FORMULACIÓN

POMCA

RÍO PIEDRAS - RÍO MANZANARES Y OTROS DIRECTOS AL CARIBE

Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica



FASE DE PROSPECTIVA Y ZONIFICACIÓN
DOCUMENTO GENERAL
VOL.III ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS DE CARTOGRAFÍA Y SIG

Calle 99 Nº 49 – 19
Telefax: (57-1) 322 38 72
Bogotá, D.C., Colombia
www.pomca.org
e-mail: info@pomca.org

MINAMBIENTE MINHACIENDA

POMCA MAGDALENA AMBIENTAL Fondo Adaptación

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 5
1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 6
1.1. Fuentes de Información 6
1.2. Metadatos 6
1.3. Diccionario de datos 7
1.4. Mapas y salidas cartográficas 7
2. METODOLOGÍA 8
3. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS EN LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS 9
3.1.1. Plantillas y formatos 9
3.1.2. Salidas cartográficas 9
3.1.3. Mapas 10
4. ESCENARIOS TENDENCIALES 11
4.1. Indicadores propuestos para análisis prospectivo 11
4.1.1. Tasa de crecimiento poblacional - r 11
4.2. Densidad poblacional - DP 12
4.3. Coberturas de la tierra 13
4.3.1. Tasa de Cambio de la cobertura 13
4.3.2. Ambiente Critico 18
5. ESCENARIOS DESEADOS 21
6. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL 23
6.1. Escenario apuesta/ zonificación preliminar 23
6.2. Capa intermedia de zonificación 1: Áreas y ecosistemas estratégicos 23
6.3. Capa intermedia de zonificación # 2: Categoría de uso de la tierra validada por recurso hídrico 25
6.4. Capa intermedia de zonificación # 3: categoría de uso validada por el índice del estado de la cobertura 26
6.5. Capa intermedia de zonificación # 4: Categoría de uso validada por amenazas naturales 27
6.6. Zonificación ambiental 1
BIBLIOGRAFÍA 3
ANEXOS 4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Fuentes de información 6
Figura 4.1. Densidad poblacional – Dp a corto, mediano y largo plazo. 13
Figura 4.2. Diagrama de flujo del proceso de modelación, (François Mas & Flamenco Sandoval, 2011) 15
Figura 4.3. Comparación coberturas t_0 16
Figura 4.4. Clasificación coberturas para cruce con biomas 18
Figura 4.5. Asignación de códigos a los biomas 19
Figura 4.6. Combinación cobertura natural con biomas 19
Figura 4.7. Raster Presión demográfica 20
Figura 4.8. Ambiente Critico de la Cuenca 20
Figura 5.1. Escenarios deseados por los grupos de interés en la cuenca. 22
Figura 6.1. Áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca 24
Figura 6.2. Áreas y ecosistemas estratégicos definidos 24
Figura 6.3. Capacidad de uso principal de la cuenca 26
Figura 6.5. Categorías de uso de la tierra validadas por el recurso hídrico 26
Figura 6.4. Índice de Uso del Agua 26
Figura 6.5. Índice de estado actual de las coberturas naturales. 27
Figura 6.6. Categorías de uso de la tierra validadas por el recurso hídrico y el estado actual de las coberturas naturales 27
Figura 6.7. Amenaza por movimientos en masa 29
Figura 6.9. Asignación de calificación por Amenazas alta en áreas superpuestas 29
Figura 6.10. Calificación Amenaza total 29
Figura 6.11. Categorías de uso de la tierra validadas por recurso hídrico, estado actual de las coberturas naturales y grado de amenaza natural 29
Figura 6.8. Amenaza por Inundaciones 29
Figura 6.9. Amenaza por avenidas torrenciales 29
Figura 6.12. Conflictos por uso de la tierra – Sobreutilización severa 2
Figura 6.13. Zonificación ambiental Cuenca del Río Piedras río Manzanares y otros directos al Caribe 2
Figura 6.14. Conflictos por perdida de Coberturas Naturales. 2

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1. Listado de salidas cartográficas para la fase de prospectiva y zonificación 9

Tabla 3.2. Listado de mapas para la fase de prospectiva y zonificación 10

Tabla 6.1. Matriz de decisión capacidad uso vs. Índice de uso de agua 25

Tabla 6.2. Reclasificación de la capacidad de usos de la tierra validada por recurso hídrico y estado actual de las coberturas naturales 27

Tabla 6.3. Matriz de calificación por conflictos 1

INTRODUCCIÓN

La fase prospectiva y zonificación referente al componente de cartográfica y sistemas información geográfica del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe se orienta a la identificar y visualizar el modelo territorial de futuros probables y tendenciales que puedan presentarse y a los cuales se puedan ejecutar acciones que permitan su ordenación y manejo. Esta etapa se generó a partir del diagnóstico, que aporto la información técnica de diferentes capas temáticas e indicadores determinantes para el desarrollo del territorio, y los aportes de diversos grupos de actores claves que configuran el interés y su visión particular de bienestar y desarrollo dentro de la cuenca.

El contenido del documento y la información cartográfica presentada corresponde con la fase de prospectiva y zonificación de la cuenca, siguiendo de manera estricta los lineamientos establecidos en los términos de referencia y especificaciones técnicas para los mapas y salidas cartográficas de la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS (2014), la información generada se incorporó dentro la Base de datos geográfica del proyecto, el modelo de diccionario de datos y se generaron sus correspondientes metadatos.

A continuación, se describen los procesos y procedimientos utilizados en la generación de los productos cartográficos.

1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

1.1. Fuentes de Información

Para el desarrollo de la fase de prospectiva y zonificación del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe se consideraron como fuentes de información las capas temáticas resultado del diagnóstico que contienen las características físicas, biológicas y socioeconómicas y las cuales garantizan el desarrollo de escenarios tendenciales, escenarios deseados y la zonificación ambiental de la cuenca.

Además, se consideraron las experiencias de participación con los actores clave que no solo analizaron la situación actual de la cuenca si no que gracias a su apropiación del territorio y las dinámicas por las que han sido protagonistas a lo largo del tiempo, fueron capaces de desarrollan estrategias que procuran el equilibrio entre el aprovechamiento económico y la conservación de los recursos naturales.

Figura 1.1. Fuentes de información



1.2. Metadatos

Corresponde a la información que permite caracterizar las capas geográficas que componen el POMCA del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe, indicando el autor, la fecha, las restricciones de uso, el sistema de referencia, etc., para su complementación se solicitó a los

expertos la siguiente información de las capas temáticas: etiquetas, propósito, descripción, créditos, título alternativo, procedimiento y fuentes de información.

1.3. Diccionario de datos

En el Anexo se presentan las características y atributos de cada capa vectorial (*feature class*) y las tablas alfanuméricas.

1.4. Mapas y salidas cartográficas

Los mapas y las salidas cartográficas representan en su conjunto los productos cartográficos del POMCA del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe para la elaboración de estos productos tuvo que seguirse la siguiente metodología, la cual incluye procesos y/o procedimientos a seguir por parte del equipo SIG.

Este numeral es la respuesta a los Alcances Técnicos solicitados de manera contractual y presenta la metodología con sus procesos o procedimientos realizados para la generación de los productos cartográficos; pero no incluye la descripción del contenido de los mapas o salidas cartográficas; ni tampoco la metodología propia del tema elaborado. Aquí solo se presenta lo concerniente a la construcción dentro del entono SIG.

2. METODOLOGÍA

La elaboración de los productos cartográficos independientemente del tema, requirió ejecutar los siguientes pasos metodológicos:

Paso 1. Identificar las capas o temas necesarios tanto de la base cartográfica como de la temática para cada uno de los productos cartográficos.

Paso 2. Contar con la experticia del profesional a cargo del temático (solo él tiene los conocimientos y la responsabilidad respecto a la construcción de su tema de experticia) que incluye, proporcionar los procesos o procedimientos para la construcción del producto cartográfico y la definición de los atributos a considerar para la representación cartográfica del tema a cargo; esto último incluye la simbología y la respectiva leyenda.

Paso 3. Como paso final, con la información respectiva se procede con el equipo SIG a la elaboración del producto cartográfico (ya sea la salida cartográfica y/o el mapa).

3. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS EN LA GENERACIÓN DE PRODUCTOS CARTOGRÁFICOS

El proceso general para la elaboración de los mapas y salidas cartográficas, inicia con la incorporación a la GDB de cada una de las capas que configuran los temas, posteriormente se representan con la simbología respectiva y finalmente se incorpora junto con la leyenda temática en la plantilla del mapa o el formato de la salida cartográfica.

Como procesos y/o procedimientos específicos se presentan los necesarios para la elaboración de los 8 productos cartográficos (salidas cartográficas y mapas) que comprende esta fase del POMCA del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe Para ello se han identificado procesos básicos, comunes, específicos e incluso donde no ha sido necesario el uso de un proceso SIG. A continuación, se presentan los procesos identificados y posteriormente se listan todos los productos cartográficos y se relacionan con los procesos identificados; dada la cantidad de productos que repiten procesos o procedimientos y en aras de no presentar volúmenes de hojas que repiten los procesos se ha sintetizado el documento. A continuación, se relacionan los procesos o procedimientos identificados:

Cada mapa o salida cartográfica requiere de un proceso o un procedimiento para su elaboración como capa o capas; adicionalmente para su producción cartográfica se requieren capas temáticas o básicas; a continuación, se indica el geoproceso o procedimiento para su generación y la información que se incluyó en cada mapa o salida cartográfica, primero se presentan las salidas cartográficas y posteriormente los mapas todos con sus respectivos códigos:

3.1.1. Plantillas y formatos

Se definieron plantillas para los mapas a diferentes escalas 1:25.000, 1:50.000 y 1:100.000, los cuales fueron aprobados por la Interventoría del proyecto. En los Anexos se presentan las plantillas generadas y los formatos de las salidas cartográficas.

