

Recibido: julio de 2021
Aprobado: agosto de 2021

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v18i0.2641>

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA A TRAVÉS DE MATRICES DE IMPACTO/APTITUD DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL EMBALSE TOPOCORO EN EL MUNICIPIO DE BETULIA, SANTANDER (COLOMBIA)*

Sandra Carolina Flórez Gutiérrez** - Universidad Santo Tomás, Colombia

Jemay Mosquera Téllez*** - Universidad de Pamplona, Colombia

Catalina Sauza Reyes**** - Universidad Santo Tomás, Colombia



Embalse Topocoro, Betulia- Santander.
Fuente: Sandra Carolina Flórez Gutiérrez.

* Artículo de investigación derivado del proyecto de grado titulado "Modelo de ocupación territorial a partir de la evaluación de la capacidad de acogida para el área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander", el cual fue presentado para optar por el título de magíster de Ordenamiento Territorial, Facultad de Arquitectura, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.

** Abogada de la Universidad de Santander (UDES), Bucaramanga, Colombia y magíster en Ordenamiento Territorial de la Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia.

E-mail: sandracfg86@gmail.com – sandra.florez@ustabuca.edu.co.

*** Arquitecto- Posdoctor en Ciudades y Megalópolis Énfasis en Desarrollo Urbano Integrado en Zonas de Frontera, Ph.D. en Arquitectura Énfasis en Planificación Urbana y Regional. Integrante del Comité Especial Interinstitucional de Apoyo a la Comisión de Ordenamiento Territorial (COT) de Colombia. Miembro de la Asociación Colombiana de Investigadores Urbano Regionales (ACIUR).

E-mail: jemay.mosquera@gmail.com

**** Arquitecta y magíster en Sostenibilidad, docente de la Facultad de Arquitectura USTA, Bucaramanga.

E-mail: adriana.sauza@ustabuca.edu.co

RESUMEN

El área de influencia del embalse Topocoro, en el municipio de Betulia, Santander, ha sufrido diversos cambios en el modelo de ocupación del territorio, debido a los cambios y nuevas expectativas de usos del suelo en el sector, que pasaron de usos agropecuarios a comerciales y de servicios. Es por esto por lo que se hace necesario reformular el modelo de ocupación del territorio en este sector, para lo cual se requiere actualizar la lectura de este a partir de la metodología de capacidad de acogida del medio físico planteada por los autores Gómez Orea y Gómez Villarino en el libro *Ordenación Territorial*, que consiste en realizar el diagnóstico y análisis territorial en términos de vocación a partir de las matrices de impacto/aptitud del suelo.

El diagnóstico, hecho a partir de información secundaria consignada en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) vigente abarcó el análisis de la estructura ecológica principal, amenaza por movimientos en masa, clasificación agrológica del suelo, cobertura de tierras y las oportunidades de localización dada por la distancia a vías y embarcaderos que permitió construir a partir de un proceso de análisis jerárquico (AHP) las unidades ambientales de integración en las que se pudo evaluar el impacto y la aptitud de las actividades que se plantean realizar, dando como resultado mapas de aptitud e impacto, que muestran la afinidad de las actividades evaluadas con cada unidad ambiental. El análisis da como resultado que las unidades ambientales con mayores impactos corresponden con las áreas de protección ambiental identificadas en la estructura ecológica principal.

PALABRAS CLAVES:

Ordenamiento territorial, Capacidad de acogida, Betulia, embalse Topocoro, Modelo de ocupación territorial, Hidrosogomoso.

ASSESSMENT OF THE HOSTING CAPACITY OF THE AREA OF INFLUENCE OF THE TOPOCORO RESERVOIR IN THE MUNICIPALITY OF BETULIA, SANTANDER (COLOMBIA)



Embalse Topocoro, Betulia- Santander.
Fuente: *Sandra Carolina Flórez Gutiérrez*.

ABSTRACT

The area of influence of the Topocoro reservoir, in the municipality of Betulia, Santander, has undergone several changes in the model of occupation of the territory, due to changes and new expectations of land uses in the sector, which went from agricultural to commercial uses and services. Therefore, it is necessary to reformulate the model of occupation of the territory in this sector, for which it is required to update the reading of this from the methodology of reception capacity of the physical environment proposed by the authors Gómez Orea and Gómez Villarino in the book "Territorial Planning", which consists of carrying out the diagnosis and territorial analysis in terms of vocation from the impact matrices/soil fitness.

The diagnosis, made from secondary information contained in the current Territorial Planning Scheme (EOT) included the analysis of the main ecological structure, threat by mass movements, agrological classification of the soil, land cover and the location opportunities given by the distance to roads and jetties that allowed to build from a process of hierarchical analysis (AHP) the environmental integration units in which it was possible to evaluate the impact and aptitude of the activities to be carried out, resulting in aptitude and impact maps, which show the affinity of the activities evaluated with each environmental unit. The analysis shows that the environmental units within the greatest impacts fit in with the environmental protection areas identified in the main ecological structure.

KEYWORDS:

Territorial planning, Reception capacity, Betulia, Topocoro reservoir, Territorial occupation Model, Hidrosogamoso.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Betulia pertenece al departamento de Santander (Colombia) ubicándose en el centro occidente de este, y cuyo territorio se convertirá en el epicentro del proyecto hidroeléctrico Sogamoso. Dicho proyecto contó con una inversión de aproximadamente dos mil millones de dólares, y después de entrar en funcionamiento, la central, aporta el 8% de la generación eléctrica del país (UPME, 2018). Dicho proyecto generó importantes cambios a nivel biofísico, paisajístico, topográfico, social y económico, en gran medida por la constitución del embalse Topocoro, el cual es un cuerpo de agua de aproximadamente siete mil hectáreas, que alimenta la central hidroeléctrica.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como el tamaño e impacto del proyecto, el embalse se convirtió en un referente regional en distintos ámbitos como el social, económico, turístico, productivo y ambiental. De igual forma, el embalse terminó siendo un agente regulador del modelo de ocupación territorial que se configuró en la zona, esto a partir de las diversas actividades que se dan en y alrededor del mismo, principalmente en el municipio de Betulia, siendo este municipio el que se vio más impactado por el proyecto del embalse, afectando casi en un tercio su territorio y dividiendo el municipio en dos.

Aun así, el actual Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) de Betulia no contempla el embalse Topocoro como un agente importante en el modelo de ocupación del territorio y no cuenta con herramientas normativas necesarias para generar respuestas a la demanda creciente de nuevos gremios económicos que buscan asentarse en el sector como el hotelero, de servicios, turismo, vivienda campestre, recreación, entre otros.

Ahora bien, siguiendo este mismo derrotero, en Colombia se han desarrollado importantes hidroeléctricas, similares a la existente en Betulia como lo son la de Guatapé, Betania, Porce II, y Porce III. Dichos proyectos generaron impactos importantes en sus zonas cercanas, los cuales cambiaron las dinámicas habituales alrededor de los embalses permitiendo el desarrollo de nuevas actividades complementarias. Sin embargo, al igual que en Betulia varias de estas zonas no recibieron la atención necesaria por parte de las autoridades tanto municipales como regionales, lo que trajo problemas en términos de planificación, conflictos urbanísticos, gestión del agua, los usos complementarios a la generación de energía en los cuerpos de agua y la gestión del suelo, lo anterior dando como resultado desarrollos urbanísticos desordenados, y problemas ambientales y sociales (Arrollo y Boelens, 2013).

