muy importante porque puede conferirle mayor capacidad de albergar especies y hacerla una zona de alta potencialidad para proteger los remanentes actuales. Sin embargo, debido a los procesos de fragmentación que ocurren en el territorio (evidenciado por el alto número de hectáreas en rastrojo), y a su ubicación estratégica con respecto a las actividades del proyecto, puede constituir la zona de mayor vulnerabilidad. Desde el punto de vista ecológico esta unidad hace las veces de un nodo donde confluyen flujos de energía en

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

distintas direcciones, y posiblemente también sea un área de fuerte intercambio genético por la convergencia de poblaciones de organismos de varias zonas de vida (Zona de transmisión).

Tabla 3.5.10 Zonificación ecológica a partir del cálculo del Índice de Calidad Biótica

CATEGORIA	ICB	ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA
I	3,37 -3,53	Z5
II	3,03 – 3,36	Z4 - Z6 - Z10
III	2,54 – 3,02	Z3 - Z9 - Z12
IV	2,35 – 2,53	Z2 - Z11
V	2,34	Z1

Fuente: Consorcio Generación Ituango

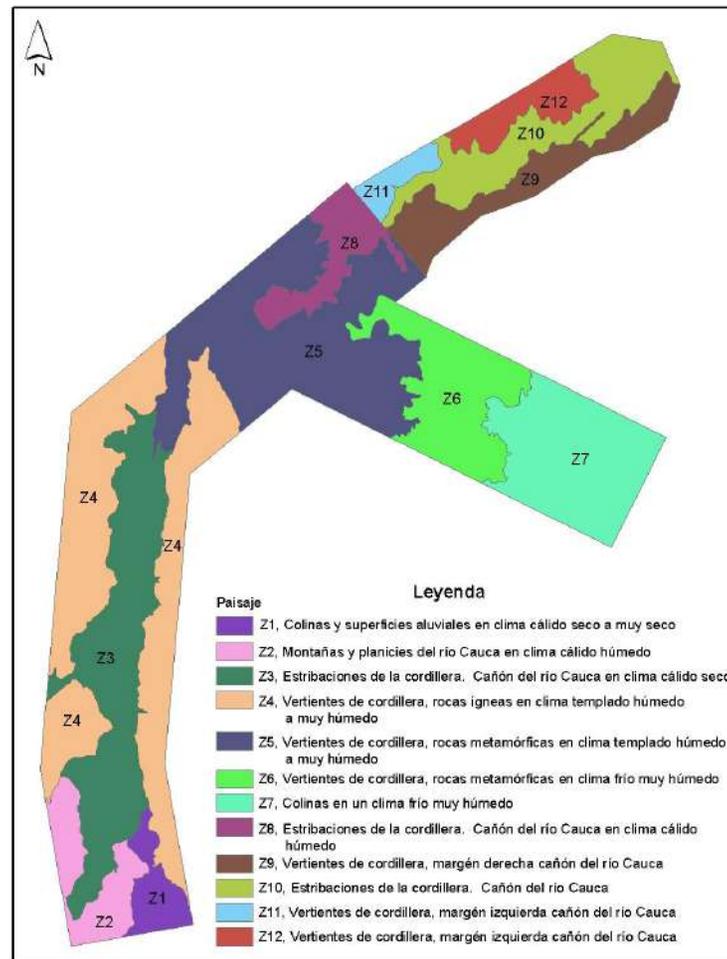


Figura 3.4 Sectorización de la calidad biótica del área de influencia

En la categoría II, se encontró un corredor extenso que va desde las zonas de alta montaña hasta las laderas prolongadas, cubiertas por rastrojos, como se señaló en la descripción de los Paisajes Z4 y Z6.

En la categoría III, de calidad biótica intermedia, descrita en el Paisaje Z3, se presenta una mayor fragmentación, sin embargo el mayor deterioro y disminución de bosques se presenta en las categorías IV y V, donde ocurre una mayor actividad antrópica; particularmente la categoría IV presenta una matriz de producción lechera con áreas de bosque muy reducidas y una llanura aluvial del Río Cauca altamente intervenida.

Por su parte, la categoría V, comprende los enclaves de bosque seco y muy seco tropical, muy pobre en bosques y de baja calidad biótico debido a perturbaciones seculares por minería y ganadería, principalmente.

En la Tabla 3.5.11 puede observar una breve referencia de los sitios más importantes (veredas y accidentes geográficos) donde se localizan las obras del proyecto de acuerdo con la zona biótica delimitada.

Tabla 3.5.11 Descripción de la localización geográfica de las zonas bióticas.

Zonificación ecológica	Localización geográfica / Obras del proyecto
ZONA I	Comprende un área continua de vertientes bajas sobre el cañón del río Cauca, en inmediaciones del corregimiento de Oroabajo (municipio de Sabanalarga), parte de la cuenca baja de la quebrada Santa María (veredas Pasarela y Las Lomitas y corregimiento de El Valle, del municipio de Toledo) y el tramo bajo del río San Andrés (veredas Buena Vista, del municipio de Briceño; vereda El Cántaro del municipio de Toledo y vereda El Peñol, del municipio de San Andrés de Cuerquia). En esta zona se localizarán varios tramos del embalse, los campamentos y parte de las vías de acceso al sitio de presa. Adicionalmente, se encuentran poblaciones de flora amenazada como la palma barbasco (<i>Chryosophylla kalbreyeri</i>), (caracolí) <i>Anacardium excelsum</i> , (taquí) <i>Centrolobium paraense</i> y Palma tagua (<i>Phytelephas</i> sp.).
ZONA II	Se presenta en dos sectores discontinuos, así: - Vertientes altas de la margen derecha del Cañón del río Cauca, en clima medio a frío muy húmedo, por encima de la cota 1000, aproximadamente (municipios de Liborina y Sabanalarga) y vertientes medias de la margen izquierda por encima de la cota 600, aproximadamente (municipios de Buriticá y Peque). Esta zona se localiza a lo largo del cuerpo del embalse. - Vertientes medias de la cuenca del río San Andrés en jurisdicción de los municipios de Yarumal y Briceño (veredas de Socavones y San Pedro). Por este sector transcurrirá la línea de transmisión para construcción. Esta zona se localiza sobre la zona de vida de bosque seco tropical, un ecosistema altamente intervenido en Colombia principalmente por la pérdida de hábitats. -Vertientes bajas del cañón del río Cauca, aguas abajo de la presa hasta Puerto Valdivia
ZONA III	Al igual que la Zona II, consta de dos sectores discontinuos: - Vertientes bajas de la margen izquierda del río Cauca, en clima cálido seco, desde el Corregimiento de Angelinas (municipio de Buriticá), hasta inmediaciones del corregimiento de Barbacoas (municipio de Peque) y por la margen derecha, los territorios pertenecientes a los municipios de Liborina y Sabanalarga por debajo de la