3.1.2. Salidas cartográficas

Las salidas cartográficas corresponden a una representación adimensional sin referirse a una escala determinada, es decir que no tiene las rigurosidades técnicas de un mapa, para su construcción en algunos casos, la información temática requiere una escala de producción. En el proyecto POMCA del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe para su fase de diagnóstico se realizaron 7 salidas cartográficas las cuales se encuentran listadas en la Tabla 3.1

Tabla 3.1. Listado de salidas cartográficas para la fase de prospectiva y zonificación

N°	Nombre del producto	Escala Producción	Escala Presentación
1	Escenarios Tendenciales	NA	NA
2	Escenarios deseados	NA	NA
3	Escenario apuesta/ zonificación preliminar	NA	NA

N°	Nombre del producto	Escala Producción	Escala Presentación
4	Capa intermedia de zonificación #1: Áreas y ecosistemas estratégicos	NA	NA
5	Capa intermedia de zonificación # 2: Categoría de uso de la tierra validada por recurso	NA	NA
6	Capa intermedia de zonificación # 3: categoría de uso validada por el índice del estado	NA	NA
7	Capa intermedia de zonificación # 4: Categoría de uso validada por amenazas naturales	NA	NA

3.1.3. Mapas

El mapa es una representación gráfica de la realidad que contiene los elementos geográficos, información marginal (título, fecha de elaboración, entidad), figura con el Norte, escala gráfica, escala numérica, grilla, sistema de coordenadas y proyección, leyenda y convenciones. En la Tabla 3.2 se indican los mapas que se generaron y sus respectivas escalas de presentación.

Tabla 3.2. Listado de mapas para la fase de prospectiva y zonificación

N°	Nombre del producto	Escala Producción	Escala Presentación
1	Zonificación ambiental	1:25.000	1:25.000

4. ESCENARIOS TENDENCIALES

El escenario tendencial se construye a partir de los eventos históricos, componentes y factores sociales y la dinámica territorial, se establecieron proyecciones de comportamiento y tendencias en el tiempo.

Los escenarios tendenciales se han analizado en los tiempos de proyección (corto plazo 5 años, mediano 10 años y largo plazo 15 años).

Los insumos mínimos para elaborar los escenarios tendenciales son:

- Información geográfica temática e indicadores de línea base del diagnóstico.
- Información secundaria de diferentes fuentes de información

4.1. Indicadores propuestos para análisis prospectivo

4.1.1. Tasa de crecimiento poblacional - r

Para la modelación del indicador de tasa de crecimiento poblacional (r), se utilizó como insumo la capa vectorial _19_DensidadPoblacional_SocioEconomico de geometría polígono y la cual delimita las unidades político administrativas presentes en la cuenca, centros poblados, cabeceras municipales y veredas.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento se consideró la siguiente ecuación[1]:

$$r = \frac{LN\left(P_f \middle| P_i\right)}{n}$$

Fuente: Proyecciones de Población, DANE 2008[2]

Donde:
r: Tasa de crecimiento.
LN: Logaritmo natural.
P_f: Población a último periodo proyectado.
P_i: Población inicial de la proyección.
n: Número de periodos transcurridos entre el periodo proyectado inicial y el periodo de finalización de la proyección.

[1] No se toma la fórmula propuesta en las fichas de indicadores del Diagnóstico que propone la guía toda vez que la información de migraciones no es una información que se encuentre de manera oficial ajustada por municipios, los datos oficiales solo se pueden obtener a nivel departamental y para el periodo 2010-2015. Por lo que su cálculo para el análisis resultaría muy imprecisos y lejanos de la dinámica poblacional de los territorios.
[2] Proyecciones Municipales 2006-2020 Metodología. DANE; Bogotá 2008; pág. 42.

El diseño metodológico para el cálculo de la tasa de crecimiento a corto plazo, mediano y largo incluye la información de la base de datos de las proyecciones poblacionales municipales del DANE para los periodos de 2016 y 2018 y el procesamiento estadístico de datos en la ecuación descrita anteriormente en hojas de cálculo, obteniendo como resultado la tasa de crecimiento para cada uno de los municipios a nivel rural y cabecera que se incluye la cuenca en cada escenario. Los datos obtenidos para cada periodo (2018, 2021 y 2026) se incorporaron mediante una unión a la capa entidades político administrativas y se realizó su representación como salida cartográfica.

4.2. Densidad poblacional - DP

La modelación de la densidad poblacional, la cual indica la relación presente entre la cantidad de personas que viven un territorio y la extensión de éste, utilizo como insumo la capa vectorial _19_DensidadPoblacional_SocioEconomico.

La fórmula de cálculo para obtener la densidad poblacional consiste en dividir la población total por la superficie territorial, como se indica en la siguiente ecuación.

$$Dp = Pt/Km^2$$

Donde:
Dp: Densidad Poblacional
Pt: Población total
Km^2: Área en kilómetros cuadrados

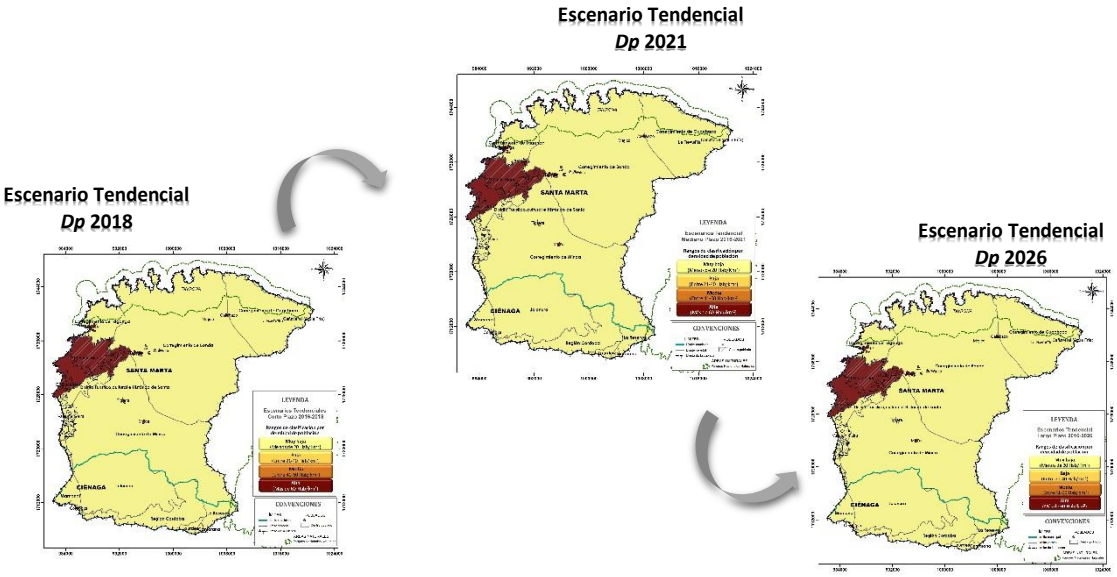
Para calcular la densidad poblacional de la división político administrativa que compone la cuenca se hizo uso del dato poblacional obtenido para el año 2016 en la cuenca y el valor de r obtenido tanto a nivel rural o cabecera municipal para los diferentes escenarios proyectados. De la ecuación usada para el cálculo de (r) descrito en el numeral anterior, se despeja (pf) y se obtiene la siguiente ecuación para determinar la población final para cada periodo proyectado.

$$P_f = P_{i*}e^{r*n}$$

Donde:
r: Tasa de crecimiento.
e = base de los logaritmos naturales (2.71829)
P_f: Población a último periodo proyectado.
P_i: Población inicial de la proyección.
n: Número de periodos transcurridos entre el periodo proyectado inicial y el periodo de finalización de la proyección.

Una vez calculado el dato poblacional para el último periodo proyectado y con el área en km^2 de cada unidad se determina la relación entre el número de habitantes en su extensión dentro de la cuenca. En la Figura 4.1 se observan la dinámica poblacional para los periodos proyectados de 2018, 2021 y 2026.

Figura 4.1. Densidad poblacional – *Dp* a corto, mediano y largo plazo.



Las salidas cartográficas que muestran el indicador de densidad poblacional proyectado para cada escenario emplearon la capa _25_Escenen_DenPoblacional correspondiente a la división político administrativa de la cuenca, la cual incluía los valores de tasa de crecimiento, y los cuales fueron empleados para despejar el número de personas para los periodos de 2018, 2021 y 2026 en cada unidad, utilizando hojas de cálculo, los datos se relacionaron mediante una unión a la capa. La relación entre el número de personas en su extensión permitió definir la distribución poblacional en el tiempo.