Es por ello que resulta importante que en la actualización del modelo de ocupación territorial en el área de influencia del municipio de Betulia se realice el diagnóstico del territorio, el cual se plantea a partir de la evaluación de la capacidad de acogida del medio físico, planteado por Alejandro Gómez Villarino y Domingo Gómez Orea en su libro *Ordenación Territorial*, quienes la definen como una síntesis de los aspectos físicos del medio natural y como estos se relacionan con las actividades humanas en términos de vocación, compatibilidad o incompatibilidad (Villarino & Orea, 2013).

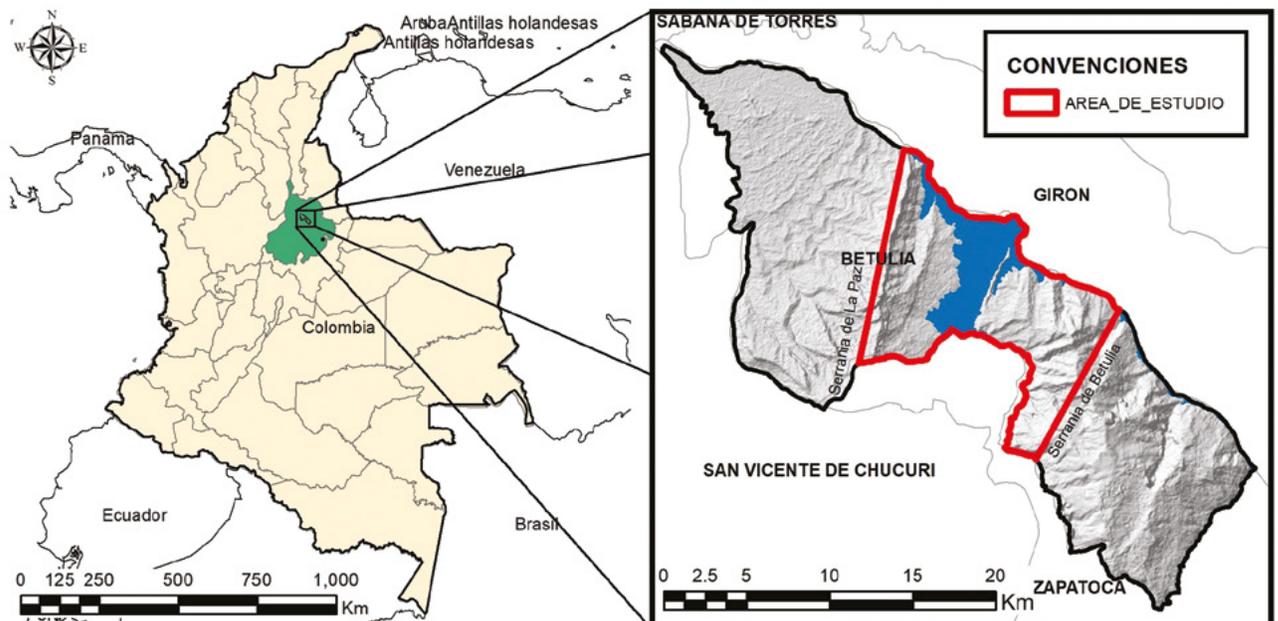
Así pues, para realizar el diagnóstico del medio físico, es necesario delimitar el área de estudio, que en este caso corresponde con el *área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia* limitando físicamente por la Serranía de Betulia al este y la Serranía de la Paz al Oeste. En esta zona, a partir de la revisión de fuentes de información secundaria se identificaron las siguientes variables: la estructura ecológica principal, la amenaza por movimientos en masa, clasificación agrológica del suelo, cobertura de tierras y las

oportunidades de localización dada por la distancia a vías y embarcaderos. Esta información sirvió de base para la lectura del medio físico a realizarse a partir de la metodología de capacidad de acogida. Cada una de las variables identificadas fue analizada en un proceso de análisis jerárquico (AHP), el cual definió la forma de asociación entre estas para construir las unidades ambientales de integración a las cuales se les realizó las matrices de impacto/ aptitud para identificar las áreas con mayor o menor aptitud en el territorio para el desarrollo de las nuevas actividades a instaurarse en el sector.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, el artículo en un primer apartado presenta la identificación del área de influencia, después se describe de forma detallada la metodología propuesta para el desarrollo de la investigación y finalmente se muestran los resultados obtenidos al evaluar la capacidad de acogida en el área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia.

IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL EMBALSE TOPOCORO

El área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia se identifica en la figura 1, donde el perímetro de color rojo muestra las zonas dentro del municipio donde se tiene una influencia del embalse, desde el punto de vista paisajístico y geográfico. Este define el marco de referencia geográfico, en donde se registran los impactos directos del embalse, así como los impactos indirectos inducidos por las actividades económicas y sociales que se quieren desarrollar.



Así pues, el área de influencia del embalse Topocoro del municipio de Betulia se configura a su vez en el área de estudio de la presente investigación, donde se desarrollará el diagnóstico a partir de la capacidad de acogida. El área se delimitó usando dos criterios geográficos que son: los cambios de elevación topográficos y las zonas con visibilidad directa hacia el embalse Topocoro, dentro de la jurisdicción municipal de Betulia, Santander. Estos

Figura 1. Localización del municipio de Betulia Santander y el embalse Topocoro (Polígono azul). Fuente: tomado de Flórez, 2021, p.76.

parámetros fueron trabajados en un Sistema de información geográfica (SIG) cuyo resultado para el área de estudio se presenta en la figura 2.

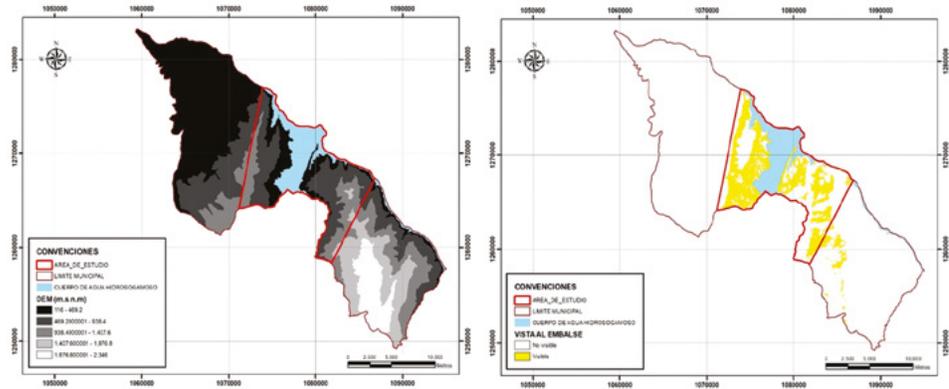


Figura 2. Criterios geográficos usados para la delimitación del área de estudio.
Fuente: tomado de Flórez, 2021, p.80.