Zonificación ecológica	Localización geográfica / Obras del proyecto
	<p>cota 1000, aproximadamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vertientes bajas del Cañón en inmediaciones del embalse, aproximadamente desde el puente Pescadero hasta la presa (desembocadura del río Ituango). Son territorios de los municipios de Ituango, Toledo y Briceño, donde quedarán localizadas las vías principales de acceso al sitio de presa, la presa, el vertedero y demás obras principales. <p>Se localiza en la zona de vida de bosque seco tropical, un ecosistema altamente intervenido en Colombia principalmente por la pérdida de hábitats.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Margen derecha del río Cauca desde el sitio de presa hasta el corregimiento de Puerto Valdivia. -Vertientes bajas de la margen izquierda del río Cauca hasta la cuenca del río Sinitave y de allí hasta la quebrada la Guamera.
ZONA IV	<p>Comprende dos zonas muy distantes, de características climáticas diferentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Margen derecha de la planicie del río Cauca, en inmediaciones de los municipios de Santa Fe de Antioquia y Buriticá, en un clima cálido y seco. Localizada aguas arriba de la cola del embalse. - Zona de colinas, de clima frío muy húmedo, en las veredas de El Espíritu Santo y El Rosario (municipio de Yarumal). Por este sector transcurrirá el tramo final de la línea de transmisión para construcción. - Corredor de la vía rectificadora San Andrés de Cuerquia - El Valle donde se presentan coberturas altamente fragmentadas, con cambios permanentes en los usos del suelo y en donde aún persisten pequeños fragmentos de hábitats boscosos en áreas con pendientes fuertes y escarpadas.
ZONA V	<p>Reducida zona de colinas y superficies aluviales, de clima cálido seco a muy seco, perteneciente a los municipios de Santa Fe de Antioquia, Olaya y Liborina, localizada sobre ambos márgenes del río Cauca, aguas arriba del área de rectificación cartográfica por cola del embalse.</p>

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.5 Zonificación ambiental del medio social

La zonificación del medio social, está enfocada a determinar el nivel de vulnerabilidad de la población asentada en los doce municipios que conforman el área de influencia del Proyecto.

La vulnerabilidad, tiene que ver con “el conjunto de factores y variables que determinan la capacidad o inhabilidad de una comunidad para actuar permanentemente, prevenir, reaccionar, atender y recuperarse ante cualquier situación de crisis. En otras palabras, es la potencialidad o incapacidad que presente un sistema determinado para autorregularse y transformarse ante la ocurrencia de un fenómeno específico” (municipio de Medellín, PNUD, 1998).

Es conveniente apuntar que, a través del tiempo, el concepto de vulnerabilidad social se ha relacionado estrechamente con estudios de pobreza y marginación. Sin embargo, diversos autores han llegado a la conclusión que “la vulnerabilidad social es aquella propensión que tiene la población de caer, en un momento determinado, en una condición de pobreza y marginación”.

En consecuencia, se determinaron factores y variables que interactúan de manera directa con esta condición: aquellos relacionados con las variables poblacional, social y espacial, teniendo en cuenta que la oferta actual del medio ambiente en los doce municipios que conforman el área de influencia del proyecto, determina esta condición.

No obstante, no se puede desconocer la importancia que tienen las condiciones emocionales y psicológicas de la población en condición de amenaza y su nivel de organización para enfrentarla.

Para la construcción del mapa de zonificación ambiental del medio social (Ver mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010) se operacionalizaron los principales indicadores de desarrollo:

- La cobertura de salud de la población, dado que la insuficiencia reflejará directamente, su vulnerabilidad
- La falta de educación es también considerada como uno de los factores claves con respecto a la vulnerabilidad social.
- La vivienda que no cuenta con servicios básicos, y se localiza en zonas altamente expuestas a peligros naturales, zonas de reserva ecológica o fuera de planes de desarrollo urbano, es altamente vulnerable.
- La densidad de ocupación del espacio como determinante en la vulnerabilidad por la cantidad de población expuesta.
- El nivel de Necesidades Básicas como criterio con el cual se pretende determinar las mínimas condiciones de la población para acceder a una calidad de vida deseable.

La medición del desarrollo territorial para cada municipio, que además de reflejar el comportamiento de variables de tipo social, asocia las variables de ingresos municipales para determinar el nivel alcanzado.

3.5.5.1 Construcción de indicadores

A continuación se definen los indicadores mediante los cuales se evalúan las distintas variables y su respectiva valoración. En cada una de ellas se define el indicador, la descripción de la variable, el objetivo del indicador y los criterios de calificación:

3.5.5.1.1 Variable densidad poblacional

- Indicador: Densidad poblacional
- Descripción: Expresa el número total de habitantes de un municipio, en relación con la superficie del mismo.

- Objeto del indicador: medir la concentración de la población con respecto a la ocupación del territorio. La densidad de población puede utilizarse como indicador parcial de las necesidades y las actividades humanas en una zona. Su relación con otros indicadores (tecnoc económicos, socioeconómicos) ofrece una aproximación de la fuerza que ejerce la actividad antrópica sobre el medio físico-biótico, bien sea a través de la demanda de recursos o a través de la generación de residuos. Por otro lado, este indicador permite estimar el grado de exposición y riesgo de la población presente y futura a amenazas de origen natural o antrópico. Todos estos aspectos son fundamentales para la planificación dirigida hacia un desarrollo sostenible.
- Calificación: la valoración para calificar esta variable se describe en la Tabla 3.5.12

Tabla 3.5.12 Criterios para calificación de la variable Densidad

Valoración	Descripción
Alta	Cuando la densidad poblacional es mayor de 60 habitantes por kilómetro cuadrado
Media	Cuando la densidad poblacional se encuentra entre 41 a 59 habitantes por kilómetro cuadrado
Baja	Cuando la densidad poblacional es igual o menor a 40 habitantes por kilómetros cuadrado

Fuente: Consorcio Generación Ituango

3.5.5.1.2 Variable Salud

- Indicador: Cobertura
 - Descripción: expresa el porcentaje de habitantes, de cada municipio, adscritos en calidad de afiliados o beneficiarios al Sistema General de Seguridad Social en Salud.

El Sistema General de Seguridad Social en Salud, tiene como objetivo regular el servicio público esencial de salud y crear las condiciones de acceso de la población en todos los niveles de atención (artículo 152 de la Ley 100). El sistema de seguridad social en salud, consta de dos tipos de regímenes: el contributivo y el subsidiado.

Los afiliados al Sistema mediante el régimen subsidiado son las personas sin capacidad de pago para cubrir el monto total de la cotización (población más pobre y vulnerable del país en las áreas rural y urbana). En el régimen contributivo se clasifican los afiliados al Sistema de Seguridad Social por su vinculación laboral en calidad de cotizantes, con sus respectivos beneficiarios; y los afiliados en calidad de independientes, ambos con aportes al fondo de solidaridad social.

