

## **6. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL**

El objetivo de la zonificación ambiental es aplicar criterios basados en aspectos de interés ambiental que permita identificar “áreas supuestamente homogéneas” por su mayor vulnerabilidad frente a factores generalmente de origen antrópico, que puedan inducir o agravar situaciones o estados indeseables del entorno natural y o humano, teniendo como base las condiciones actuales del mismo.

Dichos estados indeseables o desfavorables pueden estar relacionados con la generación de situaciones de riesgo que amenacen la integridad física de la población, o también pueden hacer referencia a limitaciones en el uso de un recurso natural o de un ecosistema que provee bienes y servicios ambientales, debido a la introducción de factores contaminantes o a la inducción de condiciones de deterioro por una explotación excesiva. En cualquiera de los casos, la permanencia de la ocupación y el uso del territorio se ve amenazada, en el corto o el mediano plazo.

En relación con el aspecto del riesgo para la población, pueden presentarse desestabilización de vertientes, alteración hidráulica de las corrientes (que a su vez puede traducirse en deslizamientos, inundaciones), o cambios en las características del aire (gases o material particulado) que causen problemas respiratorios, o del agua (contaminación física o química) que la hagan inadecuada para usos humanos, consuntivos o no.

Sin embargo, además de los factores de riesgo mencionados, existen otros aspectos que determinan niveles de sensibilidad del entorno natural, en un sentido estrictamente ecológico, y que pueden incidir en la estabilidad o funcionamiento de los ecosistemas, ya sea afectando su extensión (destrucción o fragmentación de ecosistemas reducidos o raros), o introduciendo factores de perturbación (ruido, extracción intensa o contaminación) que exceden las posibilidades de recuperación del sistema (resiliencia) tales como trasvases de caudal, descargas de vertimientos, emisiones de gases o material particulado, entre otras.

### **6.1. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL MEDIO FÍSICO**

#### **6.1.1. Zonificación ambiental geomorfológica**

Para definir la zonificación ambiental relacionada con la geomorfología del área de estudio, se tuvo en cuenta, como aspecto principal, la evolución del paisaje analizada a partir de los procesos erosivos, la pendiente del terreno y el tipo de material litológico constituyente o predominante en la geoforma (véase plano F-PHI-EAM-LB-AA-RE-GEO).

En la Tabla 6.1 se ilustran, de manera abreviada, las distintas combinaciones de los factores que permitieron no sólo delimitar las unidades de mayor interés geotécnico para



**Tabla 6.1. Zonificación ambiental con base en características geológicas y geomorfológicas.**

NOMBRE DE LA UNIDAD	PENDIENTE						EROSION				LITOLOGIA											ZONA						
	10	20	30	40	50	60	Baja	Moderada	Severa	Variable	Anfibolitas	Batolito de Sabanalarga	Depos. Aluv cuaternario	Depósitos de flujos	Depósitos recientes	Diabasas	Dioritas	Esquistos	Gabros	Gneis	Gneis Intrusivo	Rocas Sedimentarias	Sedimentos recientes	Terrazas	B	C	D	
Filo alargado en dirección NS							X	X																				
Vertiente con filos largos con flancos de longitud corta								X	X																			
Vertiente de inclinación moderada								X																				
Vertiente de longitud media								X																				
Vertiente en la cuenca de la quebrada Pascuita								X																				
Vertiente en la cuenca de la quebrada Santa María							X	X																				
Vertiente media de superficie irregular								X																				
Vertiente moderada con filos controlados estructuralmente								X																				
Vertientes con desarrollo de filos con flancos de longitud media							X	X																				
Vertientes con filos cortos margen este								X																				
Vertientes de filos cortos								X																				
Vertientes de fuerte inclinación									X																			
Vertientes largas de superficie convexa								X	X																			
Abánicos aluviales									X																			
Colina media de flancos convexos									X																			
Colinas bajas									X																			
Colinas medias									X																			
Escarpe al borde del río Cauca									X																			
Escarpe al borde del río Cauca									X																			
Llanura aluvial del río Cauca							X	X																				
Superficie modelada en depositos									X																			
Terrazas aluviales									X																			
Vertiente con filos largos								X	X																			
Vertiente de fuerte inclinación							X	X																				
Vertientes filos largos en dirección EW							X	X																				
Vertiente con desarrollo de filos redondeados								X																				
Vertiente con filos cortos y planos									X																			
Vertiente con filos de flancos cortos								X	X																			
Vertiente con filos ramificados								X	X																			
Vertiente de inclinación baja								X																				
Vertiente ondulada de depositos								X																				
Filo bajo en direccion NE							X																					
Filo continuo de flancos planos									X																			
Filos con flancos convexos de longitud corta								X	X																			
Filos de tope irregular y flancos de inclinación fuerte								X	X																			
Vertiente con desarrollo de filos de flancos medios									X																			
Vertiente con filos planos y cortos									X																			
Vertiente con filos ramificados con flancos de fuerte inclinación								X	X																			
Vertiente de longitud media								X																				
Vertiente de superficie irregular									X																			
Vertiente larga y moderada							X	X																				
Vertiente moderada de superficie convexa								X																				
Vertientes en la cuenca de la quebrada Las Cuatro									X																			

las actividades constructivas del proyecto, sino también asignarle a cada una de ellas, una calificación cualitativa (Zonas B, C o D) que indica la susceptibilidad del medio físico al surgimiento y agravamiento de procesos erosivos y de inestabilidad del terreno, lo cual se elaboró con base en la caracterización geológica y geomorfológica de la región del proyecto (véanse numerales 3.1 y 3.2). Siendo B las zonas menos susceptibles y D las de mayor susceptibilidad.