La figura izquierda muestra el Modelo digital de elevación (MDE) del municipio categorizado en cinco intervalos de altura (medidas sobre el nivel del mar m.s.n.m), donde se observan de color gris claro y blanco la Serranía de la Paz (oeste) y la Serranía de Betulia (este). La figura de la derecha muestra en color amarillo las áreas donde el embalse Topocoro es visible.

MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

Metodología propuesta para el desarrollo de la investigación

La evaluación de la capacidad de acogida del medio físico se realiza a partir de la metodología propuesta por Alejandro Gómez Villarino y Domingo Gómez Orea en su libro *Ordenación Territorial*. Para desarrollar la investigación se inició con la recopilación de la información secundaria requerida, que en este caso corresponde al documento técnico de soporte del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Betulia del año 2016. A partir de dicho documento se definieron las variables por incluir en la evaluación de la capacidad de acogida del medio físico, como son: la estructura ecológica principal, la amenaza por movimientos en masa, la clasificación agrológica del suelo, cobertura de tierras y las oportunidades de localización dada por la distancia a vías y embarcaderos. Posteriormente se realizó el proceso de evaluar la capacidad de acogida de acuerdo con la secuencia que se relaciona a continuación en la figura 3.

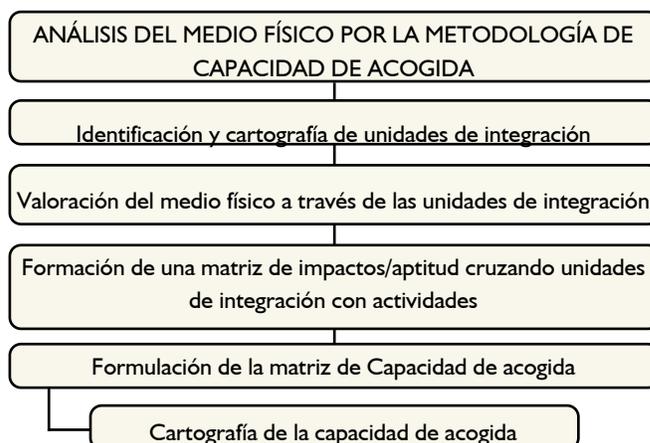


Figura 3. Esquema metodológico para la evaluación de la capacidad de acogida usando matrices impacto/aptitud.
Fuente: (Villarino & Orea, 2013).

El concepto de capacidad de acogida y las unidades ambientales de integración

Para iniciar es importante definir lo que es la capacidad de acogida, esta se entiende como una síntesis de los aspectos físicos más relevantes identificados en el área de estudio, los cuales van a describir el medio físico junto con los demás subsistemas, lo cual permitirá elaborar un diagnóstico que consiga englobar todo el sistema territorial (Villarino & Orea, 2013).

Es por ello por lo que este concepto ha sido utilizado para estudiar el territorio con el fin de establecer el vínculo que existe, entre el medio físico y las actividades que se desarrollan en él, a partir de los dos términos establecidos, compatibilidad e incompatibilidad. Igualmente, la capacidad de acogida puede entenderse como la conjunción de dos puntos de vista opuestos, ya que, por un lado, tenemos el “punto de vista conservador”, en este se observa el vínculo establecido entre la actividad y el entorno a partir de este último, y se dará en términos de impacto. Por otro lado, tenemos el punto de vista del «promotor de la actividad”, es decir, cómo este percibe la capacidad de acogida desde su actividad, a partir de la aptitud o potencial del medio a esta actividad dejando de lado los cambios que esta pueda generar al entorno (Gómez, 1993).

Ahora bien, es importante mencionar que este tipo de evaluación debe aplicarse a unidades territoriales homogéneas denominadas unidades ambientales de integración, las cuales pueden definirse como secciones del territorio que representan el ecosistema que contienen permitiendo hacer un acercamiento por sistemas al conocimiento del medio físico identificado. Los sistemas referidos comparten relaciones de funcionamiento de tipo unitario, donde tanto los elementos como los procesos son las variables del medio físico que serán inventariadas durante el diagnóstico. Por otro lado, es importante mencionar que para delimitar las unidades de integración se suelen utilizar técnicas de superposición de las variables inventariadas en un soporte cartográfico (Villarino & Orea, 2013) y, donde la jerarquización y orden de la superposición se realiza a través del análisis multicriterio (AMC).

Así pues, partiendo de lo dicho anteriormente, se puede concluir que la capacidad de acogida de una unidad ambiental de integración estará reflejada en la utilidad que se pueda establecer teniendo en cuenta, por un lado, el punto de vista del promotor de la actividad, lo cual se presentará en la matriz de aptitud y, por otro lado, el punto de vista social relacionado con la preservación del medio el cual se presentará en la matriz de impactos. Dichas matrices junto con los recursos existentes permitirán determinar el potencial del medio físico para el desarrollo (Gómez, 1993).

El Modelo Impacto/aptitud como herramienta para establecer la capacidad de acogida del medio físico identificado

El modelo se basa en el vínculo existente entre el impacto, es decir el efecto que tiene una actividad sobre una unidad de integración y la aptitud, es decir la medida en que una unidad ambiental de integración suple las necesidades para que una actividad pueda desarrollarse. Es así como, una unidad de integración tenderá a poseer una mayor capacidad de acogida para determinada actividad cuando se conjuguen la máxima aptitud y el mínimo impacto negativo (Villarino & Orea, 2013).

Así pues, se puede decir que la capacidad de acogida es la síntesis entre la aptitud del territorio en tanto soporte físico de una actividad y el impacto que ejerce el medio físico frente a una actividad o uso específico, donde los impactos considerados son aquellos derivados de la implantación de la actividad y de su uso (Antequera, 2008).

Ahora bien, en cuanto a las actividades que pueden desarrollarse en el territorio, los autores Villarino & Orea (2013) las resumen y categorizan en su texto “Ordenación Territorial”. Estas actividades son clasificadas de acuerdo con su categoría, y son junto con las unidades ambientales de integración el insumo para la elaboración y evaluación de las matrices de impacto/aptitud del territorio. Para el caso de esta investigación se presentan las categorías y actividades por ordenar en el área de influencia del embalse Topocoro a partir de la modificación y adaptación al contexto local sobre lo dicho por los mencionados autores (tabla 1).

Tabla 1. Actividades por ordenar en el área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia

| CATEGORÍA | ACTIVIDAD |
|-----------------------------|------------------------------------------|
| CONSERVACIÓN Y PRESERVACIÓN | Preservación estricta |
| | Conservación activa |
| | Regeneración del ecosistema |
| | Actividades científico-culturales |
| | Repoblación forestal: Bosque protector |
| RECREACIONAL | Excursionismo y contemplación |
| | Recreo concentrado |
| | Camping |
| | Actividades náuticas |
| | Centros vacacionales |
| COMERCIO Y SERVICIOS | Distribución de combustibles |
| | Alojamiento de bajo impacto |
| | Alojamiento de alto impacto |
| | Servicio de alimentación |
| | Comercio al por mayor y al por menor |
| | Servicios complementarios a embarcaderos |
| URBANIZACIÓN | Construcción institucional |
| | Vivienda aislada |
| | Vivienda campestre |
| ACTIVIDADES INDUSTRIALES | Industria extractiva |
| | Industria en suelo suburbano |
| DEPOSICIÓN DE RESIDUOS | Escombreras |
| | Vertederos de residuos sólidos |
| | Cementerios |
| PRODUCCIÓN AGROPECUARIA | Agricultura intensiva |
| | Agricultura semi-intensiva |
| | Agricultura con restricciones |
| | Sistemas agroforestales |
| | Agricultura industrial |
| | Ganadería extensiva |
| | Repoblación forestal: Bosque productor |
| | Vivienda rural |

Fuente: Modificado de (Villarino & Orea, 2013).

