



Esquema de Retribución por Servicios Ambientales

(ERSA)

**para la Conservación de los Bosques y
Gestión de Fuentes Hídricas en la
jurisdicción de CORPOCHIVOR**



Mapeo de servicios ecosistémicos (InVEST)



ASAMBLEA CORPORATIVA

CARLOS ANDRES AMAYA RODRIGUEZ
Gobernador de Boyacá
CARLOS ALBERTO ACEVEDO VELASQUEZ
Alcalde Municipio de Almeida
JULIO CESAR NEIRA CASTRO
Alcalde Municipio de Boyacá
PEDRO MIGUEL LOPEZ VELA
Alcalde Municipio de Campohermoso
LUIS CARLOS CRUZ LOPEZ
Alcalde Municipio de Ciénega
FRANCISCO JAVIER ROA MILLAN
Alcalde Municipio de Chinavita
CARLOS HERNANDO PERILLA ALDANA
Alcalde Municipio de Chivor
JULIO ERNESTO SANABRIA GUERRA
Alcalde Municipio de Garagoa
EDWIN CRISANTO BOHORQUEZ MORA
Alcalde Municipio de Guateque
BENJAMIN EDILSON PIÑEROS ALFONSO
Alcalde Municipio de Guayatá
HUGO ALEXANDER REYES PARRA
Alcalde Municipio de Jenesano
MELQUISEDEC SALGADO ZUBIETA
Alcalde Municipio de La Capilla
NABOR FELIPE LONDOÑO GORDILLO
Alcalde Municipio de Macanal
HERIBERTO SUAREZ MUÑOZ
Alcalde Municipio de Nuevo Colón
JOSE JACINTO MORALES SANABRIA
Alcalde Municipio de Pachavita
OMAR JUNCO ESPINOSA
Alcalde Municipio de Ramiriquí
MILTON OSWALDO FERNANDEZ
Alcalde Municipio de San Luis de Gaceno
RUBEN SANCHEZ NIÑO
Alcalde Municipio de Santa María
GERMAN RICARDO ROBAYO HEREDIA
Alcalde Municipio de Somondoco
CAMILO SASTOQUE LEIVA
Alcalde Municipio de Sutatenza
JHON ALEXANDER LOPEZ MENDOZA
Alcalde Municipio de Tenza
LUIS ALEJANDRO MILLAN DIAZ
Alcalde Municipio de Tibaná
YOANI VELA BERNAL
Alcalde Municipio de Turmequé
ELIS ALEXANDER MORENO SALAMANCA
Alcalde Municipio de Ubita
CARLOS JULIO MELO ALDANA
Alcalde Municipio de Ventaquemada
ALFREDO CARO PUIN
Alcalde Municipio de Viracachá

CONSEJO DIRECTIVO

JUAN MANUEL SANTOS CALDERON
Presidente de la República de Colombia
OSCAR MAURICIO BARRETO BOHORQUEZ
Representante del Presidente de la República
LUIS GILBERTO MURILLO
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible
EMMA JUDITH SALAMANCA GUAUQUE
Delegada del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
CARLOS ANDRES AMAYA RODRIGUEZ
Gobernador de Boyacá
FABIO ALBERTO MEDRANO REYES
Delegado del Gobernador de Boyacá
LUIS CARLOS CRUZ LOPEZ
Alcalde Municipio de Ciénega
HERIBERTO SUAREZ MUÑOZ
Alcalde Municipio de Nuevo Colón
MILTON OSWALDO FERNANDEZ ALFONSO
Alcalde Municipio de San Luis de Gaceno
CAMILO SASTOQUE LEIVA
Alcalde Municipio de Sutatenza
RAFAEL RUIZ BUITRAGO
Representante Sector Privado
DAVID APARICIO AVILA
Representante Sector Privado
MARÍA ANDREA MEDINA GARCÍA
Representante ONG
HENRY CUESTA ALFONSO
Representante ONG

DIRECTIVOS CORPOCHIVOR

FABIO ANTONIO GUERRERO AMAYA
Director General
DAMARIS ASBLEIDY BUSTOS ALDANA
Secretaria General
OSCAR HERNANDO BERNAL VARGAS
Subdirector de Planeación y Ordenamiento Ambiental del Territorio
ANA CELIA SALINAS MARTIN
Subdirectora de Gestión Ambiental
OMAR HERNANDO FORERO GAMEZ
Subdirector Administrativo y Financiero
JOSE MANUEL ROJAS BERMUDEZ
Jefe Oficina de Control Interno
ANA LILIANA SUÁREZ HERRERA
Revisora Fiscal

María del Carmen Hernández – Supervisora Contrato para la Administración de Proyectos No.237–15

Néstor Alexander Valero Fonseca – Coordinación Proyecto 202: "Protección, Manejo Sostenible e Incremento de la Oferta Forestal"

Cristian Fernando Martin Lesmes – Comunicaciones





Esta publicación ha sido generada en el marco del Contrato para la Administración de Proyectos No.237–15, suscrito entre Corpochivor y South Pole Carbon Asset Management SAS, gracias a la cofinanciación del Fondo de Compensación Ambiental -FCA- del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en desarrollo del proyecto “Desarrollo de Estrategias de Gobernanza Forestal para la Gestión y Monitoreo de las Coberturas Boscosas de la Jurisdicción de CORPOCHIVOR”.

Preparado por:

South Pole Carbon Asset Management SAS en consorcio con Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global -Carbono & Bosques-

Víctor David Giraldo, Director de Proyecto Forestales y Cambio en el Uso del Suelo
+ (57) 300 7048 523 · v.giraldo@thesouthpolegroup.com ·

Catalina Becerra & Beatriz Zapata, Consultores

Medellín, 14 de diciembre de 2017

Revisión Técnica Corpochivor

Claudia Catalina Rodríguez Lache– Coordinación proyecto 103: Gestión integral del territorio

Jaime Mauricio Otálora Aldana– Coordinación proyecto 201: Protección, recuperación y manejo de la biodiversidad y de los ecosistemas estratégicos

Jhon Fredy Vallejo Buitrago – Coordinación proyecto 401: Gestión para el desarrollo sostenible en los sectores productivos de la jurisdicción.