Desde el punto de vista ambiental, la confluencia de factores desfavorables en términos de erosión e inestabilidad se considera como una situación más crítica en comparación con otro escenario donde solamente ocurra uno de los dos o ninguno. Por esta razón, las zonas D se consideran de importancia ambiental ALTA, las zonas C de importancia ambiental MEDIA y las zonas B de importancia BAJA, de acuerdo con las siguientes definiciones:

- **Zonificación Ambiental 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 históricos del río Cauca. Las condiciones geológicas están relacionadas con unidades rocosas afectadas por los sistemas de fallas regionales que fracturan intensamente los materiales o por condiciones de alta meteorización.
- **Zonificación Ambiental Media.** Estas zonas definen terrenos de pendientes moderadas a fuertes, pero donde las condiciones de las rocas no están tan influenciadas por los fallamientos regionales, ni por grandes procesos erosivos.
- **Zonificación Ambiental Baja.** Son terrenos de baja pendiente, definidos en su mayoría por depósitos aluviales con bajo grado de erosión o por zonas de afloramientos rocosos de buenas condiciones geotécnicas.

#### 6.1.2. Zonificación ambiental edafológica

Para la definición de la zonificación ambiental de este componente, se utiliza únicamente el análisis del conflicto por uso del suelo como indicador. Estos conflictos se determinan a partir de la comparación entre el uso actual y el uso potencial del suelo, definido este último de acuerdo con el sistema de las clases agrológicas. De acuerdo con la presencia o no de conflictos y con su severidad se considera la zonificación ambiental así (véase Tabla 6.2 y los planos F-PHI-EAM-LB-AA-RE-CNF y F-PHI-EAM-LB-LT-RE-CNF):

- **Zonificación Ambiental Alta.** Suelos con conflicto en el rango severo.
- **Zonificación Ambiental Media.** Presentan conflicto dentro del rango de medio.
- **Zonificación Ambiental Baja.** No presentan conflictos o estos son ligeros.

**Tabla 6.2. Zonificación ambiental edafológica**

Uso actual	Clase agrológica	Uso potencial	Tipo de conflicto	Importancia
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
Pasto enmalezado	VII	Solamente uso protector	Conflicto ligero	BAJA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Conflicto ligero	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	MEDIA
Pasto natural	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Conflicto ligero	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	MEDIA
Pasto manejado	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	MEDIA
Actividad agrícola	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto moderado	MEDIA
Cultivos café	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto ligero	BAJA
Plantaciones forestales	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Sin conflicto	BAJA
Construcciones	VII	Solamente uso protector	Conflicto moderado	MEDIA
	III, IV y V	Pastos, cultivos	Sin conflicto	BAJA
	VI	Plantaciones forestales y rastrojos	Conflicto ligero	BAJA
Áreas abiertas	VII	Solamente uso protector	Conflicto fuerte	ALTA
	III, IV, V, VI y VII	Pastos, cultivos, plantaciones forestales, rastrojos	Conflicto fuerte	ALTA

### 6.1.3. Zonificación ambiental calidad del aire

La zonificación ambiental del parámetro calidad del aire se establece exclusivamente en inmediaciones de los tres centros poblados 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) <sup>1</sup>, 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 importancia ambiental se asigna el mayor valor cualitativo a las zonas que han rebasado los límites de calidad del aire (según el PSI), o que se encuentran en valores muy cercanos a tal límite, y una importancia ambiental menor 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 generar situaciones críticas que afectan a las personas y, por lo tanto, a los demás organismos vivos. Sobre estos sitios se deberán concentrar las medidas de manejo ambiental con el objeto de evitar, prevenir o mitigar los impactos en la calidad del aire (véase la Figura 6.1).

Es importante aclarar que, al asignar a las zonas de buena calidad del aire una importancia ambiental menor, no se está sugiriendo en modo alguno que tengan menor valor ambiental, sino que los efectos (o riesgos sobre la salud) inducidos allí por las actividades contaminantes se esperaría que sean menos críticos y, muy posiblemente, será una zona que asimile mejor algún grado de contaminación sin causar daño al entorno natural y humano. De acuerdo con los valores obtenidos y los criterios considerados se propone la siguiente zonificación:

- **Importancia ambiental ALTA:** 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 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.



**Figura 6.1. Zonificación ambiental de la calidad del aire.**

---

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

- **Importancia ambiental MEDIA:** Calidad del aire Buena o Aceptable (promedios de concentración menor de 216 para el municipio de San Andrés de Cuerquia, 210 para 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.
- **Importancia ambiental BAJA:** Calidad del aire Buena o Aceptable (promedios de concentración menor de 216 para el municipio de San Andrés de Cuerquia, 210 para 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.