- Objeto del indicador: establecer el porcentaje de la población en el municipio que está cubierta por el régimen contributivo y subsidiado en el sistema de seguridad social en salud.
- Calificación: la valoración para calificar esta variable se describe en la Tabla 3.5.13.

Tabla 3.5.13 Criterios para calificación de la variable Salud

Valoración	Descripción
Alta	Cuando el 50% de la población o menos está afiliada al Sistema General de Seguridad Social
Media	Cuando entre el 51% y el 80% de la población está afiliada al Sistema General de Seguridad Social
Baja	Cuando más del 80% de la población está registrada en el Sistema General de Seguridad Social

Fuente: Elaboración propia, 2010

3.5.5.1.3 Variable Educación

- Indicador: Analfabetismo
 - Descripción: esta variable comprende el analfabetismo de cada municipio, entendido como la proporción de la población mayor de 15 años que no sabe leer ni escribir o que habiendo aprendido a hacerlo, por su bajo nivel educativo son potencialmente analfabetas. De este modo, se define como población que tiene un bajo nivel educativo (analfabetismo potencial) a las personas mayores de 15 años con grado inferior a cuarto de básica primaria.
 - Calificación: la valoración para calificar esta variable comprende el promedio entre el analfabetismo general y el potencial por cada municipio. En la Tabla 3.5.14 se describe cada criterio, de acuerdo con el contexto.

Tabla 3.5.14 Criterios para calificación de la variable Educación

Valoración	Descripción
Alta	Cuando el promedio del porcentaje de la población mayor de 15 años que no sabe leer ni escribir o tiene un bajo nivel educativo es mayor al 35%
Media	Cuando un porcentaje de analfabetismo y analfabetismo potencial está entre el 35% y el 26% de la población mayor de 15 años
Baja	Cuando un porcentaje igual o inferior al 25% de la población mayor de 15 años no sabe leer ni escribir o presenta bajo nivel educativo

Fuente: Elaboración propia, 2010

3.5.5.1.4 Variable necesidades básicas insatisfechas

- Indicador: Porcentaje de población con necesidades básicas insatisfechas (INBI)
 - Descripción: La metodología de NBI busca determinar, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcancen un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados, son: Viviendas inadecuadas, Viviendas con hacinamiento crítico, Viviendas con servicios

inadecuados, Viviendas con alta dependencia económica, Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela³.

- Objeto del indicador: reflejar la magnitud de la pobreza de la población
- Calificación: la valoración para calificar esta variable se describe en la Tabla 3.5.15:

Tabla 3.5.15 Criterios para calificación de la variable Necesidades Básicas Insatisfechas

Valoración	Descripción
Alta	Cuando el INBI, en el municipio, es mayor o igual al 50%
Media	Cuando el INBI, en el municipio, se encuentra entre el 21% y el 49%
Baja	Cuando el INBI, en el municipio, es menor o igual al 20%

Fuente: Elaboración propia, 2010

3.5.5.1.5 Variable gestión municipal

- Indicador 1: Índice de Desarrollo Municipal
 - Descripción: el Índice de Desarrollo Municipal mide de manera sintética el comportamiento de los municipios en variables de tipo social y financiero⁴.
 - Objeto del indicador: ofrecer un índice de gestión que permite conjugar los aspectos sociales con los manejos financieros que cada administración municipal realiza.
- Indicador 2: Desempeño fiscal
 - Descripción: El indicador sintetiza seis indicadores, permitiendo medir globalmente el resultado fiscal alcanzado en cada año y se encuentra en una escala de 0 a 100, donde valores cercanos a 0 reflejan bajo desempeño fiscal y valores cercanos a 100 significan mejor desempeño. Los indicadores utilizados son: autofinanciación de los gastos de funcionamiento, magnitud de la deuda, dependencia de las transferencias de la Nación, generación de recursos propios, magnitud de la inversión y capacidad de ahorro⁵.
 - Objeto del indicador: identificar si la entidad territorial logró en conjunto los siguientes resultados: buen balance en su desempeño fiscal, suficientes recursos para sostener su funcionamiento, cumplimiento de los límites de gasto de funcionamiento, importante nivel de recursos propios (solvencia tributaria), altos

³ DANE. 2010

⁴ Departamento Nacional de Planeación. 2010

⁵ Departamento Nacional de Planeación.

niveles de inversión, adecuada capacidad de respaldo de su deuda y generación de ahorro corriente, necesario para garantizar su solvencia financiera.

- Calificación: la valoración para calificar esta variable corresponde al desempeño fiscal de las administraciones de cada municipio. En la Tabla 3.5.16 se describe cada criterio:

Tabla 3.5.16 Criterios para calificación de la variable Gestión municipal

Valoración	Descripción
Alta	Cuando el promedio de los indicadores es menor o igual al 50%
Media	Cuando el promedio de los indicadores se encuentra entre el 51% y 80%
Baja	Cuando el promedio de los indicadores es mayor al 80%

Fuente: Elaboración propia, 2010

3.5.5.2 Resultados

Luego de calificar cualitativamente cada variable, se estableció un rango de vulnerabilidad que permitiera cuantificar la calificación, con base en la Tabla 3.5.17.

Tabla 3.5.17 Calificación general en relación con la vulnerabilidad

Calificación general	
Calificación	Vulnerabilidad
Baja	$\geq 0,1$ y $\leq 1,6$
Media	$\geq 1,7$ y $\leq 3,3$
Alta	$\geq 3,4$ y ≤ 5

Fuente: Elaboración propia, 2010

Los factores de correlación se establecieron con el fin de generar una calificación cuantitativa de la vulnerabilidad, promediando los valores de las seis variables en un valor general, también dentro de los rangos establecidos. Para que las calificaciones tuvieran las mismas magnitudes y fueran computables, para cada variable se calculó la relación entre los rangos de calificación de vulnerabilidad y los que se definieron para las variables, ya que éstos no se distribuyen uniformemente. Se consideró además, que la variable de cobertura en servicios tienen una relación inversa con la vulnerabilidad, mientras en otras variables como densidad poblacional la relación es directa. Así, se establecieron factores de correlación particulares que permitieran una evaluación más precisa de los indicadores.

3.5.5.2.1 Resultados de la variable Densidad poblacional

Se tomó el indicador de habitante por kilómetro cuadrado, se calificó con base en los criterios establecidos y se le evaluó su vulnerabilidad de acuerdo con la tabla anterior. De acuerdo con la correspondencia entre el número de habitantes por área y la calificación establecida, se determinó un factor de participación para cada rango, donde el valor promedio fue referente para el factor de calificación de vulnerabilidad media y los límites superior e inferior de este rango fueron referente de calificación para las calificaciones alta y baja. Así en la variable densidad poblacional, los factores

fueron 0,06, 0,05, 0,04, para vulnerabilidad alta, media y baja, respectivamente (ver Tabla 3.5.18).