Karen Dayana Perilla Novoa – Coordinación proyecto 301: Gestión integral del recurso hídrico

María del Carmen Hernández – Supervisora Contrato para la Administración de Proyectos No.237–15

Néstor Alexander Valero Fonseca – Coordinación Proyecto 202: "Protección, Manejo Sostenible e Incremento de la Oferta Forestal"

Wilmer Harvey Vallejo Arévalo – Operador Sistema de monitoreo de bosques y áreas de aptitud forestal y generar información temática y cartográfica

Cítese como:

2017, Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corpochivor; South Pole Carbon Asset Management SAS en consorcio con Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global -Carbono & Bosques; Esquema de Retribución por Servicios Ambientales (ERSA) para la gestión de los bosques y la conservación de las fuentes hídricas en la Jurisdicción de CORPOCHIVOR.

Todos los derechos reservados. Los textos pueden ser usados parcial o totalmente citando la fuente. Su reproducción total debe ser autorizada por la Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corpochivor.

Garagoa-Boyacá
Colombia
2017

Tabla de Contenido

| | |
|---|-----------|
| Introducción | 7 |
| 1 Software InVEST | 8 |
| 2 Servicios ecosistémicos evaluados | 9 |
| 2.1 Fijación y almacenamiento de carbono | 9 |
| 2.2 Rendimiento hídrico | 10 |
| 2.2.1 Evapotranspiración | 12 |
| 2.2.2 Grupos de suelos hidrológicos | 13 |
| 2.2.3 Información biofísica | 13 |
| 2.2.4 Eventos de lluvia | 14 |
| 2.3 Calidad de hábitat | 14 |
| 2.4 Biodiversidad | 16 |
| 3 Resultados | 20 |
| 3.1 Fijación y almacenamiento de carbono: Regulación Climática | 20 |
| 3.2 Rendimiento hídrico | 21 |
| 3.2.1 Flujo rápido (QF) | 21 |
| 3.2.2 Recarga local (L) | 21 |
| 3.2.3 Flujo base real (B) | 21 |
| 3.2.4 Recarga (Vri) | 28 |
| 3.2.5 Flujo base promedio anual y recarga por cuenca | 30 |
| 3.3 Calidad de hábitat | 30 |
| 3.4 Biodiversidad (GLOBIO) | 34 |
| 4 Conclusiones | 42 |
| 5 Recomendaciones | 43 |
| 6 Bibliografía | 44 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Modelos del InVEST | 8 |
| Tabla 2. Información base requerida para ejecutar el modelo de fijación de carbono | 9 |
| Tabla 3. Datos de entrada del modelo de fijación y almacenamiento de carbono | 10 |
| Tabla 4: Información base para generar el modelo de rendimiento hídric | 11 |
| Tabla 5. Clasificación hidrológica de los suelos de acuerdo a la textura | 13 |
| Tabla 6. Cobertura equivalente a la clasificación de la tierra según IDEAM. | 13 |
| Tabla 7. Información de eventos de lluvia. | 14 |
| Tabla 8. Información base para ejecutar el modelo de calidad de hábitat | 15 |
| Tabla 9. Información tabla de sensibilidad utilizada para el modelo de Calidad de hábitat | 15 |
| Tabla 10. Información tabla de amenazas utilizada para el modelo de Calidad de hábitat | 16 |
| Tabla 11. Información base para ejecutar el modelo de Biodiversidad. | 17 |
| Tabla 12. Información tabla para pasar a uso GLOBIO | 18 |
| Tabla 13. Información tabla MSA usada para el modelo de Biodiversidad | 18 |
| Tabla 14. Información flujo base anual por cuenca dentro de CORPOCHIVOR. | 30 |

Lista de mapas

| | |
|--|----|
| Mapa 1:Modelo de Fijación y almacenamiento de carbono. El modelo muestra los valores en Megagramos (Mg/ha) | 21 |
| Mapa 2: Modelo de rendimiento de agua, valores de flujo rápido – QF | 23 |
| Mapa 3: Modelo de rendimiento de agua, valores recarga local (L) y recarga local disponible (L avail) | 24 |
| Mapa 4: Resultado modelo de rendimiento de agua, valores de Flujo base real – B. | 26 |
| Mapa 5: Modelo de rendimiento de agua, valores de recarga (Vri) | 29 |
| Mapa 6: Modelo de calidad de hábitat, índice de calidad | 32 |
| Mapa 7: Modelo de calidad de hábitat, degradación del hábitat | 33 |
| Mapa 8: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) | 35 |
| Mapa 9: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra | 38 |
| Mapa 10: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra | 40 |
| Mapa 11: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra | 41 |

Siglas, acrónimos y abreviaturas

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Mg | Mega gramo |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| C | Carbono |
| MSA | Abundancia media de especies |
| Mg/ha | Mega gramo por hectárea |

Introducción

Los servicios ecosistémicos se definen según la FAO como el conjunto de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad y que hacen posible la vida humana (FAO, 2016). Según el Panel de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), estos servicios se pueden catalogar como de soporte, abastecimiento, regulación o culturales. Los servicios de soporte incluyen aquellos relacionados con la formación del suelo, el ciclo de los nutrientes y la producción primaria; los servicios de abastecimiento incluyen la provisión de alimentos, agua potable, leña, fibra, productos químicos biológicos, y recursos genéticos; dentro de los servicios de regulación se encuentran la regulación climática, hídrica, de enfermedades, purificación del agua y la polinización, y finalmente, los servicios culturales abarcan servicios educativos, espirituales y de recreación. Todos estos servicios ecosistémicos en conjunto constituyen el bienestar humano.