Un resumen de la zonificación de la calidad del aire se presenta en la Tabla 6.3

**Tabla 6.3. Zonificación ambiental calidad del aire**

Calidad actual aire	Densidad vial/tráfico	Vías alternas	Localización geográfica	Importancia	Sector
Buena / Aceptable	Alta	Existen	Favorable	Media	San Andrés de Cuerquia El Valle Toledo
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Media	
		No existen	Desfavorable	Alta	
	Baja	Existen	Favorable	Media	
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Media	
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Alta	
Inadecuada /Mala / Pésima/ Crítica	Alta	Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Alta	
	Baja	Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Alta	
		Existen	Favorable	Baja	
		No existen	Desfavorable	Media	

#### 6.1.4. 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 DBO<sub>5</sub>, 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 6.4 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 6.4. Comparación de otros parámetros en las diferentes estaciones**

Cuerpo de agua	Conduc-tividad (1)	Dureza total (2)	DBO <sub>5</sub> (3)	Colif Total (4)	Colif. Fecal (6)	Alcalinidad Total (2)	Fósforo Total (5)	Sólidos Susp (2)	Calidad del agua (sg NFS)
Río Cauca-PO	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-Lib	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. Tacuí	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	xx	xx	0	MEDIA

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 importancia 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 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 (véase numeral 3.8 Usos del agua) 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 futuro 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 6.5, indicando los rangos empleados y los aspectos para su interpretación (véase también la Figura 6.2).

**Tabla 6.5. 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 <sub>5</sub> , 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.



**HIDROELÉCTRICA  
PESCADERO ITUANGO**



Estudio de Impacto Ambiental – Zonificación Ambiental

---

**Figura 6.2. Zonificación ambiental de la calidad del agua.**

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

- **Zonificación Ambiental 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.
- **Zonificación Ambiental 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.
- **Zonificación Ambiental BAJA.** Corrientes con calidad de agua Media o Baja y de cualquier gradiente. No abastecen para consumo u otros usos.

En la Tabla 6.6 se ilustran las posibles combinaciones de criterios y los valores cualitativos de zonificación de importancia ambiental para el recurso agua.

**Tabla 6.6. Zonificación ambiental, recurso agua**

Calidad	Gradiente	Abastecimiento	Importancia	Cuenca/Corriente
Alta	Alto	Insustituible	Alta	
		Sustituible	Media	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	Alta	
		Sustituible	Media	
		No abastece	Media	
Media	Alto	Insustituible	Alta	Qda Barbuda, Qda Juan García, Qda Peque, Qda Santamaría, Río Ituango, Qda Rodas, Qda Honda, Qda Pená
		Sustituible	Baja	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	Alta	Qda Tacui, Río San Andrés, Río Cauca (PP), Río Cauca (Puente Occidente), Río Cauca (Lib)
		Sustituible	Media	
		No abastece	Baja	Qda Clara, Río Cauca (descarga)
Baja	Alto	Insustituible	NA	
		Sustituible	NA	
		No abastece	Baja	
	Bajo	Insustituible	NA	Río Cauca (Sabanalarga)
		Sustituible	NA	
No abastece	Baja	Río Cauca (Sitio Presa)		

## 6.2. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL MEDIO BIÓTICO

La zonificación ambiental del sistema biótico 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)<sup>2</sup> 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:

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

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 reflejara la calidad biótica de cada combinación de atributos en el territorio.

En la Tabla 6.7, 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 6.7. Indicadores a nivel de paisaje para las coberturas de bosque.**

Paisaje	Area_ha	Core (ha)	MNN
Z1	1630,60	27,10	34,30
Z2	1696,40	71,90	60,20
Z3	7102,20	157,40	61,50
Z4	13037,50	1044,90	62,70
Z5	14112,10	2983,90	56,30
Z6	6529,90	1623,00	59,90
Z7	1996,90	40,60	117,40
Z8	3583,70	667,90	67,60

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 Log10 (variable + 0.5). En la Tabla 6.8 se

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

presentan los datos transformados, así como el Índice de calidad biótica encontrado para cada unidad de paisaje.

**Tabla 6.8. 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

Con base en el índice de calidad biótica se zonificó 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, cuya extensión relativa y localización en el territorio se ilustra en la Figura 6.3.