Tabla 3.5.18 Resultados detallados de la variable Densidad poblacional

Municipio	Extensión km ²	Población	Densidad (hab/km ²)	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	401	8.783	21,9	0,9	Baja
Buriticá	364	6.858	18,8	0,8	Baja
Ituango	2.347	23.780	10,1	0,4	Baja
Liborina	217	9.497	43,8	2,1	Media
Olaya	90	3.032	33,7	1,3	Baja
Peque	392	10.017	25,6	1,0	Baja
Sabanalarga	265	8.172	30,8	1,2	Baja
San Andrés de Cuerquia	177	6.999	39,5	1,9	Media
Santa Fe de Antioquia	493	23.354	47,4	2,3	Media
Toledo	139	5.866	42,2	2,0	Media
Valdivia	545	18.607	34,1	1,4	Baja
Yarumal	724	42.941	59,3	3,4	Alta

Fuente: Elaboración propia a partir de datos población del DANE y las fichas municipales, 2010

En relación con la densidad poblacional, el municipio más vulnerable es Yarumal, seguido por los municipios de Santa Fe de Antioquia, Liborina, Toledo y San Andrés de Cuerquia, ubicados en un nivel medio de vulnerabilidad.

3.5.5.2.2 Resultados de la variable Salud

El indicador de cobertura se compuso del promedio del porcentaje de personas registradas el Sistema de Seguridad Social en Salud, tanto en el Régimen Subsidiado como en el Régimen Contributivo, con respecto al total de población, como se muestra en la Tabla 3.5.19. En el caso específico de Sabanalarga, la cobertura en salud supera el número de habitantes, debido a que se registra allí población desplazada residente en otros municipios, pero hace uso del servicio en salud en el municipio de Sabanalarga, resultando una cobertura del 105%, lo que arrojaría una calificación cuantitativa negativa. Para evitar interferencia con el resultado general de la variable, para el municipio de Sabanalarga se igualó a cero su calificación.

Tabla 3.5.19 Resultados detallados de la variable Salud

Municipio	Población	Régimen contributivo	Régimen subsidiado	Porcentaje de cobertura	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	8.783	539	6.730	83%	2,4	Media
Buriticá	6.858	696	5.824	95%	2,0	Media
Ituango	23.780	1.577	19.967	91%	2,1	Media
Liborina	9.497	1.026	6.496	79%	2,5	Media
Olaya	3.032	2.466	152	86%	2,2	Media
Peque	10.017	388	5.259	56%	4,2	Alta
Sabanalarga	8.172	711	7.846	105%	0,0	Baja
San Andrés de Cuerquia	6.999	485	5.545	86%	2,2	Media

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Municipio	Población	Régimen contributivo	Régimen subsidiado	Porcentaje de cobertura	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Santa Fe de Antioquia	23.354	6.386	15.887	95%	2,0	Media
Toledo	5.866	334	4.721	86%	2,2	Media
Valdivia	18.607	786	11.004	63%	4,0	Alta
Yarumal	42.941	11.576	27.008	90%	2,1	Media

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Anuario Estadístico de Antioquia 2008, 2010

En esta variable la mayoría de los municipios muestran una vulnerabilidad media, con una diferencia significativa frente a aquellos de calificación alta (municipios de Peque y Valdivia). Sólo en el municipio de Sabanalarga la totalidad de los pobladores se encuentra cobijada por el Sistema de Seguridad Social. Sin embargo, la infraestructura hospitalaria resulta insuficiente en la mayoría de los municipios y factores como la distancia a la cabecera dificultan la labor médica.

3.5.5.2.3 Resultados de la variable Educación

Para obtener un único indicador en esta variable, el analfabetismo se promedió con el potencial, como se observa en la Tabla 3.5.20.

Tabla 3.5.20 Resultados detallados de la variable Educación

Municipio	Población analfabeta	Población potencialmente analfabeta	Población de 15 años en adelante	Analfabetismo	Analfabetismo potencial	Promedio de Analfabetismo	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	3.090	1.938	5.825	52%	33%	42%	4,1	Alta
Buriticá	1.778	1.637	4.592	36%	33%	35%	3,5	Alta
Ituango	7.677	4.587	14.290	44%	26%	35%	4,1	Alta
Liborina	1.413	2.424	6.726	19%	33%	26%	2,3	Media
Olaya	565	622	2.003	28%	31%	30%	2,4	Media
Peque	2.130	1.780	6.710	41%	34%	37%	2,3	Media
Sabanalarga	1.534	1.969	5.152	25%	33%	29%	2,7	Media
San Andrés de Cuerquia	646	922	4.739	21%	30%	26%	1,1	Baja
Santa Fe de Antioquia	4.080	4.163	15.580	24%	24%	24%	2,1	Media
Toledo	962	1.384	3.796	26%	37%	32%	2,5	Media
Valdivia	4.844	2.950	11.505	41%	25%	33%	2,7	Media
Yarumal	4.009	4.633	28.487	18%	21%	20%	1,0	Baja

Fuente: Elaboración propia con datos del Anuario Estadístico de Antioquia 2008.

Los mayores niveles de vulnerabilidad con respecto al analfabetismo se presentan en los municipios de Ituango, Briceño y Buriticá, mientras que en el extremo opuesto de vulnerabilidad se encuentran los municipios de Yarumal y San Andrés de Cuerquia.

Llama la atención que en esta variable los intervalos entre los rangos están muy bien definidos, sin valores en los límites entre ellos, lo cual permite suponer tendencias marcadas en el tiempo en cuanto a los niveles educativos de la población adulta de dichos municipios.

3.5.5.2.4 Resultados de la variable Servicios públicos

La variable se calculó mediante el promedio del porcentaje de cobertura en acueducto, energía y alcantarillado para cada uno de los municipios del área de influencia del proyecto. La Tabla 3.5.21 ilustra el procedimiento.

Tabla 3.5.21 Resultados detallados de la variable Servicios públicos

Municipio	% Cobertura Acueducto	% Cobertura Alcantarillado	% Cobertura Energía	Promedio	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	58,4	39,9	76,8	58,4	3,1	Media
Buriticá	42,4	39,7	89,5	57,2	3,2	Media
Ituango	53,0	43,5	62,9	53,1	3,3	Media
Liborina	84,1	54,0	94,7	77,6	2,5	Media
Olaya	94,4	50,0	97,2	80,5	0,9	Baja
Peque	57,4	33,0	71,8	54,0	3,3	Media
Sabanalarga	69,9	30,9	93,2	64,7	2,9	Media
San Andrés de Cuerquia	44,7	43,3	90,5	59,5	3,1	Media
Santa Fe de Antioquia	78,5	71,8	96,0	82,1	0,8	Baja
Toledo	65,6	38,3	89,9	64,6	2,9	Media
Valdivia	57,3	36,1	85,2	59,5	3,1	Media
Yarumal	76,8	75,0	95,6	82,5	0,8	Baja

Fuente: Elaboración propia a partir de información del Anuario Estadístico de Antioquia 2008, 2010

La cobertura en acueducto, energía y alcantarillado fue calificada como media para la mayoría de los municipios, donde Ituango y Peque se ubican en el límite del rango de vulnerabilidad mayor seguido por Buriticá. Las calificaciones bajas corresponden a Yarumal, Santa Fé de Antioquia y Olaya, muy alejadas del resto de los municipios en rango medio. Esto permite suponer una relación entre las dificultades de acceso por las condiciones geográficas y la ruralidad, y la mayor vulnerabilidad en servicios públicos domiciliarios, ya que Ituango, Peque y Buriticá son precisamente los municipios cuyas cabeceras se encuentran más distantes de centros regionales importantes, y/o sus veredas tienen deficiencias en la conectividad. En contraste, los otros tres municipios gozan de mejores vías de comunicación con la capital del departamento y otros centros urbanos, lo que facilita también la ampliación de cobertura en servicios públicos.