A través del uso del software libre “InVEST”¹ se realizó la evaluación de algunos de los servicios ecosistémicos en el área de jurisdicción de Corpochivor con el fin de espacializar e identificar el potencial de la región para proveer dichos servicios. Este software es usado para mapear los bienes y servicios que la naturaleza provee para el beneficio de la población. Para el caso de Corpochivor, se evaluaron los servicios de almacenamiento y secuestro de carbono, rendimiento hídrico, calidad de hábitat y biodiversidad.

¹Descarga libre. Disponible en: <http://www.naturalcapitalproject.org/>

1 Software InVEST

Definido por su nombre completo en inglés como *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (Evaluación Integrada de los Servicios Ecosistémicos y Compensación Costo-Beneficio), InVEST es una herramienta creada para la toma de decisiones acerca del manejo del recurso natural que esencialmente provee información acerca del estado del ecosistema y de los cambios en este que probablemente afectarán el bienestar de las personas. La herramienta se basa en datos geográficos en formato raster o vector, acoplados a un software de información geográfica como ArcGIS o QGIS para el análisis.

Natural Capital Project (Proyecto de Capital Natural) es el creador del programa y actualmente se encarga del mismo. Este proyecto lo conforma un grupo de expertos entre la universidad de Stanford y la Universidad de Minnesota. El software InVEST permite evaluar diferentes servicios ecosistémicos por medio de la implementación de diferentes modelos de acuerdo al servicio evaluado. Allí se pueden ejecutar los siguientes modelos:

Tabla 1. Modelos del InVEST

| Servicios ecosistémicos de soporte | Servicios finales del ecosistema | |
|---|---|---|
| Calidad de hábitat | Efecto de borde en el carbono forestal | Exposición y vulnerabilidad costera |
| Evaluación de riegos del hábitat | Fijación y almacenamiento de carbono: regulación del clima | Atenuación de olas y reducción de la erosión: protección de la costa (sólo en la versión de ArcGIS) |
| Calidad del agua marina | Fijación y almacenamiento de carbono azul ² : regulación climática | Vistas sin obstáculos: Provisión de la calidad escénica |
| Abundancia de polinizadores: polinización de cultivos | Rendimiento del agua: reservado para la producción hidroeléctrica | Recreación basada en la naturaleza y turismo |
| | Retención de nutrientes: purificación de agua | Producción de madera bajo manejo |
| | Retención de sedimentos: dragado evitado y purificación de agua | Producción de energía de las olas |
| | Biodiversidad | Producción costera excepto energía eólica |
| | Producción de cultivos | Peces marinos, producción acuícola |
| | | Rendimiento hídrico |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en Natural Capital Project (2015)

²Carbono azul: CO₂ capturado por los océanos y los ecosistemas costeros.

2 Servicios ecosistémicos evaluados

De los modelos anteriormente mencionados se seleccionaron 4 (Fijación y almacenamiento de carbono, Rendimiento hídrico, Calidad de hábitat y Biodiversidad), para evaluar los servicios ecosistémicos dentro de la jurisdicción de acuerdo con la disponibilidad de información.

La herramienta usada para ejecutar estos modelos fue ArcGIS. Una herramienta que permite recopilar, organizar, analizar y distribuir información geográfica. La información base fue suministrada por Corpochivor.

2.1 Fijación y almacenamiento de carbono

Este modelo calcula el carbono almacenado en cuatro compartimientos: biomasa aérea, biomasa subterránea, carbono en el suelo y materia orgánica. Utilizando información sobre la cobertura y uso actual de la tierra, el modelo realiza una compilación de la cantidad de carbono almacenado actualmente.

No obstante, para la jurisdicción de Corpochivor, aunque se posee información de las coberturas y uso actual del suelo, no se cuenta con información acerca del carbono almacenado en cada una de estas coberturas. Por tal razón, se utilizó como insumo para este modelo la información de zonas de vida de acuerdo a la clasificación propuesta por Holdridge(1947) . Esto porque ya existen en el país estudios acerca del carbono capturado de acuerdo a la zona de vida. Los valores que finalmente se usaron para evaluar este servicio ecosistémico fueron los referentes a la biomasa aérea por ser éste el compartimiento de mayor representatividad en cuanto al carbono total de la vegetación y por no contar con información suficiente de otros compartimientos.

La información requerida por el software para ejecutar el modelo y la realmente utilizada se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Información base requerida para ejecutar el modelo de fijación de carbono

| Información requerida | Tipo de archivo o formato | Datos usados |
|--|---------------------------|---------------------------------------|
| Clasificación de coberturas de acuerdo a la metodología Corine Land Cover (CLC) | Raster, extensión. Tiff | Zonas de vida. |
| Datos de carbono por uso de suelo (en este caso, por zona de vida) | Tabla extensión .cvs | Datos de carbono de la biomasa aérea. |
| Datos de cosechas (opcional) | Vector extensión .shp | No aplica |
| Escenarios futuros (opcional) | Raster extensión. Tiff | No aplica |

Fuente: Elaboración de South Pole Group. [2016]

Los datos requeridos sobre almacenamiento de carbono por zona de vida (Tabla 3) se obtuvieron del informe “Estimaciones de las reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea en los bosques naturales ubicados en el Sur-Oriente del departamento de Boyacá-Colombia, Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor y su potencial como sumideros de carbono” (Valero N. , 2014) y de la base de datos del IDEAM (Yepes, y otros, 2011) sobre la “Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el período 2005 – 2010”

Tabla 3. Datos de entrada del modelo de fijación y almacenamiento de carbono.