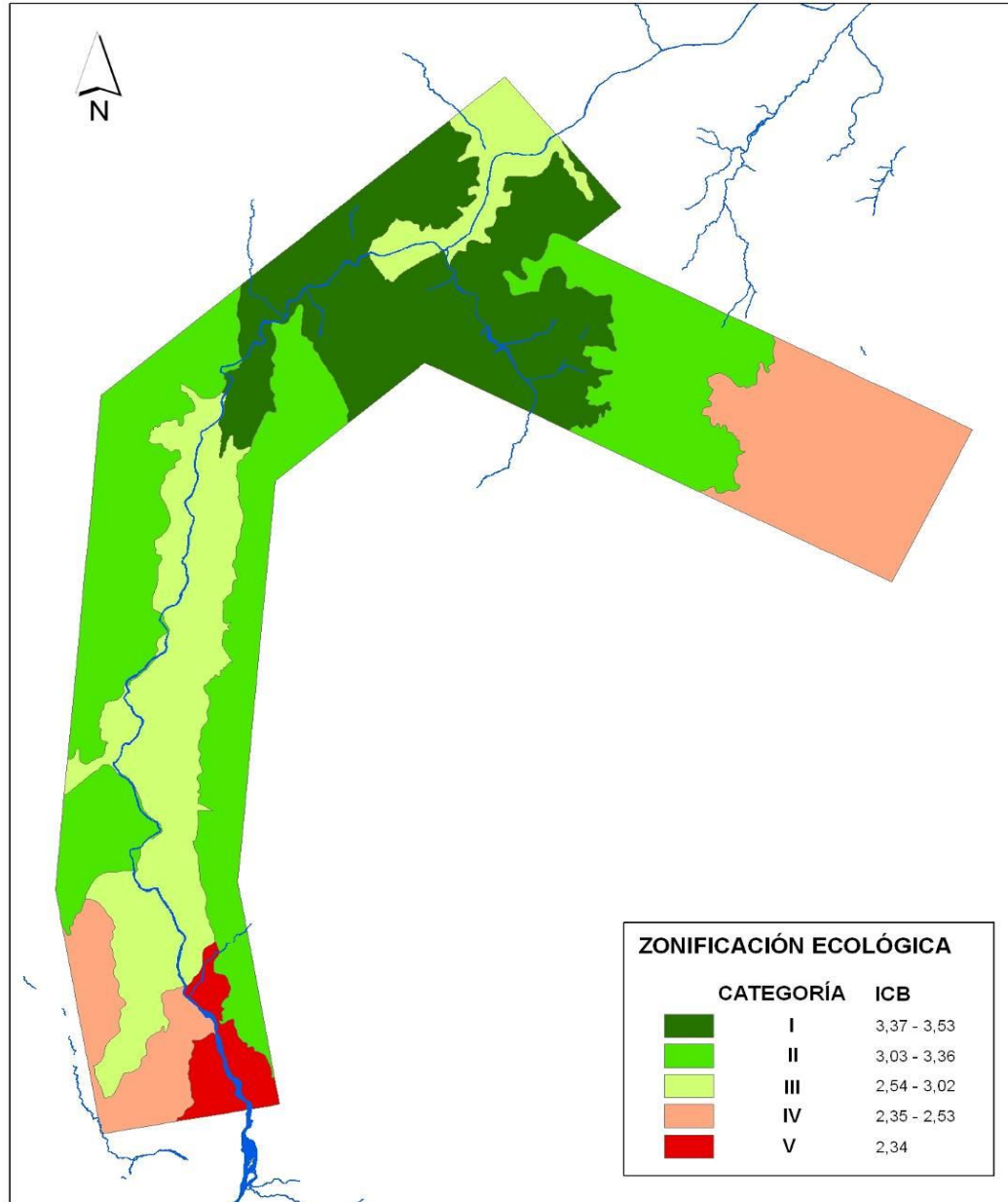
La categoría I, de mayor calidad biótica según los índices evaluados, se trata de un área con las coberturas boscosas más representativas de la región (Paisaje Z5), en particular con elevados valores de *Area core*. Este atributo es muy importante porque puede conferirle mayor capacidad de albergar especies 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 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).

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 biótica debido a perturbaciones seculares por minería y ganadería, principalmente.

**Figura 6.3. Zonificación biótica del área del proyecto**



Para facilitar la lectura de la figura y su relación con las obras del proyecto se presenta, en la Tabla 6.9, 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 6.9 . Descripción de la localización geográfica de las zonas bióticas.**

<b>Zona Biótica</b>	<b>Localización geográfica / Obras del proyecto</b>
ZONA I	<p>Comprende un área continua de vertientes bajas sobre el cañón del Río Cauca, en inmediaciones del Corregimiento de Orobajo (Municipio de Sabanalarga), parte de la cuenca baja de la Quebrada Santa María (Veredas Pasarela y Las Lomitas y Corregimiento de El Valle, del Mupio de Toledo) y el tramo bajo del Río San Andrés (Veredas Buena Vista, del Mupio de Briceño; Vda El Cántaro, de Toledo y Vda El Peñol, de San Andrés de Cuerquia). En esta zona se localizarán varios tramos del embalse, los campamentos y parte de las vías de acceso a la presa.</p> <p>Se presenta en dos sectores discontinuos, así:</p>
ZONA II	<p>- 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.</p> <p>- 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.</p> <p>Al igual que la Zona II, consta de dos sectores discontinuos:</p>
ZONA III	<p>- vertientes bajas de la margen izquierda del Río Cauca, en clima cálido seco, desde el Corregimiento de Angelinas (Buriticá), hasta inmediaciones del Corregimiento de Barbacoas (Mupio de Peque).y por la margen derecha, los territorios pertenecientes a Liborina y Sabanalarga por debajo de la cota 1000, aproximadamente.</p> <p>- 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 a la presa, la presa, el vertedero y demás obras principales.</p> <p>Comprende dos zonas muy distantes, de características climáticas diferentes:</p>
ZONA IV	<p>- 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.</p> <p>- 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.</p>
ZONA V	<p>Reducida zona de colinas y superficies aluviales, de clima cálido seco a muy seco, perteneciente a los municipios de Santa Fé de Antioquia, Olaya y Liborina, localizada sobre ambas márgenes del Río Cauca, aguas arriba de la cola del embalse.</p>

### 6.3. ZONIFICACIÓN DEL MEDIO SOCIAL

La zonificación del Medio Social, está enfocada a determinar el nivel de vulnerabilidad de la población asentada en los diez municipios que conforman el área de influencia indirecta 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 de que *“la vulnerabilidad social es aquella propensión que tiene la población de caer, en un momento determinado, en una condición de pobreza y marginación”*.