Partiendo de lo dicho anteriormente las matrices de impacto y aptitud van a evaluar las unidades ambientales de integración y las actividades que se desarrollarán dentro del territorio con la finalidad de obtener una lectura de la capacidad de acogida del área de estudio establecida previamente. Ahora, para evaluar las matrices y otorgarle un valor bien sea de impacto o aptitud a cada unidad ambiental de integración en relación con una actividad determinada, la valoración y puntuación para las matrices se realizará de forma cualitativa en cinco niveles así: muy alto (5), alto (4), medio (3), bajo (2) y muy bajo (1).

Por tanto, para implantar un uso determinado en un área seleccionada, la aptitud deberá ser muy alta (5) y el impacto muy bajo (1), esto con el fin de cumplir los requerimientos óptimos. Así pues, cada una de las actividades deberá ser evaluada en cada unidad ambiental desarrollando la matriz de impacto y aptitud obteniendo unos valores que van a representar la capacidad de acogida de cada una de las unidades de integración establecidas para cada actividad, las cuales finalmente mostrarán la vocación real del territorio (Villarino & Orea, 2013).

De esta forma, al combinar los valores de impacto y aptitud para cada actividad evaluada en las unidades ambientales de integración se van a establecer diversos rangos de capacidad de acogida. En la figura 4 partiendo de lo dicho por Villarino & Orea (2013) se muestra el proceso operativo de combinación necesario para identificar cada rango de aptitud del territorio, en donde la combinación aptitud máxima con el impacto mínimo es la que va a otorgar una máxima capacidad de acogida (Vocacional). Ahora, en el caso del proceso operativo de combinación contrario, es decir, de un impacto máximo y una aptitud mínima, se va a obtener la mínima aptitud del territorio para la actividad (Incompatible). En el caso de los escenarios intermedios, en los cuales el impacto o la aptitud no es la máxima o la mínima se tienen diversas alternativas de capacidad de acogida, las cuales van a depender de donde se ubiquen a nivel de impacto, ya que una actividad puede resultar compatible o compatible con limitaciones.

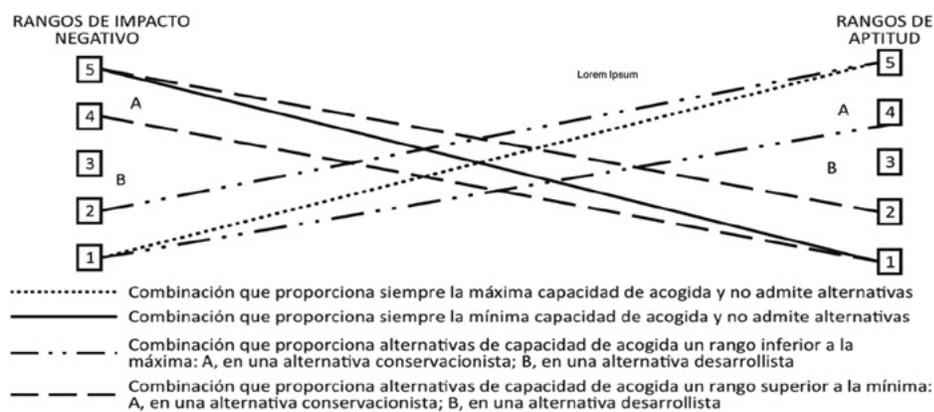


Figura 4. Posibles combinaciones para la determinación de capacidad de acogida a través de la evaluación de impacto/aptitud. Fuente: Tomado de (Villarino & Orea, 2013).

Finalmente, para la construcción de la matriz de capacidad de acogida del medio físico para cada una de las actividades evaluadas. se parte de la aptitud e impacto identificados en la fase anterior, asignándole a cada actividad en cada una de las unidades ambientales de integración una clasificación de acuerdo con su capacidad, la cual resulta de la combinación realizada previamente como se mostró en la figura 4. La clasificación corresponde con: vocacional (V), Compatible sin limitaciones (C), Compatible con limitaciones (Cl) e incompatible (I). estas categorías muestran la máxima capacidad de acogida (vocacional) y la mínima (incompatible), tal como se muestra en la figura 5 a manera de ejemplo.

Figura 5. Ejemplo de tabla de capacidad de acogida.
Fuente: (Villarino & Orea, 2013).

| V: Vocacional Cs: Compatible sin limitaciones Cl: Compatible con limitaciones I: Incompatible | | ACTIVIDADES | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| | | AGRÍCOLAS | | | GANADERAS | | EXTRACTIVAS | | | |
| | | Regadío intensivo | Cultivos secano | Granja escuela | Extensiva | Palomares | Caza | Extracción leña | Extracción setas | Extracción aromáticas |
| | | | | | | | | | | |
| UNIDADES AMBIENTALES | Cultivos sobre aluviales | V | Cs | V | Cs | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl |
| | Pastizal sobre arcosas | Cs | Cs | Cs | Cs | Cs | Cs | Cl | Cl | Cl |
| | Encinar sobre arcosas | I | I | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl |
| | Pinar sobre arcosas | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl |
| | Bosque relicto sobre aluviales | I | I | Cl | Cl | I | Cl | Cl | Cl | Cl |
| | Encinar adehesado sobre glacia | I | I | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl | Cl |

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA Y RESULTADOS

Una vez identificada la metodología esta se aplicó al área de estudio, en este caso el área de influencia del embalse Topocoro, esta fase se inicia con la realización del diagnóstico del medio físico, a partir de la información disponible en el Esquema de Ordenamiento Territorial vigente del municipio de Betulia, Santander. Posteriormente, se identifican las unidades ambientales de integración, para finalizar con el desarrollo de la matriz de impacto/aptitud. Es importante mencionar que para cada una de estas fases se generaron las tablas y cartografías correspondientes.

Diagnóstico del medio físico

El diagnóstico del medio físico en el área de influencia del embalse Topocoro, se realizó a partir de la recopilación y análisis de las siguientes variables: estructura ecológica principal, clasificación agrológica del suelo, amenaza por movimientos en masa, cobertura de tierras, y la oportunidad de localización que contiene distancia a vías y a embarcaderos.

Por un lado, la variable correspondiente a la estructura ecológica principal es el sistema natural de soporte de las actividades humanas, el cual provee bienes y servicios ecológicos y equivalente natural de infraestructura de servicios (Márquez & Valenzuela, 2008). En el mapa correspondiente a la figura 6, se muestran los suelos de protección de importancia regional como el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de los Yarigües (SPY-SRY), áreas de protección local de Áreas Forestales Protectoras de Curso de Agua (AFPCA) y Áreas de Bosque Protector (BP). El uso de estas áreas corresponde a conservación de los ecosistemas presentes.