4.3. Coberturas de la tierra

4.3.1. Tasa de Cambio de la cobertura

Para modelar los escenarios tendenciales de la cobertura de la tierra se utilizaron como insumos dos capas de cobertura de diferentes años en formato Shape en la misma escala, que inicialmente se someten a una rasterización, agrupando las coberturas en 5 categorías con el fin de no saturar el modelo, con una gran cantidad de variables de la siguiente manera:

COD COBERTURA	COBERTURA	COD MOD
1	Territorios Artificializados	1
2	Territorios Agrícolas	2
315	Plantaciones Forestales	
33	Áreas abiertas, sin o con poca Vegetación	
31	Bosques	3
32	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	
4	Áreas Húmedas	4

COD COBERTURA	COBERTURA	COD MOD
5	Superficies de agua	5

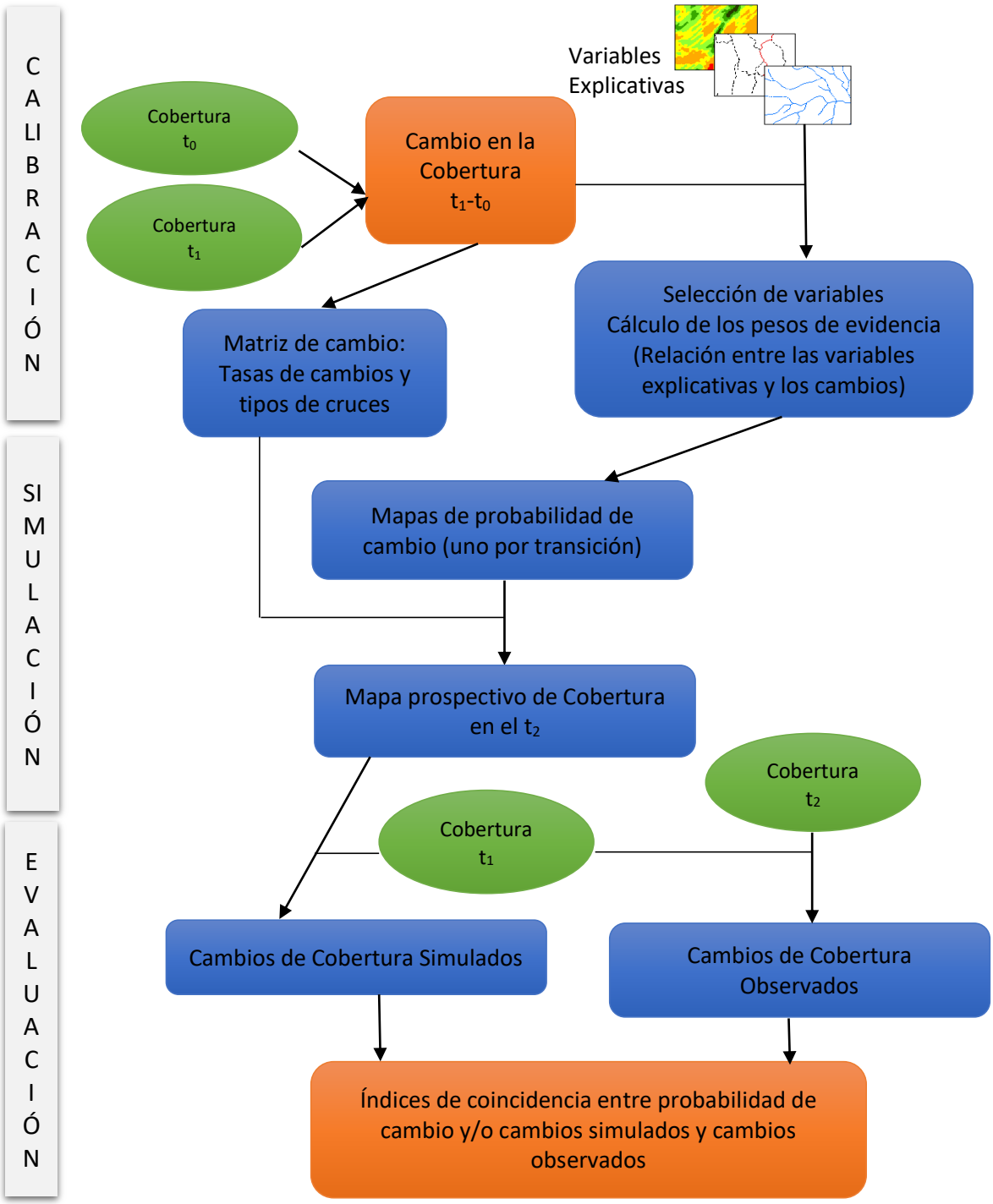
Las coberturas con códigos 33 (Áreas abiertas, sin o con poca Vegetación) y 315 (Plantaciones Forestales) fueron agrupadas con la categoría 2 (Territorios Agrícolas), ya que a pesar de que en la metodología Corin Land Cover aplicada a Colombia se encuentras en bosques y áreas seminaturales, causaban conflictos en el modelo especialmente con las coberturas naturales, que son el enfoque de análisis principal del modelo.

Para la modelación se utilizó el programa Dinamica EGO, un software libre de modelación ambiental desarrollado por el Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais – CSR/UFMG. Con el cual se han realizado importantes estudios enfocados a la deforestación y el cambio de la cobertura natural a través del tiempo, por ejemplo, el "ANÁLISIS DE TENDENCIAS Y PATRONES ESPACIALES DE DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA" desarrollado por el IDEAM.

El proceso de modelado en DINAMICA EGO se basa en el análisis de cambios pasados, que permite evaluar las tasas de cambio entre los diferentes tipos de coberturas y la relación espacial entre la localización de los cambios y las variables explicativas (François Mas & Flamenco Sandoval, 2011) o dinámicas, las cuales actúan como variables independientes que van a servir como insumo para determinar las áreas más propensas a cambios por eventos naturales o acción antrópica, para este modelo se tuvieron en cuenta la pendiente, la distancia más cercana a vías, drenajes y centros poblados y la altitud.

La Modelación se realiza en tres pasos, que se pueden explicar en la siguiente figura:

Figura 4.2. Diagrama de flujo del proceso de modelación, (François Mas & Flamenco Sandoval, 2011)

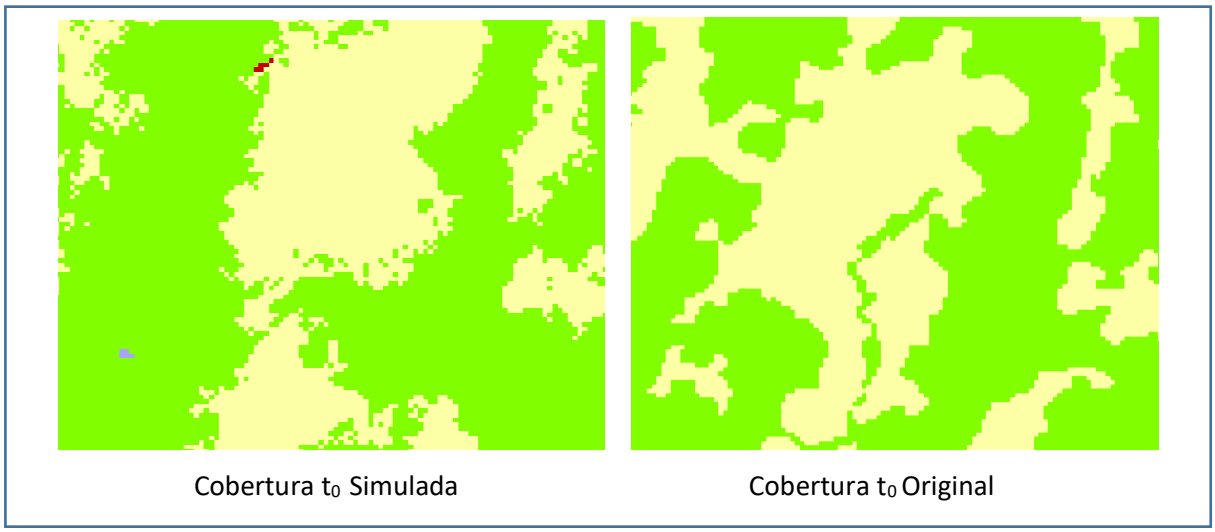


La etapa de calibración consiste en la determinación de los patrones de cambio de la cobertura a través del tiempo, teniendo como insumo una capa formato shape o raster de años anteriores para hacer la comparación y así determinar los tipos de cruces, además una matriz de cambio que indica la superficie de cada tipo de cruce, durante el periodo de observación, esta matriz puede convertirse en una matriz de probabilidad de cambio que permite realizar proyecciones sobre una base anual. (Soares-Filho, y otros, 2012)

La simulación se basa en los pesos de evidencia y las variables explicativas o dinámicas para elaborar un mapa de probabilidad para cada cruce, este proceso se realiza para cada periodo de tiempo con base anual, ya que muchas de estas variables en el modelo se actualizan en el tiempo, por ejemplo la distancia a vías o a drenajes, con base en esto se elaboran mapas prospectivos de cobertura, utilizando básicamente dos herramientas del software DINAMICA EGO , PATCHER que estima la formación de nuevos parches ejemplo áreas deforestadas o con alta erosión en un bosque y EXPANDER que realiza cambios por extensión de áreas pre-existentes como el avance de la frontera agrícola o la expansión del área urbana, (François Mas & Flamenco Sandoval, 2011).

Posteriormente se realiza la evaluación del modelo que compara las coincidencias espaciales entre las probabilidades de cambio y las coberturas simuladas con los cambios observados, el modelo realiza este proceso a través de un análisis ROC (Receiver Operating Characteristics) que consiste en calcular la diferencia entre la probabilidad promedio de las áreas de cambio de permanencia, para evaluar los mapas prospectivos de cobertura de la tierra, se modela un mapa de referencia el cual coincida con el mapa de observación como se puede Observar en la siguiente figura.