La vulnerabilidad social es consecuencia directa del empobrecimiento, del incremento demográfico y de la ocupación del territorio, así mismo la vulnerabilidad social ante los desastres naturales se define *“como una serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencias, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre”*. (PNUD, 2000)

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 diez municipios que conforman la zona de estudio 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 vulnerabilidad social 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.

### 6.3.1. CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES

A continuación se definen los indicadores mediante los cuales se evalúan las distintas variables y su respectiva valoración:

#### 6.3.1.1. VARIABLE: Ocupación

**Indicador:** Densidad poblacional

**Descripción:** Expresa el número total de habitantes de un municipio, en relación con la superficie del mismo que éstos ocupan.

**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 (tecno-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 más sostenible.

**Expresión matemática del indicador:** hab./km<sup>2</sup>

**Calificación:**

Valoración	Escala (hab./km <sup>2</sup> )
Muy Alta	>750
Alta	>500 - 750
Media	>250 - 500
Baja	>100 - 250
Muy Baja	<100

Indicador de referencia: Colombia comporta densidades muy bajas con respecto a otros países, con un promedio de 30 hab. /km<sup>2</sup>

### 6.3.1.2. Variable: Salud

**Indicador:** Cobertura (COBmSL)%

- Descripción

Expresa el porcentaje de habitantes, de los municipios, 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 toda la población al servicio 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). Las personas vinculadas son aquellas que por motivo de incapacidad de pago y mientras logran ser beneficiarias del régimen subsidiado tienen derecho a los servicios de atención de salud que prestan las instituciones públicas y aquellas privadas que tengan contrato con el Estado. Tienen particular importancia, dentro de este grupo, personas tales como las madres durante el embarazo, parto y postparto y período de la lactancia, las madres comunitarias, las mujeres cabeza de familia, los niños menores de un año, los menores en situación irregular, las personas mayores de 65 años, los discapacitados, los campesinos, las comunidades indígenas, y demás personas sin capacidad de pago."

En el régimen contributivo se clasifican los afiliados al Sistema de Seguridad Social en carácter de vinculados laboralmente 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

Este indicador permite establecer el porcentaje de la población en el municipio que está cubierta por el régimen contributivo y subsidiado de seguridad social en salud.

**Código del indicador: PARCS**

**Expresión matemática del indicador**

$(PARC + PARS/PTM)*100$  , donde:

PARC= Población total afiliada al régimen contributivo por municipio

PARS= Población total afiliada al régimen subsidiado por municipio

PTM= Población total por municipios

### 6.3.1.3. Variable: Educación

#### **Indicador 1: Cobertura (COBmED)%**

##### - Descripción

El indicador más general de cobertura es la tasa de escolarización, la cual se define como la proporción de población en edad escolar que está efectivamente escolarizada, expresada en la tasa de escolarización para los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y media. Como datos de entrada se utiliza la población en edad escolar y los alumnos matriculados.

$$\text{Tasa bruta de escolarización} = \left[ \frac{\text{Alumnos matriculados}}{\text{población edad escolar}} \right] * 100$$

Se toma como población en edad escolar para el nivel primario, la que se halla en el tramo entre los siete y once años y para educación secundaria el tramo comprendido entre los doce y diecisiete años.

$$\text{Tasa bruta de escolarización primaria} = \left[ \frac{\text{Alumnos matriculados}}{\text{población entre 7 y 11 años}} \right] * 100$$

$$\text{Tasa bruta de escolarización secundaria} = \left[ \frac{\text{Alumnos matriculados}}{\text{población entre 12 y 17 años}} \right] * 100$$

##### - Objeto del indicador

Este indicador mide los esfuerzos y acciones efectivas de las administraciones para que el total de población acceda al sector educativo.

**Código del indicador:** PARCS

**Expresión matemática del indicador:** TALUMm/POBESCm\*100, donde.

TALUMm= Total de alumnos matriculados por municipio

POBESCm= Total de la población en edad escolar por municipio

#### 6.3.1.4. Variable: Servicios públicos y saneamiento básico

##### **Indicador1:** Cobertura Acueducto (PAPm)%

###### - Descripción

Porcentaje de la población que tiene acceso a una cantidad suficiente de agua potable en su vivienda o a una distancia razonable de ella. Por agua potable se entiende tanto las aguas de superficie tratadas como las aguas no tratadas pero no contaminadas, como las procedentes de pozos de sondeo protegidos, manantiales y pozos sanitarios. Las aguas de superficie no tratadas, tales como los ríos y los lagos, sólo se consideran potables si los departamentos de salud pública realizan controles periódicos de la calidad del agua y la consideran aceptable.

###### - Objeto del indicador

Acceso de la población ubicada en los municipios, al agua potable.

**Expresión matemática del indicador:**  $(PAPm/HABMun)*100$  , donde

PAPm= Población del municipio con fácil acceso a los servicios de acueducto (sea con conexión directa o dentro de los 200 mts de distancia de un punto de agua comunitario)  
HABMun= Total habitantes por municipio.

##### **Indicador 2:** Cobertura Energía (PAEEem)%

###### - Descripción

"Este indicador muestra la proporción de la población que cuenta con el servicio de energía eléctrica. La cobertura se mide sobre las construcciones con uso de vivienda discriminado en área urbana y rural.