Ahora bien, la variable de la clasificación agrológica está basada en la capacidad que tiene el suelo desde el punto de vista taxonómico. En ese sentido, y según el IGAC (2014), corresponde a una clasificación de tipo interpretativo basada en una combinación de los efectos del clima, las características del suelo, la susceptibilidad al deterioro, la limitación de su uso, la capacidad de producción y los requerimientos de manejo del suelo.

Para el área de influencia del embalse Topocoro, se identificaron categorías 4, 6 y 7, las cuales se pueden observar en la figura 7, y tienen las siguientes características: las tierras clase 4 tienen capacidad para utilizarse en agricultura y ganadería de forma fuertemente restringida, suelen ser usadas para sistemas agroforestales; por su parte, las tierras de clases 6 y 7 no cuentan con capacidad para agricultura, exceptuando cultivos específicos de tipo semi perennes o perennes, semi densos y densos y sistemas agroforestales y forestales, esto debido a las pendientes que son características de estas zonas (Flórez, 2021, p. 89).

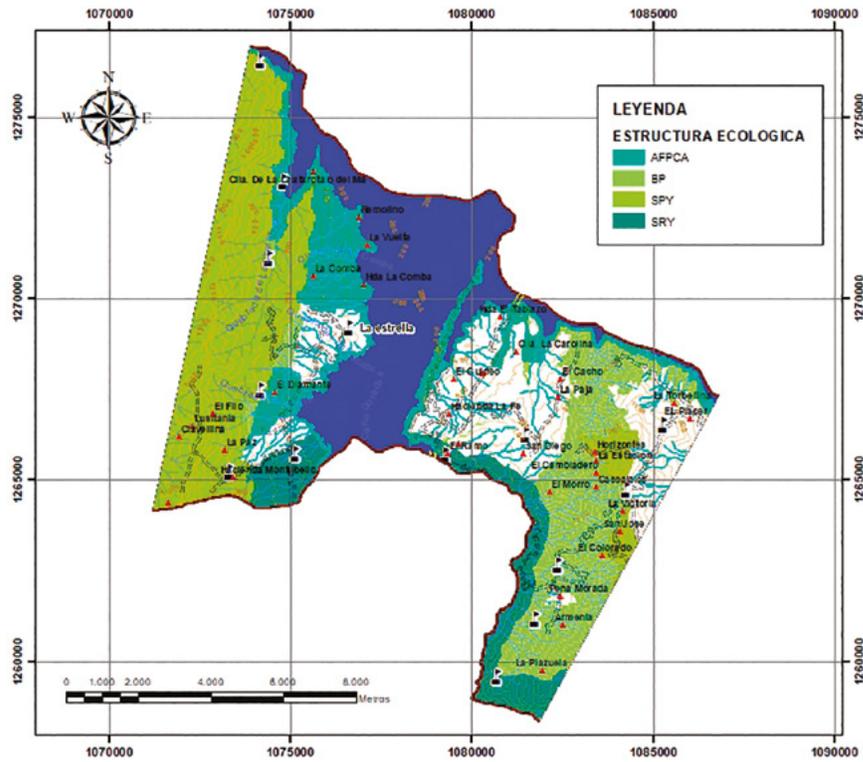


Figura 6. Mapa de la estructura ecológica principal del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander. Fuente: adaptado de (Gobernación de Santander, 2016).

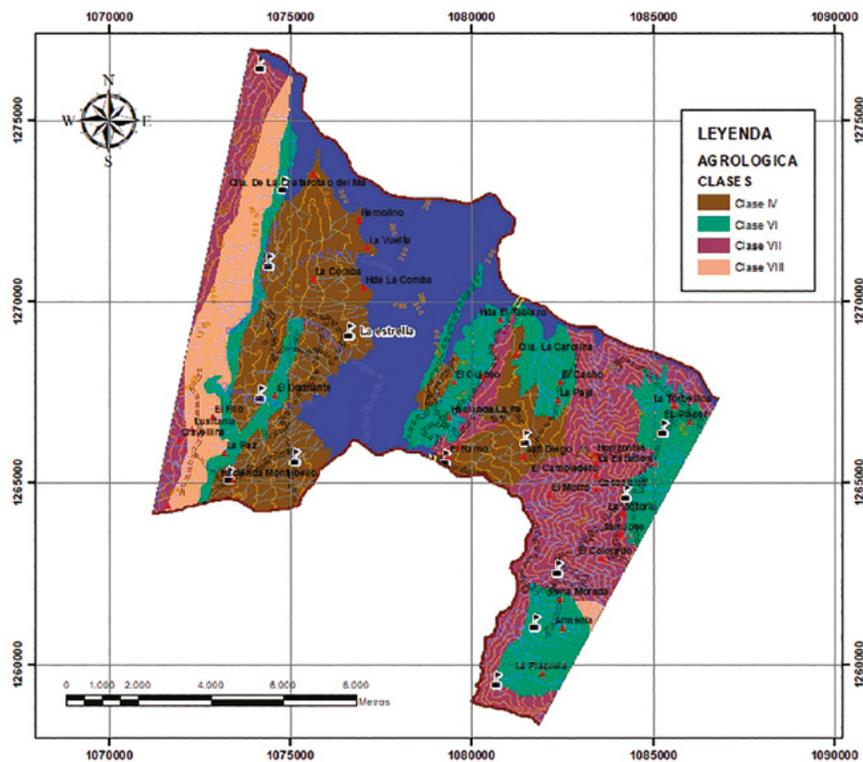


Figura 7. Mapa de clasificación agrológica del suelo en el área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander. Fuente: adaptado de (Gobernación de Santander, 2016).

Por otro lado, la variable correspondiente a la amenaza por movimientos en masa es bastante notoria en el área de influencia del embalse Topocoro, ya que estas zonas son propensas a presentar eventos de tipo físico con origen natural, como movimientos en masa tipo deslizamiento, caída de rocas, flujos o reptación, llegando en algunas ocasiones a ser considerados como catástrofes naturales capaces de provocar pérdida de vidas humanas, así como generar daños y pérdidas materiales y afectación de los recursos ambientales. Para el área de estudio, como se observa en la figura 8 se encuentra distribuida la zonificación de amenaza así: amenaza baja con un área de 117.50 ha, amenaza media con un área de 5880.1 ha y amenaza alta 3375.80 ha (Flórez, 2021, p. 91).