3.5.5.2.5 Resultados de la variable Calidad de vida

Se tomó el indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas, se calificó con base en los criterios establecidos y se le evaluó su vulnerabilidad, como se presenta en la Tabla 3.5.22.

Tabla 3.5.22 Resultados detallados de la variable Calidad de vida

Municipio	Porcentaje población con Necesidades Básicas Insatisfechas	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	55,0	3,7	Alta
Burítica	70,3	4,8	Alta
Ituango	65,2	4,4	Alta
Liborina	35,2	2,6	Media
Olaya	40,6	3,0	Media
Peque	74,5	5,0	Alta
Sabanalarga	60,3	4,1	Alta
San Andrés de Cuerquia	37,2	2,8	Media
Santa Fe de Antioquia	44,1	3,3	Media
Toledo	50,5	3,4	Alta
Valdivia	54,5	3,7	Alta
Yarumal	28,3	2,1	Media

Fuente: Elaboración propia con información del DANE, 2010

Esta variable es la que presenta más municipios con una calificación alta, debido a su vulnerabilidad en este tema. La pobreza ha sido uno de los conflictos con los que históricamente estos municipios se han tenido que enfrentar. Los que más se destacan por un mayor porcentaje de necesidades básicas insatisfechas son, en su orden, Peque, Buriticá, Ituango y Sabanalarga. También se encuentra vulnerabilidad alta en Valdivia, Briceño y Toledo, con tendencia hacia la media.

3.5.5.2.6 Resultados de la variable Gestión municipal

La variable se calculó mediante el promedio del índice de desarrollo municipal y el desempeño fiscal para cada uno de los municipios del área de influencia del proyecto, teniendo en cuenta que ambos se presentan en rangos entre cero y 100. En la Tabla 3.5.23 se ilustra el procedimiento.

Tabla 3.5.23 Resultados detallados de la variable Gestión municipal

Municipio	Índice de Desarrollo municipal 2008	Indicador de Desempeño Fiscal 2008	Promedio	Calificación cuantitativa	Calificación cualitativa
Briceño	51,7	57,9	54,8	3,2	Media
Buriticá	49,3	54,3	51,8	3,3	Media
Ituango	49,0	63,2	56,1	3,2	Media
Liborina	59,2	55,3	57,2	3,2	Media
Olaya	53,1	53,2	53,2	3,3	Media
Peque	47,2	56,9	52,0	3,3	Media
Sabanalarga	53,7	55,2	54,5	3,3	Media
San Andrés de Cuerquia	58,6	49,5	54,1	3,3	Media
Santa Fe de Antioquia	65,6	64,6	65,1	2,9	Media
Toledo	54,5	41,2	47,9	4,3	Alta
Valdivia	52,2	62,7	57,4	3,2	Media
Yarumal	69,3	66,9	68,1	2,8	Media

Fuente: Elaboración propia con información del Anuario Estadístico de Antioquia 2008 y el Departamento Nacional de Planeación, 2010

El municipio del área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango con mayor vulnerabilidad en materia de gestión municipal es Toledo, que cuenta con el menor índice de desempeño fiscal. En el límite superior de la calificación media están Buriticá, Peque, Olaya, San Andrés de Cuerquia y Sabanalarga, seguidos de cerca por los demás municipios. El menor valor en vulnerabilidad lo obtuvo Yarumal.

- Resultados consolidados para el medio social

Una vez analizados los resultados de cada una de las variables consideradas en la zonificación ambiental para el medio social, la Tabla 3.5.24 los resultados consolidados en el que se evidencia la vulnerabilidad general del área de influencia del proyecto, los cuales se presentan con la metodología del semáforo:

- Rojo: sensibilidad alta
- Amarillo: sensibilidad media
- Verde: sensibilidad baja

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Tabla 3.5.24 Resultados generales de la sensibilidad social a partir de las variables por municipio del área de influencia del proyecto

Municipio	Densidad poblacional	Salud	Educación	Servicios públicos	Calidad de vida	Gestión municipal	Vulnerabilidad general	Calificación
Briceño	0,9	2,4	4,1	3,1	3,7	3,2	2,9	Media
Buriticá	0,8	2,0	3,5	3,2	4,8	3,3	2,9	Media
Ituango	0,4	2,1	4,1	3,3	4,4	3,2	2,9	Media
Liborina	2,1	2,5	2,3	2,5	2,6	3,2	2,5	Media
Olaya	1,3	2,2	2,4	0,9	3,0	3,3	2,2	Media
Peque	1,0	4,2	2,3	3,3	5,0	3,3	3,2	Media
Sabanalarga	1,2	0,0	2,7	2,9	4,1	3,3	2,4	Media
San Andrés de Cuerquia	1,9	2,2	1,1	3,1	2,8	3,3	2,4	Media
Santa Fé de Antioquia	2,3	2,0	2,1	0,8	3,3	2,9	2,2	Media
Toledo	2,0	2,2	2,5	2,9	3,4	4,3	2,9	Media
Valdivia	1,4	4,0	2,7	3,1	3,7	3,2	3,0	Media
Yarumal	3,4	2,1	1,0	0,8	2,1	2,8	2,0	Media

Fuente: Consorcio Generación Ituango

En resumen, los resultados generales muestran que la predominantemente alta vulnerabilidad en el Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas contrasta los resultados en densidad poblacional, por lo que es posible suponer que en el área de influencia la densidad poblacional no tiene una relación directa con la calidad de vida. El resultado final relativamente homogéneo (Ver mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010) se explica por el hecho de que cada municipio cuenta, como máximo, con dos aspectos en los rangos alto o bajo de la calificación.

Sin embargo, puede observarse que el municipio de Peque ocupa el lugar de mayor vulnerabilidad en general, seguido de los municipios de Valdivia, Buriticá, Toledo, Ituango y Briceño. En el otro extremo, el municipio de Yarumal presenta la menor vulnerabilidad, seguido de los municipios de Olaya y SantaFe de Antioquia.