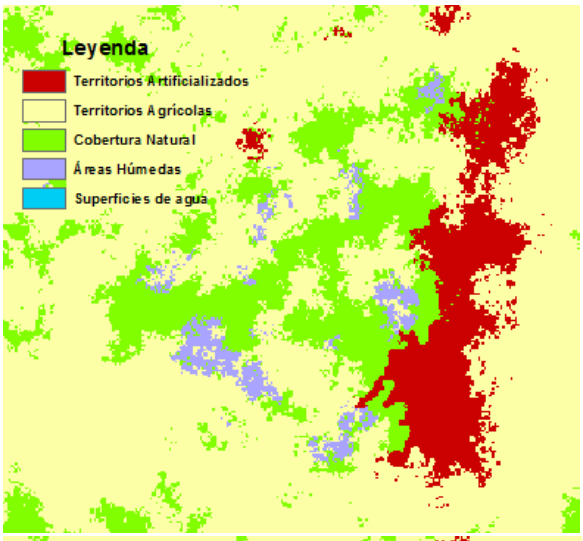
Figura 4.3. Comparación coberturas t_0



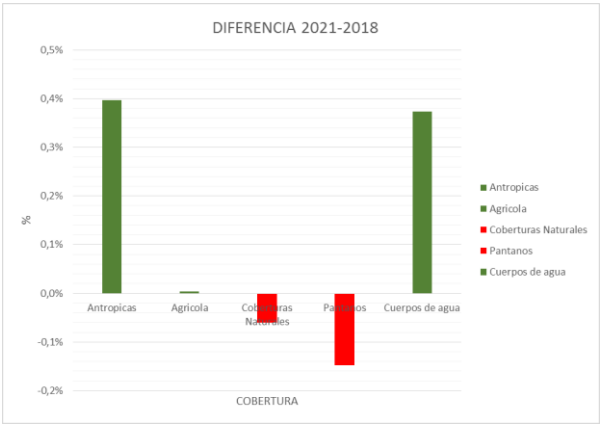
Cobertura t_0 Simulada | Cobertura t_0 Original

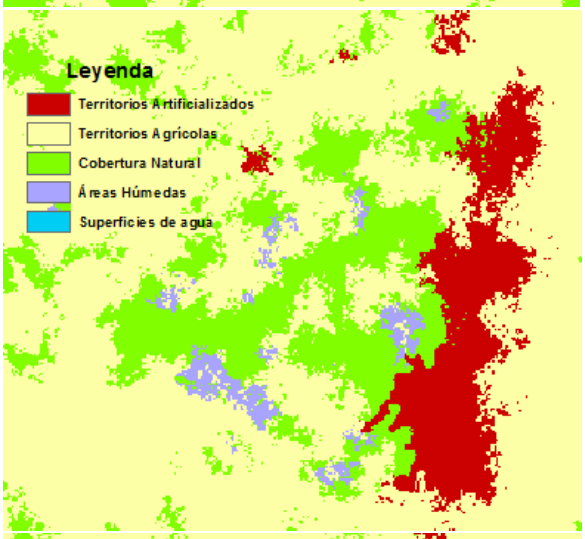
Finalmente se elaboran los escenarios tendenciales, para los años 2018, 2021 y 2026 en donde se pueden observar los siguientes resultados.

Figura: 3 Escenarios tendenciales de la cobertura de la tierra

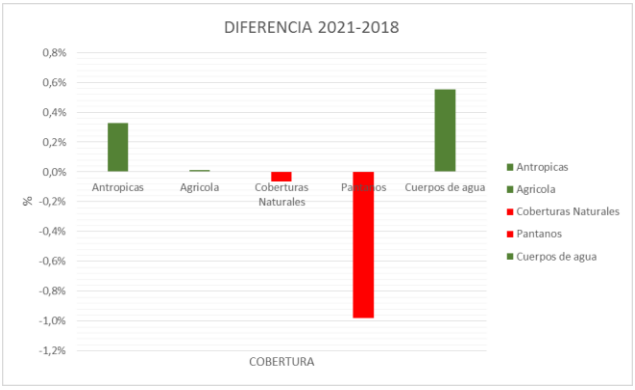


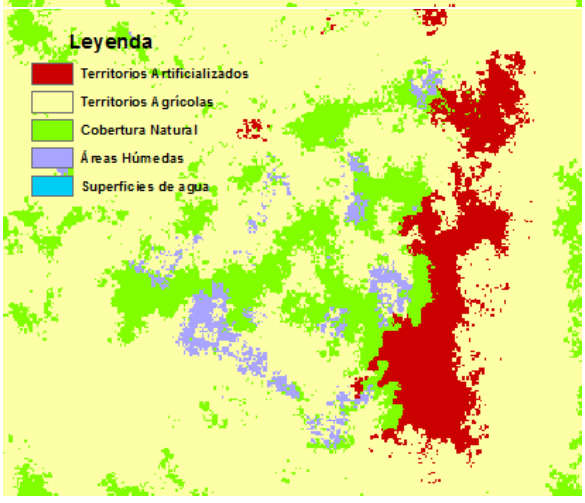
Escenario tendencial año 2018





Escenario tendencial año 2021





Escenario tendencial año 2026



A pesar de la dificultad que presenta modelar el cambio de la cobertura por la cantidad de variables que se involucran y la dinamica de cambio de los territorios, el modelo deja ver claramente la fragmentación de la cobertura natural y la perdida de las zonas humedas, lo que nos muestra un escenario esperado para la cuenca, por la tendencia de la población a extender la frontera agricola llevandola a destruir y deforestar bosques con grados de conservación impotantes y procesos acelerados de urbanización que se evidencian por el aumento de la población y la necesidad de vivienda.

4.3.2. Ambiente Critico

El proceso que se llevó a cabo para la elaboración de los escenarios tendenciales del índice de ambiente crítico en la cuenca, utilizo como base dos insumos principales: la capa de densidad poblacional proyectada y los Raster de proyección de cobertura para los años 2018, 2021 y 2026.

Ahora bien, con la información poblacional se determinó el índice de presión demográfica, mientras que los raster se sometieron a un proceso para la extracción de las coberturas naturales –representadas en el mismo con los valores 3 y 4 con el fin de realizar un análisis espacial junto con los biomas para así obtener el índice de vegetación remanente.

Como primera medida se hace la reclasificación del raster de coberturas asignando un valor único para este caso el 3, para cruzarlo con los biomas presentes en la cuenca, posteriormente se le realiza una rasterización a la capa de biomas del SINAP y se le asigna un valor numérico a cada bioma.

Figura 4.4. Clasificación coberturas para cruce con biomas

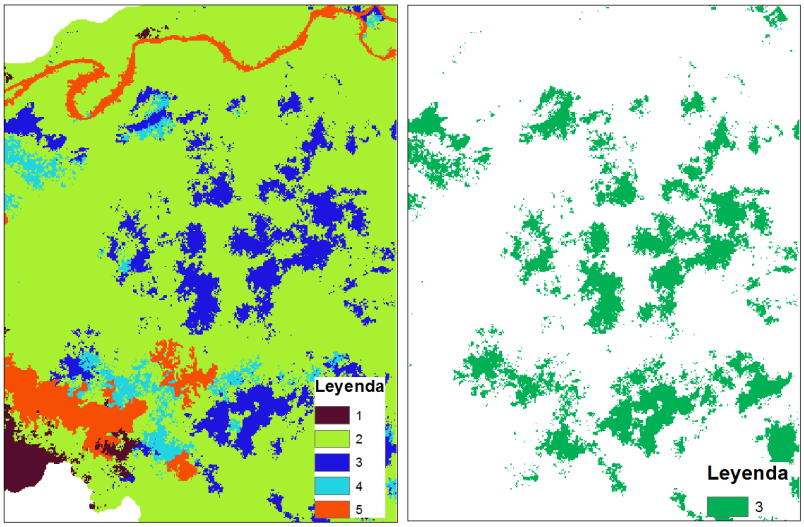
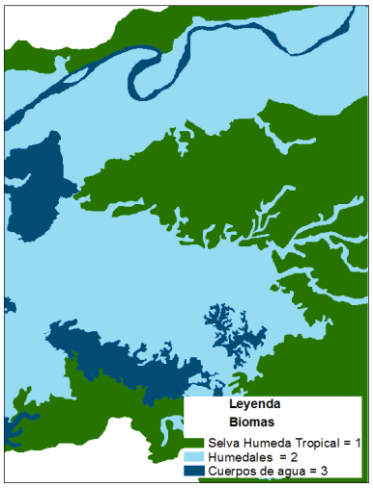
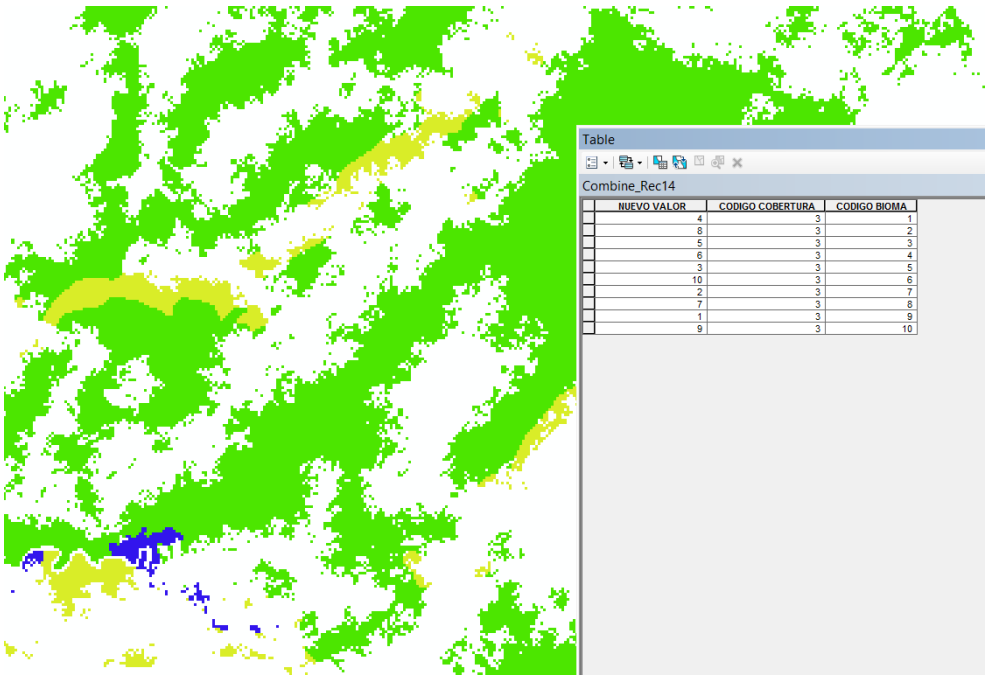