| Cod | Zona de vida | C_aéreo (Mg/ha) | C_subterráneo (Mg/ha) | C_suelo (Mg/ha) | C_Hojarasca(Mg/ha) |
|-----|---|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | Bosque húmedo montano (bh-M) | 68.39 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) | 95.51 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Bosque húmedo pre montano (bh-PM) | 53.63 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | Bosque húmedo tropical (bh-T) | 62.97 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Bosque muy húmedo montano (bmh-M) | 48.58 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) | 121.41 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Bosque muy húmedo pre montano (bmh-PM) | 125.70 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Bosque muy húmedo tropical (bmh-T) | 61.16 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Bosque pluvial montano (bp-M) | 50.01 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | Bosque pluvial pre montano (bp-PM) | 143.66 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Bosque pluvial montano bajo (bp-MB) | 101.52 | 0 | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en (Valero F. , 2014)

2.2 Rendimiento hídrico

Entender las fluctuaciones en cuanto la disponibilidad hídrica producto de la variabilidad climática anual en una cuenca hidrográfica es de vital importancia para el adecuado manejo de las mismas. Para realizar este análisis es necesario conocer el comportamiento de la precipitación, evapotranspiración, drenaje del suelo, geomorfología, entre otros factores que influyen la disponibilidad hídrica en una cuenca hidrográfica.

El modelo desarrollado por InVEST cuantifica la contribución relativa de ciertas “parcelas” o píxeles de terreno a la generación de flujo base (muy importante en épocas de sequías) y la generación del flujo pico (relevante en eventos fuertes de precipitación). Para evaluar estos atributos, se utilizaron las variables descritas en la Tabla 4.

Tabla 4: Información base para generar el modelo de rendimiento hídrico

| Información requerida | Tipo de archivo | Datos usados |
|---|-------------------------|--|
| Precipitación mensual | Raster, extensión. Tiff | 12 archivos Raster (uno para cada mes del año) descargados de la base de datos de WorldClim |
| Evapotranspiración mensual | Raster, extensión. Tiff | 12 archivos Raster (uno para cada mes del año) calculados a partir de la Temperatura media (de la base de datos de WorldClim) |
| Modelo de elevación digital (DEM) | Raster | Modelo de Elevación digital suministrado por CORPOCHIVOR |
| Clasificación Corine Land Cover (CLC) | Raster, extensión. Tiff | Coberturas terrestres según clasificación IDEAM suministradas por CORPOCHIVOR |
| Grupos de suelos hidrológicos³ | Raster, extensión. Tiff | Calculado a partir de la información de suelos suministrada por CORPOCHIVOR |
| Cuencas | Vector, extensión .shp | Suministrado por CORPOCHIVOR |
| Información biofísica | Excel, extensión .cvs | Curvas de escorrentía (CN) por cada tipo de suelo y valores mensuales del coeficiente único de cultivo (Kc) |
| Tabla de eventos de precipitación mayores a 0.1 mm para cada mes | Excel, extensión .cvs | Se incluyeron como eventos de lluvia el número de días con lluvia para cada mes, promediados de la información de las estaciones climatológicas del IDEAM presentes en la zona |
| Límite de flujo acumulado | Valor | Valor por defecto del modelo: 1,000 |
| Parámetros a.b.c | Valor | Valores por defecto: 1/12, 1, 1 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en Natural Capital Project (2015)

El modelo contenido en el INVEST tiene en cuenta dos enfoques en relación con el balance de agua en cada pixel⁴. El primero reconoce que la cantidad neta de agua generada en un píxel es igual a la precipitación menos la pérdida por la evapotranspiración, y por tanto puede ser negativa si la evapotranspiración es mayor. Este enfoque no tiene en cuenta la pérdida de agua por infiltración. El segundo enfoque evalúa la contribución de un pixel determinando el agua que se convierte en escorrentía; y si el agua generada es totalmente evaporada, la contribución es tomada como nula.

El primer enfoque se centra en evaluar el efecto de la cobertura (para este trabajo se usa cobertura de la tierra como equivalente del uso) sobre el balance hídrico, mientras que el segundo se enfoca en la posición topográfica del pixel en el terreno y al potencial de generación de agua para ser consumida antes de convertirse

³ Los grupos de suelos hidrológicos se definen de acuerdo al valor mínimo de la tasa de infiltración cuando esta alcanza un valor estable. Es decir, cuando el suelo se encuentra totalmente saturado (MIDS, 2014).

⁴ Menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital

en escorrentía⁵. Teniendo en cuenta estos dos enfoques, el modelo calcula una serie de índices para evaluar el flujo base, el flujo pico y la recarga de los acuíferos.

Dentro del modelo de rendimiento hídrico se calcularon los siguientes valores asociados al comportamiento de flujos y caudales:

- **Flujo rápido (QF) o flujo por escorrentía superficial:** definido como la generación de flujo con un tiempo de residencia en la cuenca de horas a días.
- **Curva de escorrentía (CN):** los valores de CN son calculados de acuerdo a la cobertura y al tipo de suelo e indican la cantidad de precipitación que se pierde por escorrentía.
- **Recarga local (L):** representa los lugares en los cuales se realizan las recargas locales, es decir, el flujo base potencial.
- **Flujo base real (B):** definido como la generación de flujo con tiempos de residencia en la cuenca de meses hasta años. Representa la contribución de un pixel al flujo o caudal base que no es evaporado antes de que alcance la corriente.
- **Flujo base acumulado (B sum) y Recarga acumulada (L sum):** representan el caudal a través de un pixel en el cual confluyen todos los pixeles pendientes arriba, el cual no es evaporado antes de que llegue a la corriente (B sum) pero que está disponible para ser evaporada (L sum).
- **Agua disponible en un pixel (L sum avail):** se refiere al agua disponible en un pixel al cual contribuyen todos los pixeles de la pendiente arriba, y por lo cual, está disponible para la evapotranspiración en el mismo pixel.
- **Recarga (Vri):** determina si la contribución del pixel es positiva o negativa dentro de la recarga total.