3.5.6 Zonificación arqueológica

Dentro de los criterios posibles para su estimación, se han considerado seis elementos que como se anota, no son únicos, ni reflejan el significado único de esta variable, pero aportan elementos para determinar su valor. Estos criterios son:

- Número de ocupaciones (según estratigrafía)
- Densidad de material cultural
- Contextos arqueológicos
- Calidad de las evidencias
- Estado de conservación
- Tipo de Unidad de Muestreo Arqueológico (UMA)

3.5.6.1 Número de ocupaciones

La estratigrafía y el orden de deposición del registro arqueológico, aportan información para la comprensión de los procesos de formación del sitio, de la secuencia de ocupación humana y, de manera aproximada, de su ubicación temporal. La definición de los estratos culturales en un sitio considera, además de las características físicas del suelo, su relación directa con material arqueológico, lo que supone entonces la necesidad de contar con el registro del material y de las características del suelo tanto por estratos naturales, como por niveles métricos, lo que permite la definición de la secuencia de ocupación.

El valor de esta variable se consideró a partir de la determinación del número de contextos, que permitan su asociación con los diferentes momentos de ocupación humana identificados en el sitio.

En vista de la aparente homogeneidad de la estratigrafía en cada uno de los sitios reconocidos, se ha sugerido una relación entre los estratos con material cultural y

ocupaciones humanas diferenciadas; según esto, se establecieron los siguientes rangos:

- Bajo: Sitios donde no se pudo identificar el número de ocupaciones
- Medio: Sitios con una o dos ocupaciones (dos estratos con material cultural)
- Alto: Sitios con tres o más ocupaciones (tres o más estratos con material cultural)

3.5.6.2 Densidad del material cultural

La calificación de esta variable contribuye a la comprensión de la intensidad de las actividades realizadas en el sitio, a la densidad poblacional y de manera indirecta, al tiempo de ocupación del sitio. En este sentido, una mayor cantidad y variedad de material arqueológico ofrece mayores posibilidades de interpretación.

Si bien la distribución espacial del material arqueológico en un sitio está en relación con la ubicación de las áreas de actividad, para el cálculo de esta variable se ha partido del supuesto de una distribución homogénea; de esta manera, la densidad se ha definido como la proporción de material cultural (en este caso, cerámico y lítico) por unidad de área excavada en cada sitio (0.25 m² área de un pozo de sondeo), es decir, el número máximo de elementos obtenidos en un contexto estratificado.

Este dato se obtiene de dividir el total de material obtenido en cada sitio entre el número de sondeos realizados. La escala que se diseñó para esta variable es la siguiente

- Bajo: Sitios donde el número de evidencias por unidad excavada está entre 0,5 a 22
- Medio: Sitios donde el número de evidencias por unidad excavada está entre 23 a 44
- Alto: Sitios donde el número de evidencias por unidad excavada está entre 45 a 66

3.5.6.3 Contextos arqueológicos

Esta variable hace referencia a la presencia de diferentes contextos de deposición con evidencias de actividades humanas claramente identificadas; las áreas de actividad aluden básicamente a la distribución espacial de materiales arqueológicos o estructuras que remitan a su caracterización como sitios de vivienda (contextos domésticos: fogones, talleres), de enterramiento, de cultivo, de tránsito (camino), de depósito de basuras, entre otros.

Pese a que la calificación de este componente es de difícil precisión, dado el tamaño de las unidades de muestreo utilizadas (0.25 m²), éstas dan indicios de por lo menos un contexto de actividad. Así mismo la presencia de depresiones circulares en el sitio, asociadas en diversas regiones del país con estructuras funerarias y que según los

reportes de algunos informantes de la zona, durante actividades de saqueo se han extraído piezas arqueológicas, aluden igualmente a actividades de otro orden, lo mismo que la presencia de petroglifos, vallados en piedra y caminos, entre otros.

Según lo anterior, se utilizarán los siguientes rangos para esta variable:

- Bajo: Sitios donde no pudieron ser identificado los contextos
- Medio: Sitio con un contexto de actividad identificado
- Alto: Sitio con más de un contexto de actividad identificado

3.5.6.4 Calidad de evidencias

La calidad del material arqueológico recuperado, su variedad formal, estilística y funcional, la posibilidad de conocimiento de los procesos tecnológicos implicados en las actividades de orden económico como la alfarería (técnicas de manufactura, tipo de pastas y desgrasantes, estado de cocción) y la industria lítica (materias primas, fuentes de obtención, conocimiento de las cadenas operatorias entre otros), constituyen evidencias diagnósticas que recrean y expresan elementos de cultura de los grupos humanos que habitaron el sitio.

De esta manera se ha puesto especial atención al material diagnóstico recuperado, como una variable primordial para definir la importancia arqueológica relativa en el área de influencia del proyecto. La calidad de las evidencias culturales recuperadas se ha definido como la proporción de material cultural diagnóstico (cerámico y lítico) por unidad de área excavada (0.25 m²) en cada sitio

Este dato se obtuvo de dividir el total de material diagnóstico en el sitio por el número de sondeos positivos, obteniéndose los siguientes rangos:

- Bajo: Sitios donde no se obtuvo material diagnóstico
- Medio: Sitio con material diagnóstico compuesto por un solo tipo de material (cerámica o lítico)
- Alto: Sitios con dos tipos de material diagnóstico (lítico y cerámica)

3.5.6.5 Estado de conservación

Esta variable se determina con base en el grado de impacto provocado por actividades antrópicas o naturales en el sitio, previas a la construcción de la obra.

En el área de referencia, las alteraciones de los sitios arqueológicos están dadas por la presencia de depresiones circulares (estructuras funerarias) con huellas evidentes de saqueo; caminos, en algunos casos con huellas profundas por el tránsito continuo; cultivos que implican la excavación de hoyos de por los menos 20 cm de profundidad; cercas; bebederos para el ganado, erosión por sobrepastoreo y evidencias de actividad biológica significativa.

Los niveles de evaluación para esta variable son las siguientes:

- Bajo: Evidencias de actividad natural /antrópica con intensidad fuerte
- Medio: Evidencias de actividad natural /antrópica con baja intensidad
- Alto: Sitios sin evidencias de actividad natural /antrópica aparente

3.5.6.6 Tipo de unidad de muestreo arqueológico

Definido por el tipo de unidades de muestreo arqueológico efectuados en el sitio. Este criterio se consideró debido a que la UMA del tipo recolección superficial, en los criterios densidad de material y calidad de las evidencias, no es tenida en cuenta, ya que ambos criterios, para todos los sitios, se definieron a partir de la unidad de muestreo de tipo Sondeo (área excavada). Por lo tanto, la calidad y cantidad de las evidencias recuperadas por Recolección superficial serán calificadas por el criterio Tipo de UMA

Los niveles de evaluación considerados para esta variable son las siguientes:

- Bajo: Sitios sin UMA
- Medio: Sitios con un solo tipo de UMA (Sondeo o RS)
- Alto: Sitios con dos tipos de UMA (Sondeo y RS)

3.5.7 Resultados de la evaluación de la importancia relativa

La sumatoria de los valores asignados a estas variables, ofrecen un estimativo de la importancia arqueológica relativa de cada sitio. De acuerdo con lo anterior, el resultado se distribuye entre los valores 6 y 18, suponiendo valores mínimos (1) y máximos (3), para cada una.