Figura 4.5. Asignación de códigos a los biomas



A continuación, se combinan los raster de cobertura y el del resultado de la caracterización de los biomas, para calcular el área de la vegetación natural que está presente en los diferentes biomas y de esa manera obtener el índice de vegetación remanente de la cuenca.

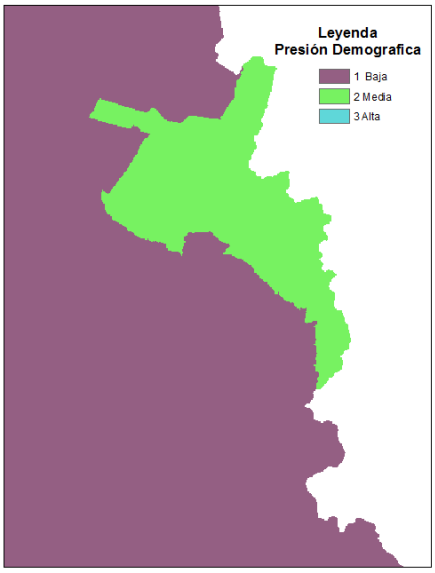
Figura 4.6. Combinación cobertura natural con biomas



Se realiza el cálculo de la presión demográfica teniendo como base la capa de densidad de población proyectada para los años 2018, 2021, 2026, multiplicando la tasa de crecimiento de la población en

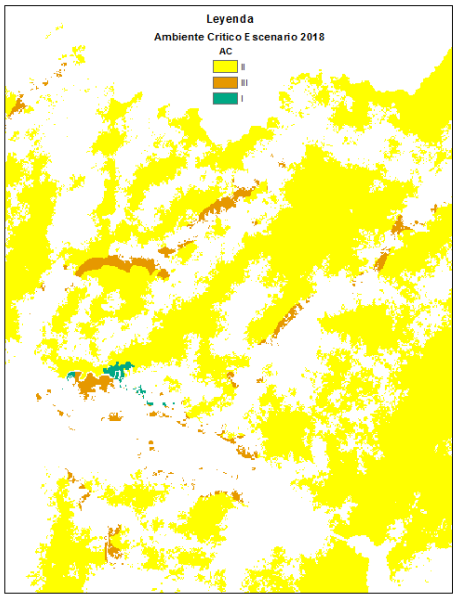
porcentaje (r) y la densidad poblacional, posteriormente se rasteriza como se puede ver en la siguiente figura:

Figura 4.7. Raster Presión demográfica



Finalmente se realiza la combinación entre los raster de vegetación remanente y presión demográfica y se califica según la guía técnica para la formulación de POMCAS.

Figura 4.8. Ambiente Critico de la Cuenca



5. ESCENARIOS DESEADOS

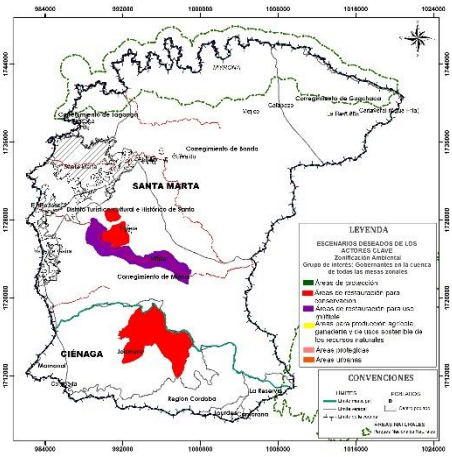
Para la elaboración de las salidas cartográficas correspondientes a los escenarios deseados se utilizaron las áreas propuestas por los actores claves, es decir, los grupos de interés presentes en la cuenca, tales como: Gobernantes en la cuenca (Alcaldías municipales, concejo municipal, entidades ambientales y otras de carácter regional), Organizaciones ambientales y prestadoras de servicios en la cuenca (Empresas prestadoras de servicios de acueducto y alcantarillado, comercial, turismo, ONGs ambientales), habitantes en la cuenca (Juntas de Acción Comunal) y Productores en la cuenca (Asociaciones productivas, agremiaciones, federaciones, industriales, pequeños productores).

Durante las mesas de trabajo realizadas en campo en los municipios que hacen parte de la cuenca, cada grupo territorial plasmaba en pergamino las áreas consideradas por ellos en las categorías de ordenación y zonas de uso y manejo sobre la cartografía de la apuesta de zonificación, las áreas sugeridas por los actores se digitalizaron fielmente a su criterio y al final se integraron por medio de la función Merge obteniendo el escenario deseado para para cada grupo de interés en la cuenca.

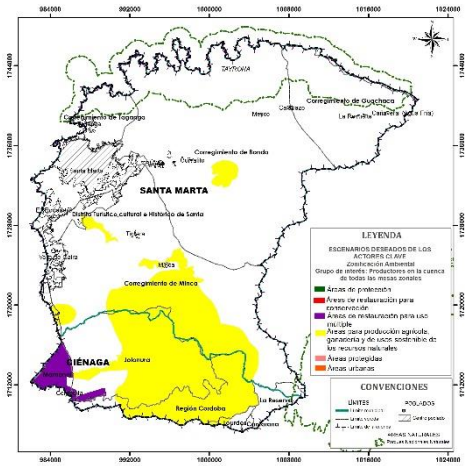
En la Figura 5.1 se presentan los escenarios deseados por los actores claves en la cuenca.

Figura 5.1. Escenarios deseados por los grupos de interés en la cuenca.

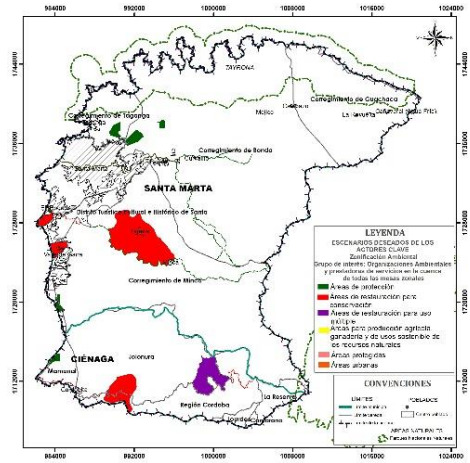
Grupo de interés:
Gobernantes en la cuenca



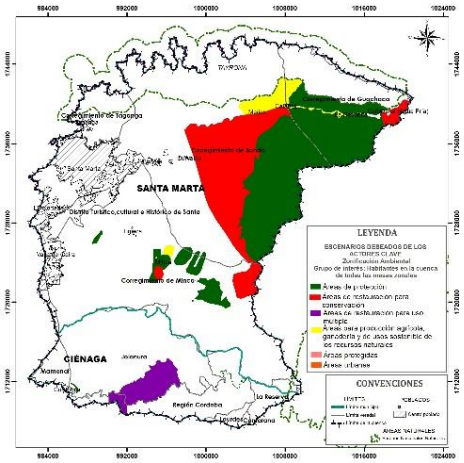
Grupo de interés:
Productores en la cuenca



Grupo de interés:
Organizaciones ambientales y prestadoras de servicios en la cuenca



Grupo de interés:
Habitantes en la cuenca



6. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

6.1. Escenario apuesta/ zonificación preliminar

El primer ejercicio de zonificación se realizó siguiendo estrictamente los pasos de la metodología propuesta por la Guía para la Formulación de POMCAS (MADS, 2014).

Para la realización de la zonificación ambiental preliminar, en el primer paso se tuvieron como insumos las capas cartográficas de áreas del SINAP, las áreas protegidas de orden nacional y regional declaradas, públicas o privadas; las áreas complementarias para la conservación como son las de distinción internacional, y los suelos de protección que hacen parte de los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) debidamente adoptados. También se incluyen las áreas de importancia ambiental: ecosistemas estratégicos y las áreas de reglamentación especial, estas capas se unieron y luego se aplicó la función de explode, en los casos donde se encontraban varias zonas, se asignó la categoría de mayor jerarquía, obteniendo como resultado la delimitación y asignación de la categoría de ordenación de conservación y protección ambiental.