###### - Objeto del indicador

El indicador muestra la cobertura del servicio de energía eléctrica y permite en el futuro estimar la prestación de este servicio, de acuerdo con la tasa de crecimiento de la población, y establecer acciones tendientes a mejorar los controles en caso de que se presente disminución en la prestación del servicio que afecten ambientalmente a la población.

**Expresión matemática del indicador:**  $(POEEem/HABMun)*100$  , donde

POEEem = Porcentaje de población de cada municipio con servicio de energía eléctrica

POBEE =Total habitantes por municipio.

### **Indicador 3: Cobertura Alcantarillado(PIAm)%**

- Descripción

Porcentaje de la población que está conectada al sistema de alcantarillado. I) Alcantarillado: Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias. II) Población abarcada: Incluye a la población urbana cuyas viviendas están conectadas a la red pública de alcantarillado."

- Objeto del indicador

Acceso de la población a instalaciones de saneamiento adecuado para disposición de excretas.

**Expresión matemática del indicador:**  $(PIAm / HABMun) * 100$  , donde

PIAm = Población con instalaciones adecuadas de alcantarillado para el total del municipio.

POBEE = Total habitantes por municipio.

#### 6.3.1.5. Variable: Necesidades Básicas Insatisfechas

**Indicador:** Porcentaje (NBIm)%

- Descripción

El INBI se construye mediante un procedimiento simple: En caso de que un hogar presente al menos una carencia crítica, el INBI toma el valor de 1; en caso contrario, el INBI tomará el valor de 0. Agregando los valores del INBI para todos los hogares se obtiene una especie de "índice de recuento", que indica cuántos hogares tienen al menos una necesidad insatisfecha y se consideran, en consecuencia, pobres. Esta proporción se muestra en forma porcentual para determinar la proporción por cada 100 hogares.

- Objeto del indicador

**Este indicador** refleja la magnitud de la pobreza de la población

**Código del indicador:** NBI

#### 6.3.1.6. Variable: Desarrollo Municipal

**Indicador:** Porcentaje (IDM)%

- Descripción

El Índice de Desarrollo Municipal permite “medir el desarrollo territorial en cada nivel de gobierno para municipios y departamentos”. Esta medición consiste en el cálculo de un índice de desarrollo que refleja el comportamiento de variables de tipo social (cobertura en educación, salud, servicios públicos, necesidades básicas insatisfechas, etc.) y variables de tipo financiero (ingresos tributarios y no tributarios por persona, gastos por persona y grado de dependencia de las transferencias).

- Objeto del indicador

Evaluar las cargas fiscales de éstos y por consiguiente, la capacidad de inversión social.

**Código del indicador: IDM**

Valoración cobertura	Escala
Alta	>80%
Media	>60 – 80%
Baja	>40 -80%
Muy Baja	<40%

### 6.3.2. RESULTADOS

Los indicadores finales, resultado de la evaluación de las variables y su peso relativo (véase la Tabla 6.10,y la Figura 6.4 ), evidencian lo siguiente en cuanto a la zonificación de los aspectos sociales:

**Tabla 6.10. Conjunto de indicadores empleados para estimar la vulnerabilidad social.**

MUNICIPIOS	DENSIDAD	SALUD	EDUCACIÓN	SERVICIOS PÚBLICOS Y SANEAMIENTO	NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS	DESARROLLO MUNICIPAL	VULNERABILIDAD	CALIFICACIÓN
	Indicador % (hab./km²)	Indicador % (Cobertura)	Indicador % (Cobertura)	Indicador % (Cobertura)	Indicador %	Indicador %		
Briceño	27.67	50,8%	69,3	36,0%	73,1	22,6	3,7	Media - Alta
Buriticá	23.8	59,4%	70	24,7%	68,5	26,4	3,7	Media - Alta
Ituango	20.32	47,2%	78,1	36,4%	75,4	23,8	3,7	Media - Alta
Liborina	44.99	56,8%	92,6	43,4%	41,5	36	3,0	Media
Olaya	28.77	87,3%	97,7	46,7%	51,7	36,4	2,7	Media -Baja
Peque	27.77	50,8%	70	27,1%	81,2	21,3	3,7	Media - Alta
Sabanalarga	35.43	67,4%	77,6	21,9%	62,6	27,9	3,5	Media
San Andrés de Cuerquia	62.97	46,6%	126,7	51,3%	54,9	30,6	2,8	Media - Baja
Toledo	81.42	43,3%	94,3	28,3%	70	25,5	3,5	Media
Yarumal	46.8	75,2%	106,1	82,0%	40	42,8	2,3	Baja



HIDROELÉCTRICA  
PESCADERO ITUANGO



Estudio de Impacto Ambiental – Zonificación Ambiental

---

## Figura 6.4. Zonificación Ambiental del Medio Social

- Un resultado ajustado con las condiciones propias de cada municipio, caracterizado en la línea base ambiental, expresado en: La baja vulnerabilidad social del Municipio de Yarumal, en términos de su calidad de vida.
- Vulnerabilidad media para los Municipios de Liborina y Sabanalarga, el primero con mayores fortalezas de localización y conexión con centros regionales, y el segundo, con un proceso de recuperación económica y fiscal, en los últimos 10 años, que ha mejorado sus oportunidades como polo de desarrollo, y, finalmente, el Municipio de Toledo, localidad que presenta, con respecto al contexto de la zona de estudio, unos mayores niveles de gestión administrativa que en los últimos tres años se han revertido en el mejoramiento de los indicadores de calidad de vida de la población en los sectores de vivienda y educación, específicamente.
- Vulnerabilidad Media Baja en el Municipio de Olaya. Este resultado es consecuencia del alto índice de cobertura en salud y educación que registra el Municipio. No obstante se observan contrastes en la calidad de vida de la población, muy ligada al sector terciario de la economía, con escasos ingresos y un desarrollo bajo, teniendo en cuenta las ventajas comparativas que le ofrece la actividad turística y su cercanía al centro de zona.
- La más alta vulnerabilidad la presentan los Municipios más dispersos, es decir, con más baja conectividad a las dinámicas territoriales, con excepción del Municipio de Ituango, por su nivel territorial intermedio.