En la Tabla 3.5.25 se presenta la evaluación de la importancia arqueológica relativa en términos cualitativos, y en la Tabla 3.26 se presenta la clasificación de los sitios de acuerdo a su importancia arqueológica.

Tabla 3.5.25 Evaluación para la sensibilidad arqueológica

Variable	Escala	Resultados
Sensibilidad Arqueológica Baja	6 a 9	27 sitios
Sensibilidad Arqueológica Media	10 a 13	26 sitios
Sensibilidad Arqueológica Alta	Igual y mayores de 14	5 sitios

3.5.7.1 Evaluación del impacto arqueológico

El grado de afectación de los sitios arqueológicos se califica de acuerdo con la magnitud de los impactos generados por cada una de las actividades del proyecto. La construcción de un proyecto hidroeléctrico de esta magnitud, genera impactos de diferente orden, de acuerdo con el tipo de actividad del proyecto y las áreas requeridas.

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La afectación se dará básicamente por la remoción de las capas superficiales del suelo en zonas de campamentos, talleres y vías, por la inundación en el vaso de embalse y por la cobertura de la superficie natural del terreno en sitios de depósitos. Los impactos serán totales en toda la zona por debajo de la cota de embalse; y en los sitios de depósito de materiales, vías de acceso, campamento y obras mayores, se generan impactos totales y parciales, debido al área requerida para los corredores, de acuerdo con las especificaciones técnicas.

La escala de valores que se utilizará para evaluar el grado de impacto es:

- Bajo: sitios arqueológicos que no serán afectados durante las actividades de construcción del proyecto hidroeléctrico.
- Medio: sitios donde el tipo de actividades implica remociones en pequeña y mediana escala, comprometiendo un rango entre el 10 y 60 % de su área.
- Alto: sitios donde la remoción de las capas superficiales del suelo es significativa y se consideran impactados en una proporción mayor del 60%, esto es ocasionado también por cobertura de la superficie natural en zonas de depósito o por inundación.

En la Tabla 3.26 se muestra la calificación obtenida para cada sitio. Los resultados presentan 33 sitios arqueológicos que no serán afectados por las obras del proyecto y de los 28 sitios restantes, solo 5 serán afectados parcialmente, mientras 23 se verán afectados de manera significativa, en la mayoría de los casos, por la inundación ocasionada por el espejo de agua del embalse.

Tabla 3.5.26 Impacto por pérdida del patrimonio arqueológico

Código	Sitio	Número de ocupaciones	Densidad de las evidencias	Contexto arqueológico	Calidad de las evidencias	Estado de conservación del sitio	Tipo de unidad de muestreo	Importancia Arqueológica Relativa
1	Corozal	1	1	2	1	1	1	7
6	Capitan E1	1	1	2	1	1	1	7
7	Capitan E2	2	1	3	2	2	1	11
11	Casa Capitan	2	1	2	1	1	1	8
13	Capitan 2	2	1	3	1	2	1	10
20	Guaimaral	2	1	2	1	3	1	10
24	Icura	2	2	2	2	1	3	12
31	Caparrosa	1	1	2	1	1	1	7
37	Bosque Negueri	2	1	2	1	1	1	8
38	Negueri	2	1	2	1	2	2	10
39	Palestina	3	3	3	2	1	1	13
43	Pescadero	2	2	2	1	2	3	12
47	El Pedrero	2	1	3	2	1	3	12
49	Sardinas	2	3	3	1	2	3	14
51	Quiarmá	2	1	2	1	2	3	11
52	Ceibito	2	1	3	2	2	3	13

ACTUALIZACIÓN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Código	Sitio	Número de ocupaciones	Densidad de las evidencias	Contexto arqueológico	Calidad de las evidencias	Estado de conservación del sitio	Tipo de unidad de muestreo	Importancia Arqueológica Relativa
53	La Bolsa	2	1	2	1	1	1	8
54	Oro Bajo	2	1	3	1	1	3	11
55	Corral de Corbunco	2	1	3	1	1	2	10
58	Guayabo Alto	2	1	2	1	2	2	10
59	Playas del Guayabo	2	1	1	1	1	2	8
60	Loma del Zorro	2	1	2	1	1	1	8
61	Cangrejo o Uvital	2	1	2	2	1	1	9
62	El Tunal	2	1	2	3	1	3	12
63	La Penca	2	1	3	1	1	3	11
64	Llano de la Mina	2	3	3	3	2	3	16
65	Alto del Caruco	2	1	2	1	2	3	11
66	Boca de la Cueva	2	2	1	1	1	1	8
67	Llano Boca de la Cueva	2	1	1	1	2	1	8
69	El Morron	2	1	1	1	2	1	8
70	El Mandarino	2	1	1	1	2	1	8
71	Pagamiento	2	1	1	1	2	1	8
72	Alto del Jague	2	3	2	3	1	2	13
75	El Llanon	2	1	2	1	2	1	9
76	Rocayosa	2	1	2	1	2	1	9
77	Boca de Niquia	2	2	3	3	2	3	15
78	Llano de Niquia	2	1	3	1	2	3	12
79	El Salado de barbacoas	2	1	2	1	1	1	8
80	Monos	2	1	2	1	2	2	10
81	Llano de Barbacoas	2	1	3	1	1	1	9
82	El Cedral	2	1	2	2	1	3	11
83	El Cementerio	1	1	3	1	1	3	10
86	Barbacoas	2	1	2	1	2	1	9
92	Tesorero	2	1	2	1	1	3	10
94	Llano de Angelinas	2	1	2	2	1	1	9
95	Angelinas	2	3	3	3	1	3	15
97	Arenal	2	1	2	1	1	1	8
98	Bajos del Ciruelar	2	1	2	3	2	3	13
99	Ciruelar	2	1	2	2	2	1	10
101	Rodeo Bajo	2	1	2	1	2	1	9
103	Ciénaga de Carqueta	2	1	3	1	2	1	10
104	Llano Chicha	2	1	2	1	2	3	11

Código	Sitio	Número de ocupaciones	Densidad de las evidencias	Contexto arqueológico	Calidad de las evidencias	Estado de conservación del sitio	Tipo de unidad de muestreo	Importancia Arqueológica Relativa
106	Boca de Honda	2	1	2	2	2	3	12
108	El Remanso	2	1	1	1	1	1	7
109	Llano del Puente	2	1	1	2	1	1	8
110	La Tigrera	1	1	1	1	1	2	2
111	Astillero	1	1	1	1	1	2	2
112	La Estrella	1	1	1	1	1	2	2

3.5.7.2 Impacto por pérdida del patrimonio arqueológico (IPPA)

La interacción entre la sumatoria de variables que definen la Importancia Arqueológica Relativa y grado de Impacto Arqueológico, permite obtener el valor del Impacto por Pérdida del Patrimonio Arqueológico (IPPA), resultado que deberá orientar la toma de decisiones en relación con el tipo de intervención requerida, esto es, establecer rangos de prioridades para su intervención dentro del programa de Arqueología de rescate (prevención, mitigación o compensación), definido en el conjunto de Planes de Manejo propuestos para el Estudio de Impacto Ambiental.