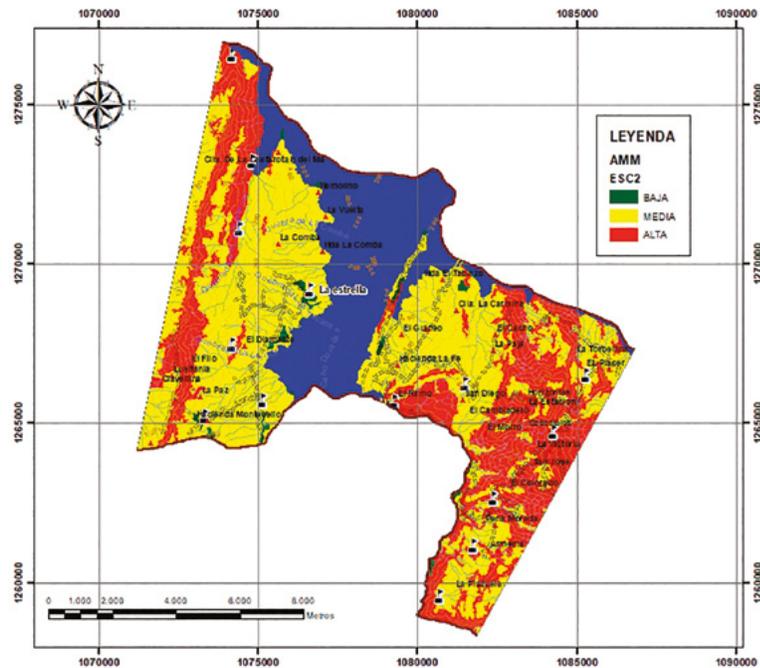


Figura 8. Mapa de amenaza por movimientos en masa del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander. Fuente: adaptado de (Gobernación de Santander, 2016).

En el caso de la variable de la cobertura de tierra, se relaciona con la capa física que hay sobre la superficie de la tierra, incluyendo la vegetación, los elementos antrópicos, afloramientos rocosos y cuerpos de agua como se puede observar en la figura 9. Es importante mencionar que se pueden encontrar diversos tipos de cobertura de tierra, para cuya clasificación en Colombia se utiliza la metodología Corine Land Cover. Ahora bien, dentro de esta variable también se encuentra lo referido al uso del suelo, en este ítem según el IDEAM (2012) se incluyen las actividades humanas o las funciones económicas de una porción específica del terreno (Flórez, 2021, p. 92).

Finalmente, tenemos la variable correspondiente a las oportunidades de localización la cual se divide en dos subcategorías: la distancia a vías y la distancia euclidiana. Por su parte, la distancia a vías es un ítem generado a partir de la distancia euclidiana que hay entre las líneas que representan las vías más relevantes del área de estudio y los píxeles alrededor de esta como se puede observar en la figura 10. En el caso de la distancia euclidiana, esta se refiere a la distancia ordinaria que hay entre dos puntos de un espacio euclidiano, lo cual se obtiene a partir de la aplicación del teorema de Pitágoras. Así pues, la herramienta que se utiliza en el Sistema de información geográfica (SIG) va a describir la relación de cada celda con un origen, o conjunto de orígenes basándose en la distancia de la línea recta (ESRI, 2020).

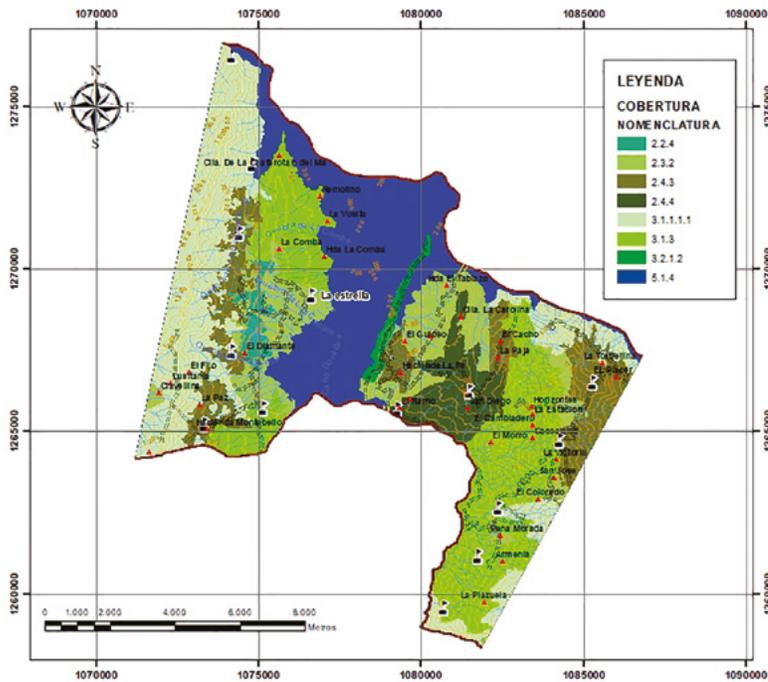


Figura 9. Mapa de cobertura de tierras del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander. Fuente: adaptado de (Gobernación de Santander, 2016).

En la misma figura 10 se puede observar que:

La distancia a la vía se da a través de una zona de amortiguación de 100 metros de radio, para cada uno de los colores, hasta un máximo de 700 m, lo cual se consideró como una distancia relevante en la que la vía aún es importante para la actividad que se desarrolle en estas zonas, además de limitar las actividades que requieran del acceso a vías principales para su funcionamiento (Flórez, 2021, p. 95).

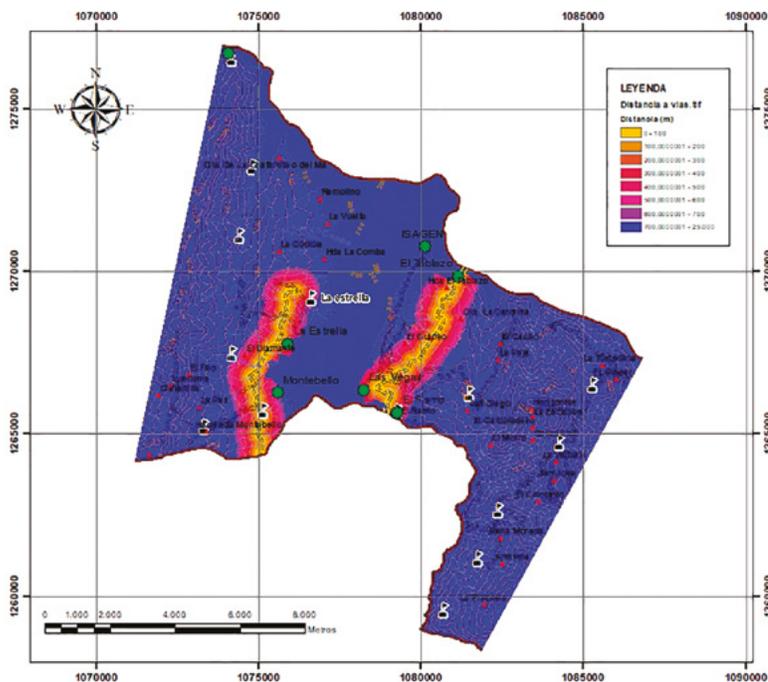


Figura 10. Mapa de oportunidad de localización por distancia a vías del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander. Fuente: adaptado de (Gobernación de Santander, 2016).

Por su parte, dentro de la variable de distancia a embarcaderos, se identificaron siete embarcaderos para el embalse Topocoro, los cuales están descritos en el Esquema de Ordenamiento Territorial de Betulia, y según la Fundación Humedales (2015), estos son: el acceso del Vertedero y Mirabel, los cuales son de uso exclusivo de ISAGEN, las Vegas (marina), Tablazo, El Ramo, Montebello y La Estrella. Como se puede observar en la figura 11, cada uno de estos embarcaderos posee una zona de amortiguación de 100 metros hasta un kilómetro de radio, el cual muestra las mejores ubicaciones para asentar actividades relacionadas directamente con el funcionamiento de estos o que de forma indirecta complementan su uso (Flórez, 2021, p. 96).