2.2.1 Evapotranspiración

A partir del raster de temperatura media mensual descargado de WorldClim – Global Climate Data⁶ y usando el método de Thornthwaite (Almorox, 2010), se obtuvieron datos de evapotranspiración potencial mensual. Los cálculos se realizaron utilizando la herramienta “raster calculator” de ArcGIS y la Ecuación 1.

$$e = 16(10 * tm/l)^a$$

Ecuación 1

$$l = \sum \left(\frac{tm}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 0.000000675 * l^3 - 0.0000771 * l^2 + 0.01792 * l + 0.49239$$

e = evapotranspiración (mm)

tm = temperatura media en °C

l = índice de calor anual

⁵Información adicional sobre el funcionamiento del modelo se encuentra en: http://data.naturalcapitalproject.org/nightly-build/invest-users-guide/html/seasonal_water_yield.html?highlight=water%20yield

⁶ Información de libre uso. Disponible en <http://www.worldclim.org>

2.2.2 Grupos de suelos hidrológicos

Se determinaron a partir de la información de suelos suministrada por Corpochivor de acuerdo a la textura de cada suelo Tabla 5. Esta clasificación depende de su potencial de escurrimiento siendo los de clase A los que tienen mayor capacidad de infiltración y los suelos tipo D los de menor capacidad (MIDS, 2014).

Tabla 5. Clasificación hidrológica de los suelos de acuerdo a la textura.

| Textura del suelo | Grupo de suelo hidrológico | Tasa de infiltración (pulgadas/hora) |
|---|----------------------------|--------------------------------------|
| Arenoso, arenoso-franco, franco-arenoso | A | 0.8-1.6 |
| Franco, franco limoso | B | 0.3 |
| Franco-arcillo-arenoso | C | 0.2 |
| Franco-arcilloso, arcillo-arenoso, arcillo-limoso, franco-arcillo-limoso, arcilloso | D | 0.06 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en MIDS (2014)

Se definió esta clasificación para cada tipo de suelo dentro de la Corporación creando un raster a partir de los suelos base.

2.2.3 Información biofísica

Los datos biofísicos necesarios dependen de la clasificación de la cobertura de la tierra. A cada tipo de cobertura se le asignó el número de curva de escurrimiento (CN) de acuerdo al valor definido por el departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) (2004) al realizar una equivalencia entre las coberturas descritas.

El valor Kc (coeficiente único de cultivo) define la capacidad del cultivo para evapotranspirar. El Kc depende del estado de madurez de la cobertura vegetal (etapa de crecimiento), el albedo, las propiedades aerodinámicas y las características de las hojas. El coeficiente compara cada cultivo con un pasto de referencia que tiene un valor de 1 (FAO, 2006). Para el desarrollo del modelo se utilizaron valores de Kc para cada una de las coberturas según los valores definidos el USDA (2004) (

Tabla 6).

Tabla 6. Cobertura equivalente a la clasificación de la tierra según IDEAM.

| Descripción | Cobertura equivalente ⁷ (Condición hidrológica ⁸) | Valores Kc |
|-----------------------|--|------------|
| Pasto | Pasture, grassland or range continuous forage for grazing (razonable) | 0.8 |
| Vegetación secundaria | Woods (razonable) | 1 |
| Arbustos | Brish-brush forbs grass mixture (razonable) | 0.8 |

⁷ Se refiere a la equivalencia entre las coberturas definidas por CORPOCHIVOR y las definidas por el USDA (USDA, 2004)

⁸La condición hidrológica se basa en una combinación de factores que afectan la infiltración y la escurrimiento, incluyendo la cobertura de copa de la vegetación, porcentaje de cobertura del suelo por residuos vegetales, y dureza de la superficie.

Pobre: La cobertura afecta la infiltración y por ende se propicia la escurrimiento.

Buena: Las condiciones de la vegetación promueven la infiltración y disminuyen la escurrimiento.

Razonable: Condición intermedia entre las categorías anteriores.

| Descripción | Cobertura equivalente ⁷ (Condición hidrológica ⁸) | Valores Kc |
|----------------------|--|------------|
| Zonas urbanas _agua | Farmstead--buildings, lanes, driveways, and surrounding lots | 0.4 |
| Tierras agr het | Wood grass combination (buena) | 0.7 |
| Páramo | Meadow- continuos grass protected from grazing and generally mowed for hay | 1 |
| Plantación forestal | Woods (pobre) | 1 |
| Invernaderos | row crops straight row (buena) | 0.4 |
| Cultivos permanentes | Row crops -straight row (pobre) | 0.7 |
| No Data | NA | 0.01 |
| Bosque natural | woods (buena) | 1 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en la información del USDA (2004)

2.2.4 Eventos de lluvia

Los eventos de lluvia en la región, se obtuvieron de la base de datos promedios climatológicos de IDEAM 1981 - 2010 como un promedio de los días lluviosos en los municipios dentro de la jurisdicción de Corpochivor de los cuales había información disponible, y se describen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Información de eventos de lluvia.

| Mes | Días de lluvia |
|------------|----------------|
| Enero | 6 |
| Febrero | 8 |
| Marzo | 12 |
| Abril | 17 |
| Mayo | 19 |
| Junio | 18 |
| Julio | 18 |
| Agosto | 17 |
| Septiembre | 16 |
| Octubre | 18 |
| Noviembre | 16 |
| Diciembre | 10 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en IDEAM (2010)

2.3 Calidad de hábitat

Este modelo combina la información de la cobertura de la tierra (definidas según IDEAM como: bosques naturales, páramos, arbustales y vegetación secundaria) y las amenazas hacia la biodiversidad para producir un

mapa de calidad del hábitat. La calidad del hábitat se refiere a la habilidad de un ecosistema de mantener las condiciones apropiadas para la persistencia de un individuo o una población. El modelo genera información útil para evaluar el estado de conservación de una zona al analizar la extensión relativa de la degradación en los diferentes tipos de hábitat.