Paso siguiente se tomó como insumo la propuesta de usos principales de la tierra definidos para la Cuenca del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe según capacidad agrológica, se aplicó la función erase para quitar las áreas superpuestas con las categorías de conservación y protección del paso anterior, el resultado se intersecto con el indicador de uso del agua superficial por subcuenca y se definió una nueva categoría de uso (paso 2). La capa consecuente se validó con el índice del estado actual de las coberturas naturales, aplicando la función intersección definieron áreas que por su alto grado de transformación ameritan restauración y nuevas áreas para la protección. Los resultados obtenidos en este paso corresponden a categorías de usos de la tierra validados o reclasificados por el recurso hídrico y estado actual de las coberturas naturales (paso 3), esta capa se calificó con el grado de amenaza natural superponiéndolas, obteniendo una nueva reclasificación de categorías de manejo y uso (paso 4).

Para el paso final se realizó un merge de las capas del paso 1 y la capa intermedia del paso 4 y se procedió a validar con las capas de conflicto por perdida de la cobertura en áreas y ecosistemas estratégicos y conflicto por uso de la tierra.

6.2. Capa intermedia de zonificación 1: Áreas y ecosistemas estratégicos

El primer paso de la zonificación de la Cuenca del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe es la unión espacial de la delimitación de las áreas y ecosistemas estratégicos definidos en el diagnóstico (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Por lo que se hace uso de los siguientes insumos (ver Figura 6.1):

- ✓ Áreas del SINAP[3] (Parque Nacional Natural, Distrito regional de manejo integrado)

[3] Sistema Nacional de áreas protegidas

- ✓ Áreas complementarias para la conservación (AICAS, Reservas forestales de Ley 2da de 1959, POT)
- ✓ Áreas de importancia ambiental (Páramos, Humedales, Zonas de recarga de acuíferos, Otras áreas, Rondas, Otras áreas, Bosques, Otras áreas, Capacidad de uso).

A la capa resultante se expande y se procede a asignar la figura de conservación / protección, una labor bastante dispendiosa, ya que, a un área específica, solo se le puede asignar una figura de protección y la gran mayoría presentó más de una, salvo aquellas áreas pertenecientes a la subzona Áreas del SINAP, las cuales la Guía indica claramente que no se deben modificar de dicha subzona de uso y manejo; en las restantes áreas se recategoriza de acuerdo a las categorías, Zonas, Subzonas, Tipos y subtipos utilizados en la zonificación ambiental.

El producto final del PASO 1 se tiene la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se presenta la delimitación y asignación de la categoría de ordenación de conservación y protección ambiental

Figura 6.1. Áreas y ecosistemas estratégicos en la cuenca

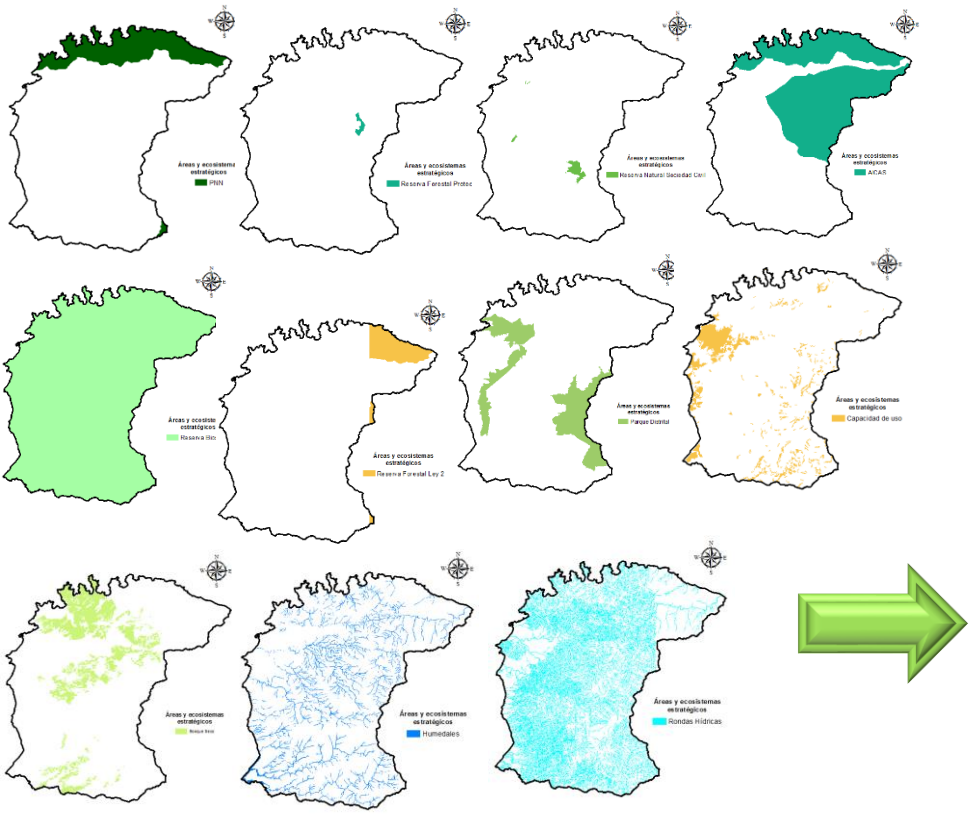
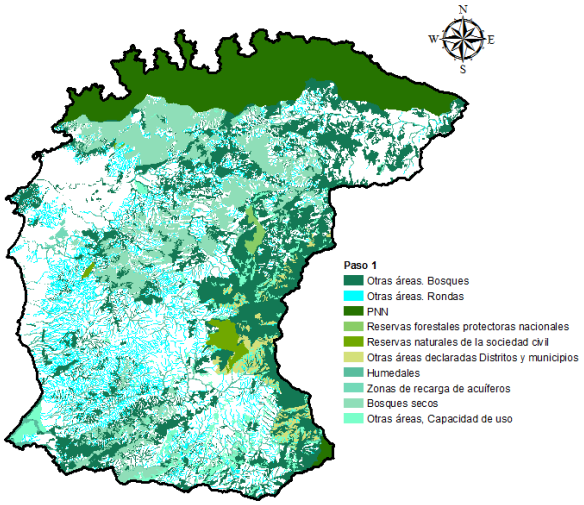


Figura 6.2. Áreas y ecosistemas estratégicos definidos







6.3. Capa intermedia de zonificación # 2: Categoría de uso de la tierra validada por recurso hídrico

Para la modelación de la capa del paso 2 se sustrajo de la capa de capacidad de uso de la tierra de la cuenca, la capa de las áreas y ecosistemas estratégicos considerados en el paso 1, mediante la función erase. En este paso se tomaron los siguientes insumos:

- ✓ Unidades de uso máximo principal de la tierra definido para la Cuenca del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe según su capacidad agrológica, ver Figura 6.3.
- ✓ Índice del Uso de Agua en las unidades hidrográficas de nivel III o subsiguientes, ver Figura 6.4.
- ✓ Matriz de decisión capacidad uso vs. Índice de uso de agua, ver Tabla 6.1.

Con el remanente de la capa de capacidad de uso de la tierra se realiza un cruce cartográfico con el índice de uso del agua en las unidades hidrográficas de nivel III o subsiguientes para validar el uso asignado del área en revisión o redefinirla a una nueva categoría de uso de acuerdo a la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Matriz de decisión capacidad uso vs. Índice de uso de agua

Usos agrícolas				Usos Ganaderos		
IUA	Código	Uso Principal		IUA	Código	Uso Principal
Alto y muy alto	CTI	Cultivos transitorios intensivos		Alto y muy alto	PIN	Pastoreo intensivo
	CTS	Cultivos transitorios semintensivos			PSI	Pastoreo semintensivo
	CPI	Cultivos permanentes intensivos			PEX	Pastoreo extensivo
	CPS	Cultivos permanentes semintensivos			SPA	Silvopastoril
	ASP	Agrosilvopastoril			AGS	Agrosilvícola
	SPA	Silvopastoril			FPD	Forestal productor
	AGS	Agrosilvícola			FPR	Forestal protector
	FPD	Forestal productor			CRE	Conservación y/o Recuperación
	FPR	Forestal protector				
	CRE	Conservación y/o Recuperación				

La categorización de uso de la tierra validada por las condiciones de recurso hídrico se muestra en la Figura 6.5.