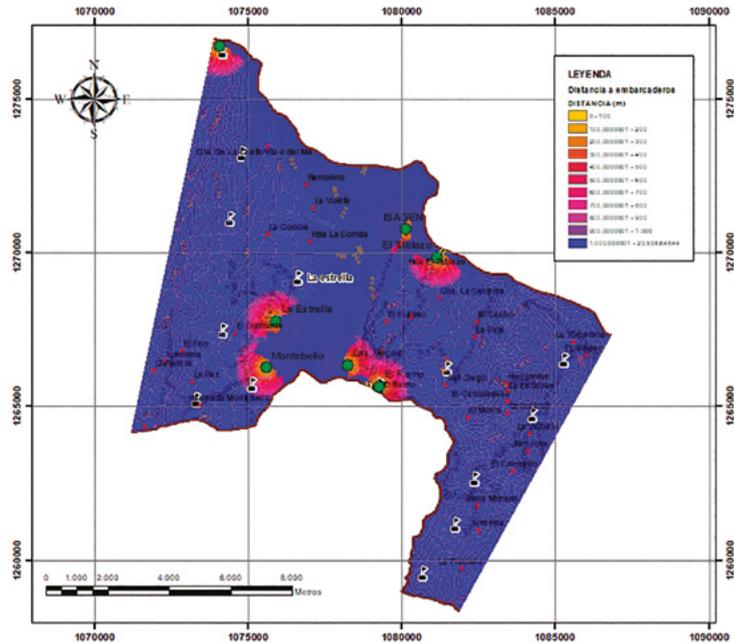


Figura 11. Mapa de oportunidad de localización por distancia a embarcaderos del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander.
Fuente: Adaptado de Fundación Humedales (2015).

Unidades ambientales de integración

Según Wind & Saaty (1980) las unidades ambientales se van a identificar y definir a partir de la superposición de los elementos inventariados y dispuestos en soporte cartográfico. En el caso de la presente investigación, las capas que se van a superponer corresponden con las variables analizadas en la fase del diagnóstico del medio físico, las cuales son: Estructura ecológica principal, clasificación agrológica del suelo, amenaza por movimientos en masa, cobertura de tierras, distancia a vías y distancia a embarcaderos. Cada una de las categorías de estas variables serán tomadas como una unidad ambiental.

Sin embargo, es importante aclarar que en el caso de la estructura ecológica principal, esta no será sujeta de superposición cartográfica para la identificación de unidades ambientales, ya que según lo consignado en el Decreto 1077 de 2015, su finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de sus recursos naturales, y las áreas categorizadas con amenaza alta por movimientos en masa, se encuentran incorporadas como zonas protegidas por las determinantes ambientales de la Corporación Autónoma de Santander CAS (Flórez, 2021, p. 113).

Ahora bien, a la superposición de las unidades ambientales se les dio prioridad según el resultado obtenido durante el proceso de análisis jerárquico (AHP) como se observa en la tabla 2, allí se ubica en primer lugar y con un peso relativo de 55% a la cobertura de

tierra, seguido de la clasificación agrológica del suelo con un 33%, y con el mismo peso la distancia a vías y distancia a embarcaderos cada una con 6% (Flórez, 2021, p. 114).

Tabla 2. Análisis AHP para la jerarquización de unidades ambientales

| UNIDADES AMBIENTALES | | | | | | |
|------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|------------------|-------------|---------------|-------|
| ESTIMACIÓN DE LOS PESOS RELATIVOS DE LOS COMPONENTES | | | | | | |
| COMPONENTES | CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA DEL SUELO | COBERTURA DE TIERRA | DISTANCIA A VÍAS | DISTANCIA A | PESO RELATIVO | TOTAL |
| CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA DEL SUELO | 1 | 1 | 6,00 | 5 | 0,20 | 12,00 |
| COBERTURA DE TIERRA | | 1 | 9,00 | 9 | 0,55 | 20,00 |
| DISTANCIA A VÍAS | | | 1 | 1 | 0,06 | 2,93 |
| DISTANCIA A EMBARCADEROS | | | | 1 | 0,06 | 2,31 |
| Totales | 2,40 | 2,22 | 16,00 | 16,00 | 1,00 | 36,62 |
| RAZÓN DE CONSISTENCIA | | 0,02 | | | | |

Fuente: (Flórez, 2021, p. 114).

Posteriormente y a partir de los resultados del análisis AHP, se cruzaron cartográficamente las variables más relevantes, que son la cobertura de tierra y la clasificación agrológica del suelo. Por otra parte, las variables referidas a la distancia a vías y distancia a embarcaderos serán consideradas como condicionantes superpuestas, esto debido a la poca incidencia que tuvieron dentro del resultado AHP, sumado a que por sí solas no pueden definir una unidad ambiental (Flórez, 2021, p. 114).

A continuación, en la figura 12 se muestra el mapa de las unidades ambientales identificadas para el área de estudio.

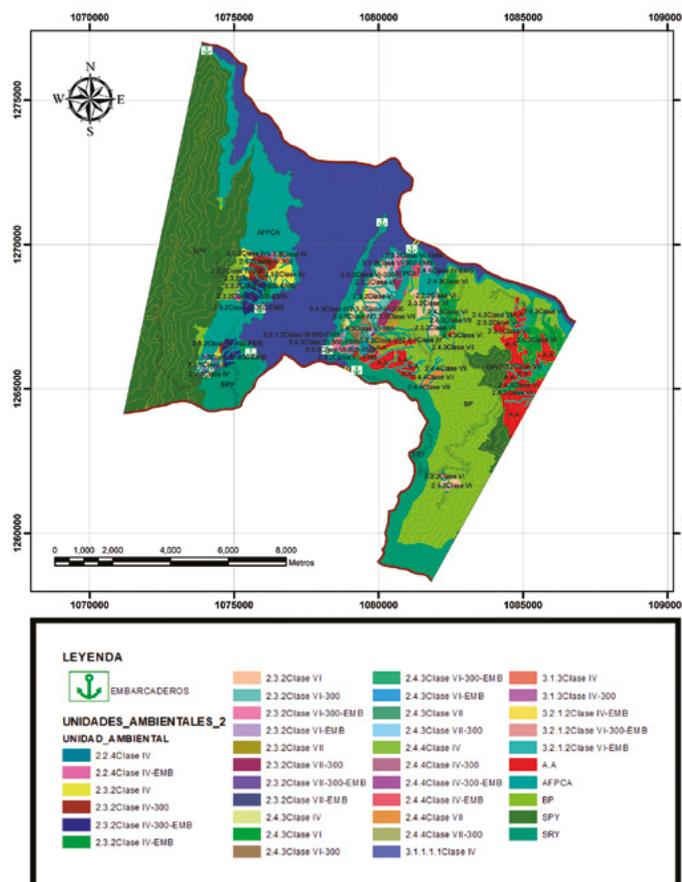


Figura 12. Mapa de unidades ambientales de integración correspondientes al área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander.

Fuente: (Flórez, 2021, p. 117).