La degradación del hábitat usualmente se asocia con la cercanía a los asentamientos humanos y con la intensidad de los usos de la tierra. El modelo evalúa las amenazas de forma aditiva y no asume que el efecto de varias de estas simultáneamente puede generar un efecto mayor.

En la Tabla 8 se presenta la información requerida para ejecutar este modelo.

Tabla 8. Información base para ejecutar el modelo de calidad de hábitat.

| Información requerida | Tipo de archivo | Datos usados |
|--|-------------------------|---|
| Clasificación CLC | Raster, extensión. Tiff | Coberturas de la tierra según clasificación IDEAM suministradas por CORPOCHIVOR |
| Clasificación CLC futura (opcional) | | No aplica |
| Clasificación CLC línea base (opcional) | | No aplica |
| Definir cuáles coberturas son las que se clasifican como hábitats: 1=si, 0=no | Excel, extensión .cvs | Tabla 9. Información tabla de sensibilidad. |
| Sensibilidad | Excel, extensión .cvs | |
| Raster de cada amenaza | Raster extensión. Tiff | Se creó un raster para las vías, las zonas urbanas, las pendientes y las zonas agrícolas. Estos raster tienen valor de 1 donde se encuentra la amenaza y 0 en el área restante. |
| Acceso a las fuentes de degradación | Vector, extensión .shp | Archivo shape de las áreas protegidas de CORPOCHIVOR donde las áreas protegidas tienen un valor de 0 que indica un menor acceso |
| Amenazas | Excel, extensión .cvs | Tabla 10. Información tabla de amenazas |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en Natural Capital Project (2015)

En la Tabla 9 se presentan los datos de clasificación de la cobertura en cuanto a su calidad de hábitat, los cuales fueron definidos por el equipo forestal de trabajo. En cuanto a cobertura de la tierra se asignaron valores de 1 a las coberturas consideradas hábitat, (arbustales, vegetación secundaria, páramos y bosques naturales) y de 0 a coberturas que no se consideran hábitats. Para las amenazas evaluadas: vías, zonas urbanas, pendiente y agricultura, se estableció el grado de exposición de las diferentes coberturas a cada amenaza, asignando un valor de 0 para una baja exposición y de 1 para una alta exposición. En el caso de las pendientes, se determinó que, a menor inclinación del terreno, hay mayor amenaza debido a mayor facilidad de acceso.

Tabla 9. Información tabla de sensibilidad utilizada para el modelo de Calidad de hábitat.

| Cod | Nombre | hábitat | Amenaza | | | |
|-----|--------------------------------|---------|---------|---------------|-----------|-------------|
| | | | vías | zonas urbanas | Pendiente | Agricultura |
| 1 | Pasto | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | Vegetación secundaria | 1 | 0.9 | 0.7 | 0.8 | 0.6 |
| 3 | Arbustales | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.7 |
| 4 | Zonas urbanas-agua | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | Tierras agrícolas heterogéneas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | Páramo | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | Plantación forestal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | Invernaderos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | Cultivos permanentes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | Bosque natural | 1 | 1 | 0.8 | 0.6 | 0.9 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group basada en Natural Capital Project (2015)

La Tabla 10 contiene información acerca de la máxima distancia (MAX_DIST) en la cual las amenazas causan efecto. Se usó un valor entre 0 y 1 para darle un peso de importancia a cada amenaza (WEIGHT) y además se definió la forma en que el efecto decae (DECAY) con la distancia (en forma exponencial o lineal).

Tabla 10. Información tabla de amenazas utilizada para el modelo de Calidad de hábitat.

| Amenaza | Max_Dist | Weight | Decay |
|---------------|----------|--------|-------------|
| Vías | 4 | 1 | lineal |
| Zonas urbanas | 7 | 0.5 | exponencial |
| Pendiente | 7 | 0.5 | exponencial |
| Agricultura | 4 | 0.7 | lineal |

Fuente: Elaboración de South Pole Group basada en Natural Capital Project (2015)

2.4 Biodiversidad

Este servicio se evaluó a través del modelo InVEST de biodiversidad (basado en la metodología GLOBIO desarrollada por las Naciones Unidas para modelar los impactos humanos sobre la biodiversidad (Alkemade, y otros, 2009). El modelo provee un índice de biodiversidad de acuerdo a la Abundancia Media de Especies (MSA por sus siglas en inglés), mejorando el enfoque de la curva especies-área debido a que genera estimaciones

acumuladas sobre la densidad de especies evaluando algo más que la sola presencia de especies; además incluye información del impacto de la fragmentación y amenazas por la implementación de nueva infraestructura.

La metodología GLOBIO evalúa la abundancia media de especies (estimada entre 0 a 1 a través de la Ecuación 2), indicando el cambio proporcional en la abundancia de especies en un lugar, comparado con el mismo lugar bajo condiciones de vegetación prístina (Alkemade, y otros, 2009).

$$MSA_i = MSA_{lui} * MSA_{Ii} * MSA_{Fi}$$

Ecuación 2

MSA_i = Abundancia media de especies

MSA_{lui} = considera la clasificación del uso de la tierra, para este trabajo se usaron coberturas de la tierra.