Figura 6.3. Capacidad de uso principal de la cuenca

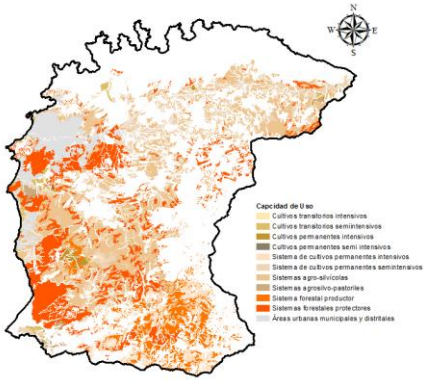


Figura 6.4. Índice de Uso del Agua

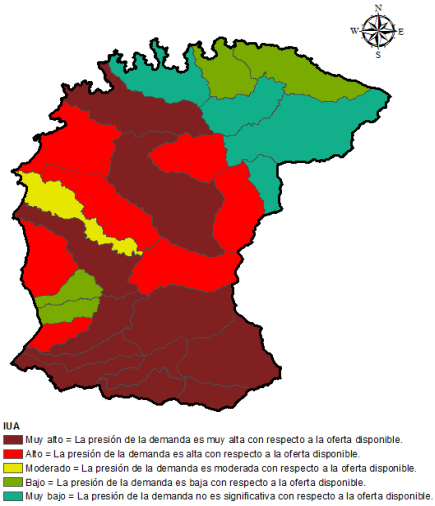
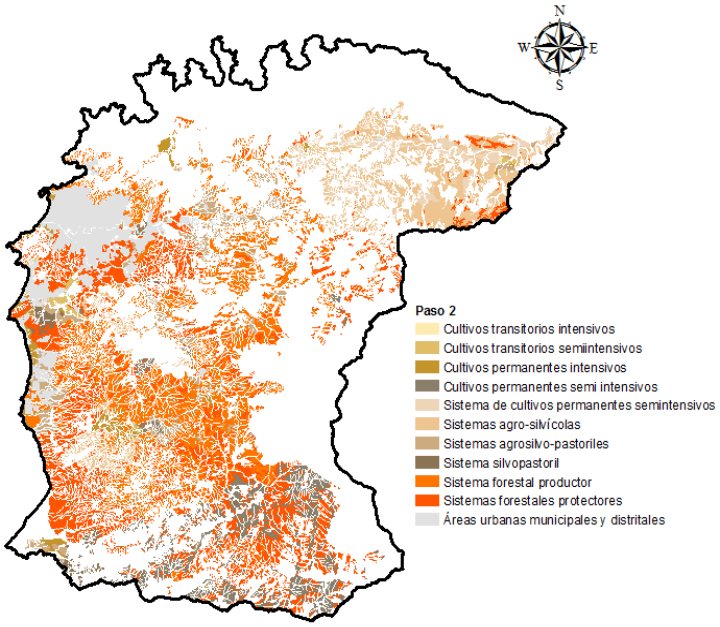




Figura 6.5. Categorías de uso de la tierra validadas por el recurso hídrico



6.4. Capa intermedia de zonificación # 3: categoría de uso validada por el índice del estado de la cobertura

Los insumos requeridos en este paso fueron:

- ✓ La capa cartográfica de la categoría de uso de la tierra validada por el recurso hídrico
- ✓ La capa cartográfica con la calificación del índice del estado actual de las coberturas naturales por polígono, ver Figura 6.5.
- ✓ Matriz de decisión, ver Tabla 6.2.

La categoría de uso resultante del paso anterior, se unió y calificó con el índice de estado actual de las coberturas naturales vegetales, con el fin de validar o definir la nueva categoría de uso de acuerdo a la Tabla 6.2.

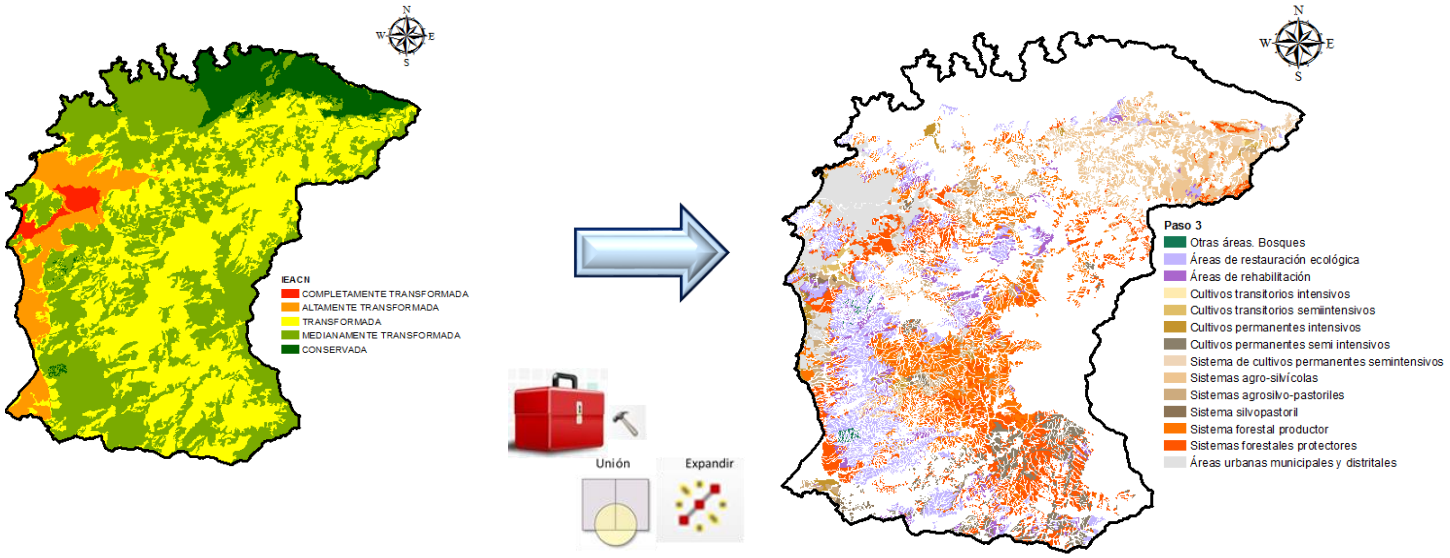
Tabla 6.2. Reclasificación de la capacidad de usos de la tierra validada por recurso hídrico y estado actual de las coberturas naturales

Categoría de uso propuesto de la tierra validada por recurso hídrico	Índice del estado actual de las coberturas naturales IEAC	Nueva categoría de uso validada por recurso hídrico y estado actual de las coberturas naturales
Cualquier figura	> = 61	Conservación y protección, como áreas de importancia ambiental, Otras subzonas de importancia ambiental identificadas de interés para la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la cuenca - Otras áreas, Bosques.
Cualquier figura	41-60	Conservación y protección, como áreas de Restauración, Áreas de restauración ecológica
Cualquier figura	21-40	Conservación y protección, como áreas de Restauración, Áreas de rehabilitación
Cualquier figura	1-20	Conservarán la figura de uso propuesta en el paso 2
Cualquier figura	0	Conservarán la figura de uso propuesta en el paso 2

Los resultados obtenidos en este paso corresponden a las categorías de usos de la tierra reclasificados por el recurso hídrico y estado actual de las coberturas naturales, Ver Figura 6.6.

Figura 6.5. Índice de estado actual de las coberturas naturales.

Figura 6.6. Categorías de uso de la tierra validadas por el recurso hídrico y el estado actual de las coberturas naturales



6.5. Capa intermedia de zonificación # 4: Categoría de uso validada por amenazas naturales

Los insumos requeridos para este análisis fueron:

- ✓ la capa cartográfica intermedia resultado del paso 3 (ver Figura 6.6)
- ✓ La cartografía por tipo de amenaza calificada con sus respectivos niveles de amenaza, ver Figura 6.10.

Dado que en la zonificación solo se asigna una categoría y hay muchas áreas del territorio donde se superponen dos o más tipos de amenaza calificadas como alta, los escenarios de amenaza por movimientos en masa (Figura 6.7), inundaciones (Figura 6.8) y avenidas torrenciales (Figura 6.9) resultado de la fase diagnóstico, se cruzaron y, se procedió a asignar la categoría de amenaza de acuerdo a los cruces que presentaban según la Figura 6.9. Como resultado se obtuvo la capa de amenazas que se observa en la Figura 6.10.

La metodología aplicada fue la siguiente: la capa cartográfica resultante del paso 3 se superpuso con la capa de amenazas naturales para recategorizar una nueva categoría de uso de la tierra (ver, Figura 6.11)