Como se puede observar, la calificación máxima de IPPA podría alcanzar el valor de 21, suponiendo un valor extremo para cada variable, y 7 asumiendo valores mínimos, lo que significa considerar tres intervalos iguales a partir de este valor mínimo, que a su vez definirán valores de IPPA diferenciados

- Bajo: Sitios con valores entre 7 y 10
- Medio: Sitios con valores entre 11 y 14
- Alto: Sitios con valores iguales y mayores de 15

Los resultados de la interacción de la Importancia Arqueológica Relativa y el Impacto sobre los sitios Arqueológicos identificados, dieron como resultado que:

- 14 sitios obtuvieron una calificación superior a 15, de los cuales tres presentan buenas condiciones para su estudio, en cuanto a su calidad científica.
- De los 28 sitios que serán afectados por el proyecto, solo cinco obtuvieron una calificación superior a 15, para la variable Importancia Arqueológica Relativa.
- 42 sitios arqueológicos presentaron calificaciones de pérdida del patrimonio arqueológico bajo (entre 7 y 10)

La selección de los sitios a intervenir durante la fase de rescate arqueológico, tuvo en cuenta aquellos sitios que se encuentran dentro de la escala de alto en los resultados

de la valoración del Impacto por la Pérdida al Patrimonio Arqueológico, y aquellos sitios que serán afectados por el proyecto con una calificación de 12 para la Importancia Arqueológica Relativa.

En resumen, serían prioritarios para la intervención en la fase de rescate:

- Todos los sitios arqueológicos ubicados dentro del tercer rango, es decir, con valor IPPA mayor o igual a 15.
- Todos los sitios ubicados dentro rango medio que cumplan los siguientes requisitos:
 - Grado de impacto alto, con un valor de 3.
 - Importancia arqueológica relativa, mayor o igual a 12.

Se desglosa entonces, que en el programa de manejo arqueológico, se deberán intervenir durante la fase de construcción del proyecto los sitios que se presentan en la Tabla 3.5.27.

Tabla 3.5.27 Sitios arqueológicos para ser intervenidos en el programa de manejo al patrimonio arqueológico

Código	Sitio	Número de ocupaciones	Densidad de las evidencias	Contexto arqueológico	Calidad de las evidencias	Estado de conservación del sitio	Tipo de unidad del muestreo	Importancia Arqueológica Relativa	Impacto Arqueológico	Impacto por Pérdida al Patrimonio Arqueológico
24	Icura	2	2	2	2	1	3	12	3	15
31	Caparrosa	1	1	2	1	1	1	7	1	8
39	Palestina	3	3	3	2	1	1	13	1	14
43	Pescadero	2	2	2	1	2	3	12	3	15
47	El Pedrero	2	1	3	2	1	3	12	3	15
49	Sardinas	2	3	3	1	2	3	14	3	17
52	Ceibito	2	1	3	2	2	3	13	3	16
64	Llano de la Mina	2	3	3	3	2	3	16	1	17
77	Boca de Niquia	2	2	3	3	2	3	15	3	18
78	Llano de Niquia	2	1	3	1	2	3	12	3	15
95	Angelinas	2	3	3	3	1	3	15	1	16
98	Bajos del Ciruelar	2	1	2	3	2	3	13	3	16
106	Boca de Honda	2	1	2	2	2	3	12	3	15

3.5.8 Mapa de zonificación ambiental

Después de concentrar la sensibilidad ambiental de los componentes en cada uno de los medios (físico, biótico y social) tratados de forma cuantitativa, cualitativa y expresada en escala de colores, estos resultados a su vez, se traslaparon (suma de mapas) para generar un mapa de Zonificación Ambiental único en el área de influencia del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Teniendo en cuenta que las condiciones actuales del área de influencia del Proyecto presentan una alta intervención antrópica, el medio biótico (ecosistemas terrestres y

acuáticos) primó sobre los demás componentes debido a su influencia y directa relación con los otros medios (físico y social). Bajo esta premisa en el mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010 se presenta la zonificación ambiental para el Proyecto, en el cual se puede observar que las áreas más sensibles son las que corresponden a las áreas con una mayor calidad biótica, patrimonio arqueológico potencial, condiciones geomorfológicas extremas y conflictos de uso del suelo severos.

Las áreas de alta sensibilidad biótica se deben a que se localizan algunas poblaciones amenazadas de flora y fauna terrestre, desarrollados en una zona de vida que presenta hábitats altamente amenazados en Colombia - bosque seco tropical (bs-T).

La zonificación ambiental para el medio social señala que los municipios del área de influencia del proyecto presentan condiciones de vulnerabilidad media, sin embargo al analizar al interior de las variables, se encuentra que el municipio de Peque presenta indicadores inferiores con relación a los demás municipios, en especial en lo que respecta a cobertura en salud e índice de calidad de vida, mientras que el municipio de Yarumal dispone de las mejores condiciones sociales.

La calidad de vida es la variable en la que se reporta menor cobertura en toda el área de influencia, encontrando que el 51,3% de la población estudiada se encuentran en situación de pobreza, ocupando Peque el primer lugar con 74,5% del total de población con NBI, seguido de Buriticá con 70,3%.

En cuanto al patrimonio arqueológico la sensibilidad es alta por la identificación en los sitios señalados de un alto potencial arqueológico representado en material cultural, estructuras como terrazas y sitios funerarios localizados en el área de obras principales y embalse.

En el área de línea de transmisión de energía para construcción en jurisdicción del municipio de Yarumal, la sensibilidad es alta para los elementos de geomorfología y conflictos de uso del suelo, lo cual corresponde a áreas en donde las pendientes son escarpadas, con procesos altamente erosivos, con afectaciones por los sistemas de fallas regionales y con conflictos severos por usos del suelo inadecuados en zonas de alta pendiente las cuales se deben conservar.

De acuerdo con lo anterior y con el mapa D-PHI-110-ZA-PR-ZAM-010 se puede concluir que el área restante en donde hay zonas de pendientes moderadas a bajas, los usos del suelo no presentan conflictos o son ligeros, las coberturas vegetales son cultivos y pastos (alta intervención antrópica) y las condiciones sociales (salud, educación, servicios públicos, desarrollo municipal) tienen una cobertura mínima representativa en el área de influencia, la sensibilidad es media a baja.