MSA_{Ii} = considera proximidad a la infraestructura

MSA_{Fi} = considera la fragmentación

Tabla 11. Información base para ejecutar el modelo de Biodiversidad.

| Información requerida | Tipo de archivo | Datos usados |
|--|--|---|
| Clasificación de uso actual de la tierra | Raster extensión. Tiff | Mapa de coberturas (equivalente a usos de la tierra) según clasificación IDEAM suministrado por Corpochivor |
| Clasificación de uso de la tierra futura (opcional) | | No aplica |
| Infraestructura | Raster extensión. Tiff o Vector extensión .shp | Se usaron los raster de vías y zonas urbanas |
| Landcover to GLOBIO landcover | Tabla extensión .cvs, | Usado para transformar la clasificación de coberturas de la tierra IDEAM a la que necesita el modelo. |
| Mapa de pastos | Raster extensión. Tiff | Se extrajo los pastos de la clasificación inicial |
| Mapa de vegetación potencial | Raster extensión. Tiff | Se usó el mapa de cobertura vegetal natural potencial recomendado por el modelo y descargado del sitio web: http://daac.ornl.gov/ . Para la zona solo se identificó un uso potencial: bosque tropical siempre verde, esto debido a la escala en que se trabajó. |
| Límite primario bosque | Valor | Valor entre 1 y 0 que determinara índice de calidad de fragmentación del bosque, es la probabilidad de que la celda sea bosque secundario. Se obtuvo de los datos de estimación de biomasa con un valor de 0.07 (Valero F. , 2014) |

| Información requerida | Tipo de archivo | Datos usados |
|---|------------------------|--|
| Límite de pasto | Valor | Valor entre 1 y 0 que indica la probabilidad de que la celda sea pasto. Se obtuvo de los datos de estimación de biomasa con un valor de 0.65 (Valero F. , 2014) |
| Proporción de agricultura intensificada | Valor | Valor entre 0 y 1 que indica la proporción de agricultura que es desarrollada de manera intensiva. Se obtuvo de los datos de estimación de biomasa con un valor de 0.14 (Valero F. , 2014) |
| AOI-Área de interés (opcional) | Vector extensión .shp | Límite de Corpochivor |
| MSA | Excel, extensión .cvs, | Estándar del modelo, se cambiaron los valores de la clasificación. |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en Natural Capital Project (2015).

Para la transformación de coberturas de la tierra del IDEAM a código GLOBIO, se usó información de InVEST, donde a las clases de bosques se les asignó el código 130, a los pastos y arbustos el código 131, a la agricultura el código 132, y a las áreas urbanas el código 10.

Tabla 12. Información tabla para pasar a uso GLOBIO.

| Código | Clase de Cobertura | Código en GLOBIO |
|--------|-----------------------|------------------|
| 1 | Pasto | 131 |
| 2 | Vegetación Secundaria | 130 |
| 3 | Arbustales | 131 |
| 4 | Zonas Urbanas | 10 |
| 5 | Tierras Agricultura | 132 |
| 6 | Páramo | 130 |
| 7 | Plantación Forestal | 132 |
| 8 | Invernaderos | 132 |
| 9 | Cultivos Permanentes | 132 |
| 10 | No Data | 1 |
| 11 | Bosque Natural | 130 |

Fuente: Elaboración de South Pole Group, basada en The Natural Capital Project (2015)

La tabla de abundancia media de especies es la tabla presentada por Alkemade y otros (2009) en su modelo GLOBIO 3, estos valores pueden ser modificados en caso de tener datos específicos de la zona de trabajo. Los valores de *MSA i primaria* se refiere a los bosques de la zona, *MSA i other* se refiere a los pastos y cultivos, *MSA_f* evalúa la fragmentación de los diferentes ecosistemas y por último el *MSA_lu* presenta la evaluación en las diferentes clases de GLOBIO.

Tabla 13. Información tabla MSA usada para el modelo de Biodiversidad.