Matriz de impacto/aptitud para el área de estudio

Ahora bien, después de identificar las unidades ambientales de integración en la fase inmediatamente anterior, se procederá a desarrollar las matrices de impacto y aptitud, las cuales pueden representarse cartográficamente midiendo el impacto de cada uno de estos conceptos dentro de una unidad ambiental de integración, clasificándolos en las siguientes categorías: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

En consecuencia, se obtiene un mapa de impacto generado por las actividades evaluadas en el medio físico para cada una de las unidades ambientales de integración como se observa en la figura 13. El modelo cartográfico se crea sumando los impactos esperados para cada una de las actividades evaluadas, obteniendo una medida del impacto total para cada una de las unidades ambientales analizadas. Así pues, las unidades ambientales de integración con índices de impacto más altos se identifican con color rojo, las cuales por las características ambientales que poseen, tienen una mayor fragilidad y vulnerabilidad a las actividades evaluadas en el modelo, estas unidades son AFPCA [Área forestal protectora de curso de agua], BP [Bosque protector] y SPY [Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de los Yariques (Suelo de preservación)] (Flórez, 2021, p. 118).

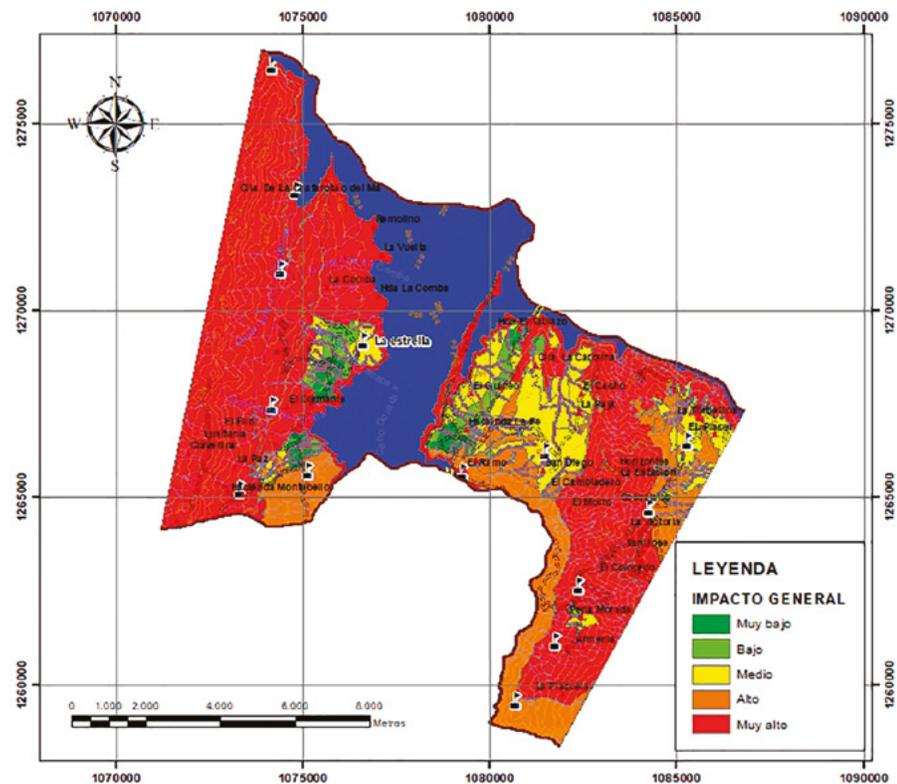


Figura 13. Mapa de Impactos de las unidades ambientales de integración del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander.

Fuente: (Flórez, 2021, p. 119).

Por otro lado, en lo que se refiere a la aptitud del territorio, en la figura 14 se puede observar la aptitud esperada para cada una de las actividades evaluadas, obteniendo de esta forma una medida de la aptitud total para cada una de las unidades ambientales. Es así como las unidades ambientales con mayor aptitud corresponden a las que están identificadas con color verde, caracterizadas por su ubicación a vías y embarcaderos, así como con su poca importancia a nivel del ecosistema, lo que les permite ser más compatibles con un mayor número de actividades con respecto a las de color rojo, las cuales tienen limitaciones que prohíben el desarrollo de ciertas actividades (Flórez, 2021, p. 119).

VII-300-EMB, 2.3.2Clase IV-300-EMB, 2.3.2Clase VI-300-EMB, 2.4.3Clase VI-300-EMB y 2.4.4Clase IV-300-EMB. Por el contrario, las de menor aptitud hacen referencia a las unidades ambientales SPY, AFPCA, BP, 2.4.3Clase VII, 2.4.4Clase VII, SRY y 3.1.1.1.1Clase IV. Las áreas cercanas a vías y embarcaderos son compatibles con una importante cantidad de actividades, debido a que presentan pocas condiciones restrictivas en términos de suelos de protección, coberturas de suelo correspondiente a pastos y cultivos y clases agrológicas IV y VI (Flórez, 2021).

Así pues, el ejercicio realizado en este trabajo aporta a la poca estudiada línea de investigación de planificación rural, específicamente en áreas cercanas a embalses, incorporando al ámbito nacional nuevas herramientas metodológicas que ya se han venido trabajando a nivel internacional. De igual forma, el estudio se puede replicar no solo al resto del área de influencia del embalse Topocoro en los municipios de Girón, Zapatoca, San Vicente de Chucurí, Los Santos y Lebrija, sino también a otros embalses del país, en los que sea posible formular un modelo de ocupación del territorio que permita la formulación de otros proyectos o la aparición de nuevos asentamientos.

REFERENCIAS

Antequera, E. (2008). *Temas de ordenación del territorio*. Tomo II. Universidad Politécnica de Valencia.

Arrollo, A., & Boelens, R. (2013). *Aguas robadas. Despojo hídrico y movilización social*. Instituto de estudios Peruanos.

Betulia, G. (2017). *Documento técnico de soporte. Revisión excepcional del esquema de ordenamiento territorial*. Betulia.

ESRI. (2020, abril 1). Comprender el análisis de distancia euclidiana. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/understanding-euclidean-distance-analysis.htm>

Flórez, S. (2021). Modelo de ocupación territorial a partir de la evaluación de la capacidad de acogida para el área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, santander. [Trabajo de grado, Maestría en Ordenamiento Territorial]. Universidad Santo Tomás. Repositorio institucional. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/35333>

Fundación Humedales. (2015). Plan de ordenamiento de usos alternativos a la generación de energía en el embalse Topocoro - Central Hidroeléctrica Sogamoso. Bogotá.

Gómez, D. O. (1993). *Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico*. Instituto Tecnológico Geominero de España.

IDEAM. (2012). Ecosistemas. Coberturas de la tierra: <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2014, abril). *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/2014/M40100-02%2014V2%20Para%20la%20clasificacion%20de%20las%20tierras%20por%20su%20capacidad%20de%20uso.pdf>

Márquez, G., & Valenzuela, E. (2008). Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental: aproximación conceptual y metodológica a partir del proceso de ordenación de cuencas. *Gestión y ambiente*, 11(2), 137-148.

Villarino, A. G., & Orea, D. G. (2013). Ordenacion Territorial. Mundi-Prensa Libros.

Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing applications of the analytic hierarchy process. *Management science*, 641 - 658.