De todas maneras, se resalta que ningún municipio presenta alta vulnerabilidad social.

#### **6.4. ZONIFICACIÓN ARQUEOLÓGICA**

Dentro de los criterios posibles para la estimación de la importancia arqueológica, se han considerado seis elementos que 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)



#### 6.4.1.1. 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 ocupaciones (dos estratos con material cultural)
- Alto Sitios con tres o más ocupaciones (tres o más estratos con material cultural)

#### 6.4.1.2. 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 m<sup>2</sup> 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 43 a 66

#### 6.4.1.3. 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 (caminos), de depósito de basuras, entre otros.

Pese a que la calificación de este componente es de difícil de precisión, dado el tamaño las unidades de muestreo utilizadas (0.25 m<sup>2</sup>), 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

#### 6.4.1.4. Calidad de las 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 m<sup>2</sup>) 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)

#### 6.4.1.5. 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

#### 6.4.1.6. Tipo de unidad de muestreo arqueológico (UMA)

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 tomada 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)

#### 6.4.2. Resultados de la evaluación de la importancia arqueológica 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 6.11 se presenta la evaluación de la importancia arqueológica relativa en términos cualitativos, y en la Tabla 6.12 y en la Figura 6.5 se presenta la clasificación de los sitios de acuerdo a su importancia arqueológica

**Tabla 6.11. Evaluación para la Importancia arqueológica**

Variable	Escala	Resultados
Importancia Arqueológica Baja	6 a 9	24 sitios
Importancia Arqueológica Media	10 a 13	26 sitios
Importancia Arqueológica Alta	Igual y mayores de 14	5 sitios

**Tabla 6.12. 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
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



**Tabla 9.2 Impacto por pérdida del patrimonio arqueológico (Continuación)**

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
61	Cangrejo 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
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

**Figura 6.5. Zonificación ambiental-Subcomponente arqueológico**

## 6.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL

De acuerdo con lo solicitado por los términos de referencia, a partir de la zonificación ambiental y de la evaluación de impactos, se propone una zonificación de manejo ambiental para las diferentes actividades del proyecto que atiende la siguiente clasificación:

- **Áreas de Exclusión:** corresponde a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Se considera que el criterio de exclusión está relacionado con la fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socio-ambiental de la zona; de la capacidad de autorecuperación de los medios a ser afectados y del carácter de áreas con régimen especial.
- **Áreas de Intervención con Restricciones:** se trata de áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y etapas del proyecto y con la sensibilidad socio-ambiental de la zona. En lo posible deben establecerse grados y tipos de restricción y condiciones de las mismas.
- **Áreas de Intervención:** corresponde a áreas donde se puede desarrollar el proyecto, con manejo socio-ambiental acorde con las actividades y etapas del mismo.

Al integrar los aspectos considerados, se propone descartar la presencia en la zona de áreas de exclusión si se tiene en cuenta que, desde el punto de vista biofísico, los sitios que serán afectados por el proyecto no contienen territorios de características ambientales excepcionales como áreas de manejo especial (Parques naturales, reservas, santuarios) ni contienen hábitats de especies endémicas; y que desde lo social tampoco existen allí comunidades que por sus atributos culturales o históricos deban preservarse de cualquier grado de intervención.

De acuerdo con esto, el área de estudio puede ser intervenida en su totalidad, diferenciándose, espacialmente, en dos zonas cuyos municipios contienen municipios con características socioeconómicas e institucionales particulares, a saber:

- Los municipios de Briceño, Buriticá, Ituango, Peque, Sabanalarga y (en menor grado) Liborina, comparten en la realidad, factores de aislamiento geográfico, necesidades básicas insatisfechas y desarrollo municipal, principalmente, que son desventajas frente a las intervenciones del proyecto, a pesar de que se hallan en entornos territoriales de mayor calidad paisajística.
- Comparativamente, municipios como Yarumal, Olaya y San Andrés de Cuerquia, a pesar de contener zonas que son biofísicamente más sensibles (Robledales en Yarumal y Bosque seco tropical en Olaya), exhiben, frente al proyecto, una mayor capacidad institucional y social, para asimilar las demandas del proyecto.

Teniendo en consideración que el entorno ambiental natural del área del proyecto (salvo las mencionadas zonas de Robles, en Yarumal, y el enclave seco, en inmediaciones de Olaya y Liborina) no presenta condiciones amenazantes que hagan prever situaciones complejas de carácter ambiental, se decidió asignarle un mayor peso a la sensibilidad social en la definición de las áreas de intervención sin restricciones, dando como resultado la zonificación que se presenta en la Tabla 6.13 y el Plano F-PHI-EAM-ZON-AA-RE-ZON.