Figura 6.7. Amenaza por movimientos en masa

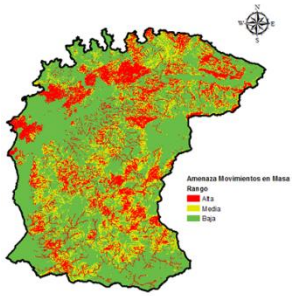


Figura 6.8. Amenaza por Inundaciones

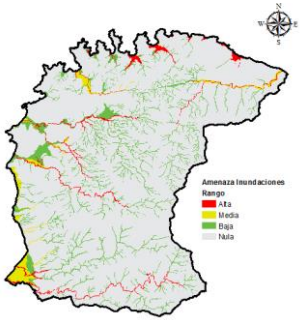


Figura 6.9. Amenaza por avenidas torrenciales

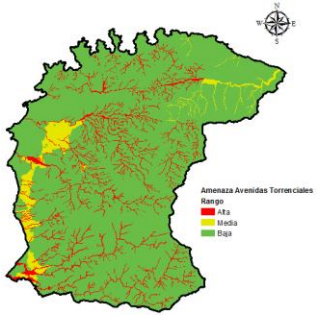


Figura 6.9. Asignación de calificación por Amenazas alta en áreas superpuestas



Figura 6.10. Calificación Amenaza total

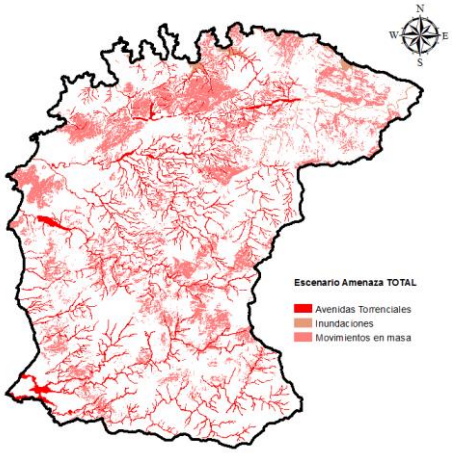
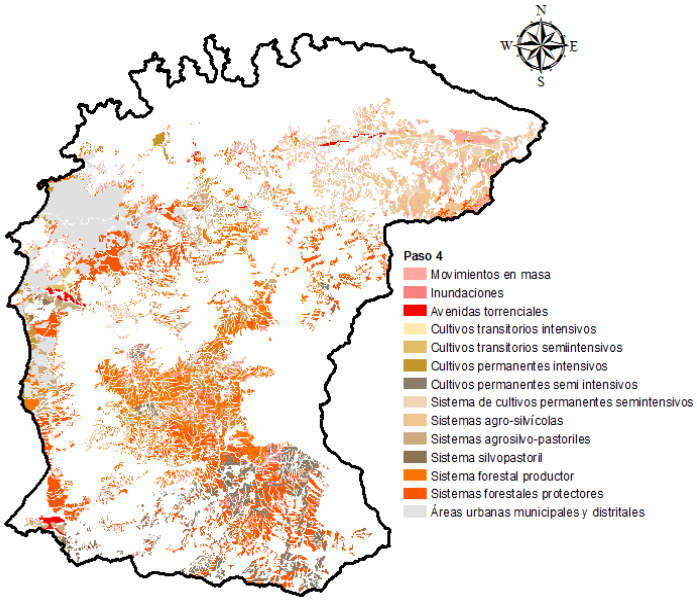


Figura 6.11. Categorías de uso de la tierra validadas por recurso hídrico, estado actual de las coberturas naturales y grado de amenaza natural





6.6. Zonificación ambiental

Los insumos requeridos en este paso fueron:

- ✓ La capa cartográfica intermedia resultado del paso 4, ver Figura 6.11
- ✓ La capa cartográfica de las áreas y ecosistemas estratégicos definidos en el paso 1, ver Figura 6.2
- ✓ Las capas de conflicto por pérdida de la cobertura en áreas y ecosistemas estratégicos (ver Figura 6.14) y conflicto por uso de la tierra (Figura 6.12).
- ✓ Matriz de calificación por conflictos, ver Tabla 6.3.

Tabla 6.3. Matriz de calificación por conflictos

Categoría de uso propuesto de la tierra validada por recurso hídrico, estado actual de las coberturas naturales de la tierra y grado de amenaza	Conflicto por uso de la tierra	Conflicto por pérdida de cobertura en áreas y ecosistemas estratégicos	Categoría de uso y manejo final de la zonificación ambiental
Categoría de ordenación de conservación y protección ambiental	Sobreutilización		Áreas de rehabilitación
Categoría de ordenación de uso múltiple			Áreas de recuperación para el uso múltiple
Categoría de ordenación de conservación y protección ambiental (Áreas de importancia ambiental)		Alto y muy alto	Áreas de restauración ecológica
Categoría de ordenación de conservación y protección ambiental (Áreas de amenazas naturales)			Áreas de rehabilitación
Categoría de ordenación de uso múltiple (Áreas agrícolas y Áreas agrícolas y silvopastoriles)			Áreas de recuperación para el uso múltiple

Se integraron las capas resultantes del paso 1 y paso 4, posteriormente se adicionaron las capas de conflictos por uso de la tierra y conflicto por pérdida de la cobertura en áreas y ecosistemas estratégicos mediante una unión. Para la recategorización considerando el segundo conflicto se analizaron todas las zonas incluidas en la capa de ecosistemas estratégicos, mientras que para la capa resultante del paso 4, se tuvieron en cuenta solamente aquellas áreas con cobertura natural (identificada en la capa de coberturas con los códigos: 31111, 31121, 31122, 31211, 31221, 31222, 31311, 31312, 31321, 31322, 3141, 3142, 3151, 3152, 321111, 321112, 321113, 321121, 32121, 32211, 32212, 32222, 411).

La Guía en este paso indica que “se deberán considerar los proyectos de hidrocarburos y de desarrollo minero que cuenten con licencias ambientales, los cuales deberán clasificarse en la categoría de uso múltiple con los condicionamientos requeridos” (MADS, 2014:58) Al respecto la inclusión de esta información fue realizada por parte de CORPAMAG y al mes de junio de 2017, solo se contó con un título minero, pero que no cuenta con licencia ambiental.

Finalmente, en la Figura 6.13 se presenta el resultado de la zonificación ambiental de la cuenca del Río Piedras-Río Manzanares y Otros Directos al Caribe.

Figura 6.12. Conflictos por uso de la tierra – Sobreutilización severa

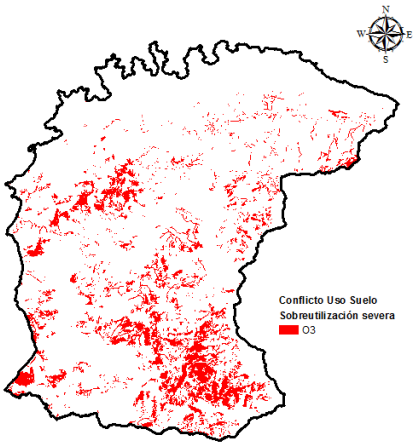


Figura 6.13. Zonificación ambiental Cuenca del Río Piedras río Manzanares y otros directos al Caribe

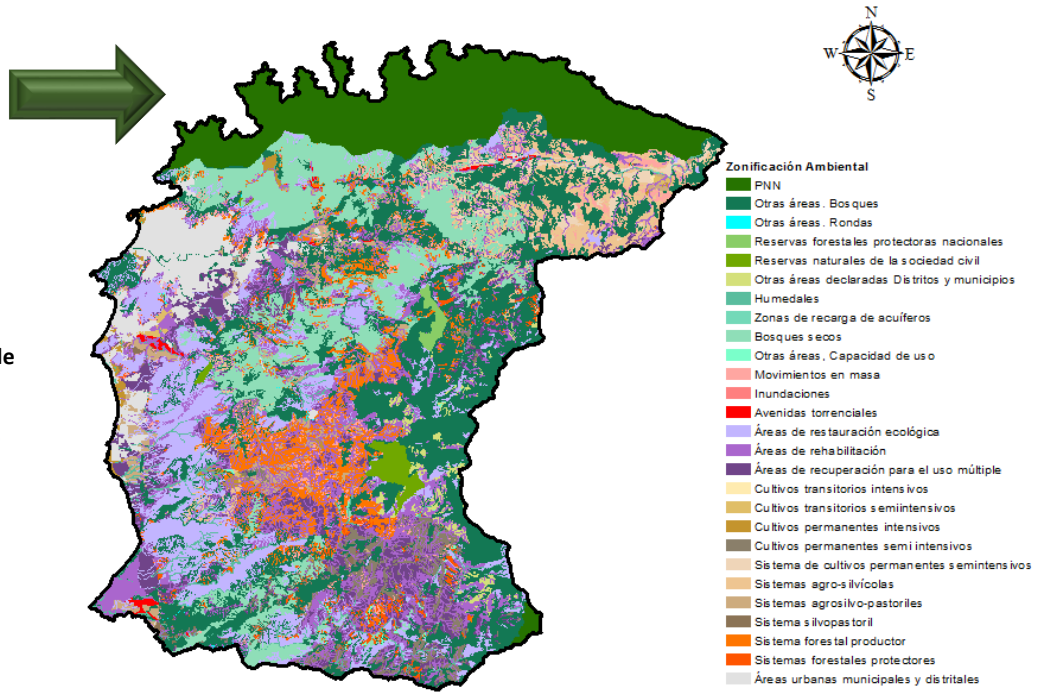
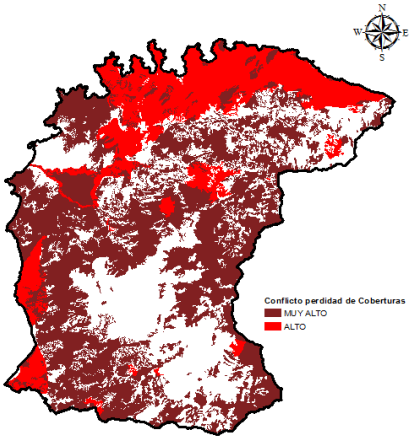
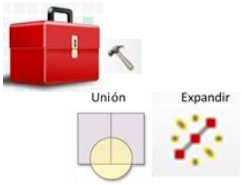


Figura 6.14. Conflictos por perdida de Coberturas Naturales.





BIBLIOGRAFÍA

DANE. Proyecciones municipales. 2006-2020. Bogotá 2008. Recuperado de: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/MProyeccionesMunicipalesedadsexo.pdf.

François Mas , J., & Flamenco Sandoval, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso. *GEOTRÓPICO*, 24.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Soares-Filho, B., Silvestrini, R., Nepstad, D., Brando, P., Rodrigues, H., Alencar, A., . . . Stickler, C. (2012). Forest fragmentation, climate change and understory fire regimes on the Amazonian landscapes of the Xingu headwaters. *Landscape Ecol*, 14

ANEXOS

1. Base de datos cartográfica, temática y raster
   - GDB con información básica
   - GDB con información temática vectorial y tabular
   - GDB con información raster
2. Diccionario de datos
3. Mapas (MXD, PDF, JPG)
4. Salidas cartográficas
5. Metadatos