**Tabla 6.13. Zonificación ambiental integral del área del proyecto.**

<b>Sensibilidad Alta</b> (no se presentan en la zona)	<b>Áreas de exclusión.</b> (No pueden intervenir porque presentan Áreas bajo régimen especial como Parques Naturales)				
<b>Sensibilidad Media-Alta</b> (Briceño, Buriticá, Ituango, Peque)				<b>Áreas de intervención con restricciones.</b> (Pueden intervenir con algunas restricciones teniendo en cuenta manejos especiales)	
<b>Sensibilidad Media</b> (Liborina, Sabanalarga)				<b>Áreas de intervención sin restricciones.</b> (Pueden intervenir con manejo socio-ambiental)	
<b>Sensibilidad Media-Baja</b> (Olaya, San Andrés de Cuerquia)					
<b>Sensibilidad Baja</b> (Yarumal)					
<b>Zonificación Social</b>  <b>Zonificación Biofísica</b>	<b>Sensibilidad Baja</b> (unidades Z1-Z2-Z3)	<b>Sensibilidad Media</b> (unidades Z4-Z5)	<b>Sensibilidad Alta</b> (no se presentan en la zona)		



<b>6.</b>	<b>ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.....</b>	<b>6.1</b>
6.1.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL MEDIO FÍSICO.....	6.1
6.1.1.	Zonificación ambiental geomorfológica.....	6.1
6.1.2.	Zonificación ambiental edafológica.....	6.3
6.1.3.	Zonificación ambiental calidad del aire.....	6.4
6.1.4.	Zonificación ambiental calidad del agua.....	6.7
6.2.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL MEDIO BIÓTICO.....	6.11
6.3.	ZONIFICACIÓN DEL MEDIO SOCIAL.....	6.15
6.3.1.	CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES.....	6.17
6.3.1.1.	<i>VARIABLE: Ocupación.....</i>	<i>6.17</i>
6.3.1.2.	<i>Variable: Salud.....</i>	<i>6.18</i>
6.3.1.3.	<i>Variable: Educación.....</i>	<i>6.19</i>
6.3.1.4.	<i>Variable: Servicios públicos y saneamiento básico.....</i>	<i>6.20</i>
6.3.1.5.	<i>Variable: Necesidades Básicas Insatisfechas.....</i>	<i>6.21</i>
6.3.1.6.	<i>Variable: Desarrollo Municipal.....</i>	<i>6.21</i>
6.3.2.	RESULTADOS.....	6.22
6.4.	ZONIFICACIÓN ARQUEOLÓGICA.....	6.24
6.4.1.1.	<i>Número de ocupaciones.....</i>	<i>6.25</i>
6.4.1.2.	<i>Densidad del material cultural.....</i>	<i>6.25</i>
6.4.1.3.	<i>Contextos arqueológicos.....</i>	<i>6.26</i>
6.4.1.4.	<i>Calidad de las evidencias:.....</i>	<i>6.26</i>
6.4.1.5.	<i>Estado de conservación.....</i>	<i>6.27</i>

6.4.1.6.	<i>Tipo de unidad de muestreo arqueológico (UMA)</i> .....	6.27
6.4.2.	Resultados de la evaluación de la importancia arqueológica relativa.....	6.28
6.5.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL INTEGRAL .....	6.31

Tabla 6.1.	Zonificación ambiental con base en características geológicas y geomorfológicas. ....	6.2
------------	---	-----

<b>Tabla 6.2.</b>	<b>Zonificación ambiental edafológica</b> .....	6.4
-------------------	---	-----

Tabla 6.3.	Zonificación ambiental calidad del aire.....	6.7
------------	--	-----

Tabla 6.4.	Comparación de otros parámetros en las diferentes estaciones .....	6.8
------------	--	-----

Tabla 6.5.	Definición de criterios para zonificación .....	6.9
------------	---	-----

Tabla 6.6.	Zonificación ambiental, recurso agua.....	6.11
------------	---	------

Tabla 6.7.	Indicadores a nivel de paisaje para las coberturas de bosque. ....	6.12
------------	--	------

Tabla 6.8.	Indicadores a nivel de paisaje estandarizados mediante la fórmula $\text{Log}_{10}(\text{variable} + 0.5)$ y cálculo del Índice de calidad biótica.....	6.13
------------	---	------

Tabla 6.9 .	Descripción de la localización geográfica de las zonas bióticas. ....	6.15
-------------	---	------

Tabla 6.10.	Conjunto de indicadores empleados para estimar la vulnerabilidad social. .	6.22
-------------	--	------

Tabla 6.11.	Evaluación para la Importancia arqueológica.....	6.28
-------------	--	------

Tabla 6.12.	Impacto por pérdida del patrimonio arqueológico.....	6.28
-------------	--	------

Tabla 6.13.	Zonificación ambiental integral del área del proyecto. ....	6.32
-------------	---	------

Figura 6.1.	Zonificación ambiental de la calidad del aire. ....	6.6
-------------	---	-----



---

Figura 6.2. Zonificación ambiental de la calidad del agua. ....	6.10
<b>Figura 6.3. Zonificación biótica del área del proyecto</b> .....	<b>6.14</b>
Figura 6.4. Zonificación Ambiental del Medio Social .....	6.23
Figura 6.5. Zonificación ambiental-Subcomponente arqueológico .....	6.30