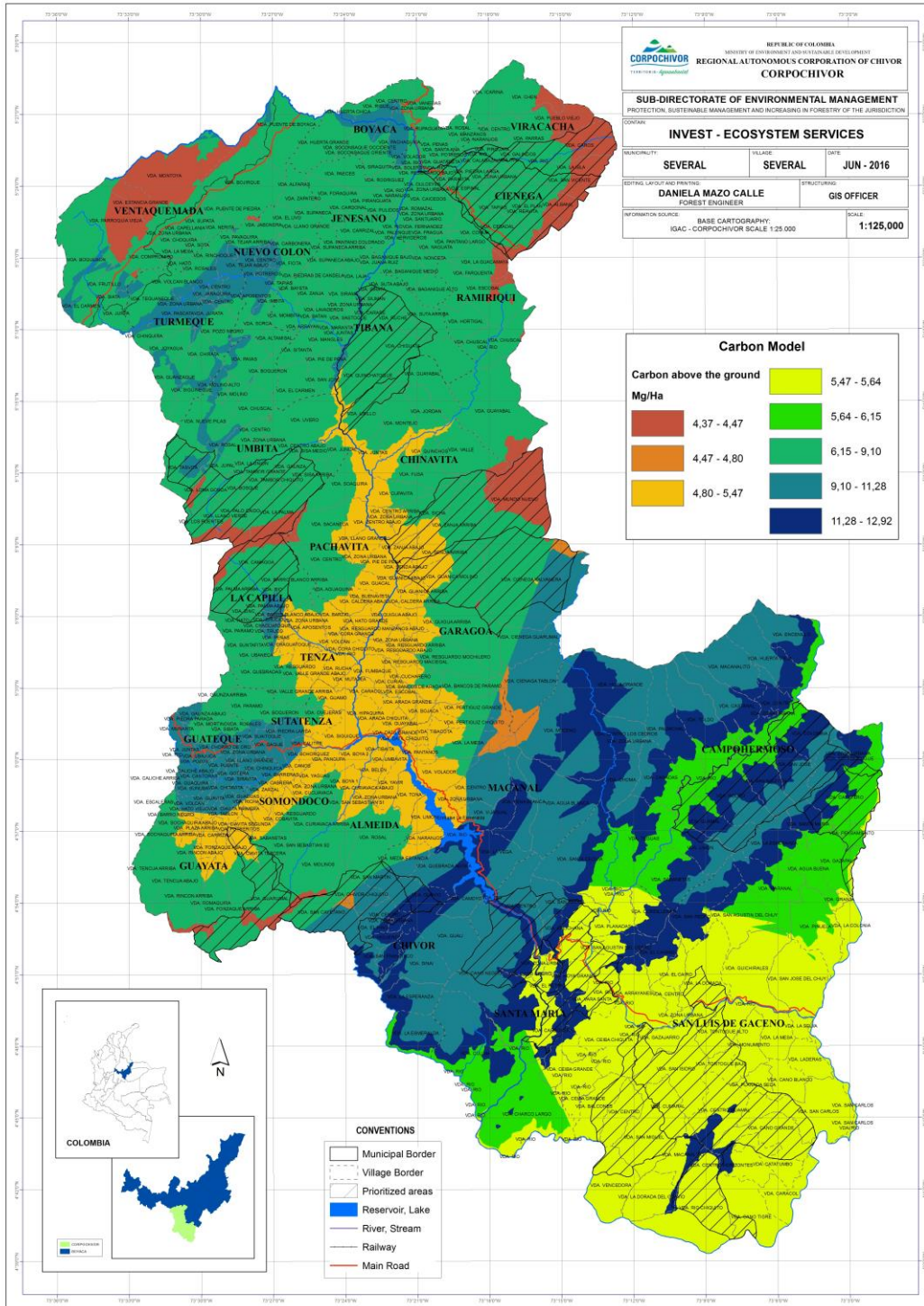
| Tipo de MSA | Medida | Valor | MSA_x | Error Estándar |
|----------------|--------------------|-------------|-------|----------------|
| msa_i_primaria | Distancia (m) | <1000 | 0.4 | 0.22 |
| msa_i_primaria | Distancia (m) | 1000-4000 | 0.8 | 0.13 |
| msa_i_primaria | Distancia (m) | 4000-14000 | 0.9 | 0.06 |
| msa_i_primaria | Distancia (m) | >14000 | 1 | 0.02 |
| msa_i_other | Distancia (m) | <500 | 0.4 | 0.22 |
| msa_i_other | Distancia (m) | 500-2000 | 0.8 | 0.13 |
| msa_i_other | Distancia (m) | 2000-7000 | 0.9 | 0.06 |
| msa_i_other | Distancia (m) | >7000 | 1 | 0.02 |
| msa_f | FFQI ⁹ | < 0.43 | 0.3 | 0.15 |
| msa_f | FFQI | 0.43 - 0.58 | 0.6 | 0.19 |
| msa_f | FFQI | 0.58 - 0.90 | 0.7 | 0.19 |
| msa_f | FFQI | 0.90 - 0.98 | 0.9 | 0.2 |
| msa_f | FFQI | 0.98 - 0.99 | 0.95 | 0.2 |
| msa_f | FFQI | 0.99 - 1 | 1 | 0.2 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 1 | 1 | <0.01 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 2 | 0.7 | 0.07 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 3 | 0.5 | 0.03 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 4 | 0.2 | 0.04 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 5 | 0.7 | 0.05 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 6 | 0.1 | 0.07 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 7 | 0.5 | 0.06 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 8 | 0.3 | 0.12 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 9 | 0.1 | 0.08 |
| msa_lu | Clase de Cobertura | 10 | 0.05 | na |

Fuente: Elaboración de South Pole Group basada en Alkemade (2009)

⁹Índice de Calidad de la Fragmentación Forestal (Fragmented Forest Quality Index)

3 Resultados

3.1 Fijación y almacenamiento de carbono: Regulación Climática



Mapa 1: Modelo de Fijación y almacenamiento de carbono. El modelo muestra los valores en Megagramos (Mg/ha)

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

El Mapa 1 ilustra la cantidad de carbono almacenado (por encima del suelo) en el área de jurisdicción Corpochivor según las zonas de vida.

Las áreas con menores reservas de carbono se encuentran en la zona de vida Bosque muy húmedo montano con valores de hasta 48.57 Mg/ha. Esta zona de vida se encuentra principalmente en los municipios de Ventaquemada, Viracachá y Ciénaga. El 38% de los municipios en la jurisdicción de Corpochivor se encuentra en las zonas de vida Bosque húmedo montano bajo y Bosque húmedo montano, las cuales presentan valores de carbono entre 68.33 y 101.14 Mg/ha. Finalmente, las zonas de vida con mayor almacenamiento de carbono son Bosque muy húmedo premontano y Bosque pluvial premontano con valores entre 125.38 y 143.65 Mg/ha; presentes en los municipios de Chivor, Macanal y Campohermoso,

La mayoría del área en jurisdicción presenta valores de reserva de carbono entre 68 y 143 Mg/ha. Éstas reservas son más bajas que las reportadas por Phillips y otros (2016) en la más reciente estimación de la reserva de carbono en los bosques naturales de Colombia, la cual fue en promedio de 226.9 Mg/ha para todo el país.

3.2 Rendimiento hídrico

3.2.1 Flujo rápido (QF)

En el Mapa 2 se presentan los valores de flujo hídrico en milímetros con un tiempo de residencia en la cuenca desde horas a días. La jurisdicción de Corpochivor presenta valores de flujo rápido entre 0 a 1,000 mm en la mayor parte de su territorio (áreas verdes en el Mapa 2) y alcanza un máximo de 5,039.46 mm en las zonas con presencia de quebradas. Las zonas de tierras agrícolas y las áreas no categorizadas (debido a defectos de las imágenes satelitales) presentan valores negativos en algunos sectores (áreas azules).

Los valores de flujo rápido muestran cómo las partes más bajas de la jurisdicción, entre los municipios de San Luis de Gaceno y Santa María son las que tienen mayor flujo de escurrimiento después de eventos de lluvia, es decir, son las zonas que llegan a su capacidad de carga más rápidamente y por lo cual son más sensibles a potenciales eventos de inundación, estos últimos se encuentran en las áreas priorizadas.

3.2.2 Recarga local (L)

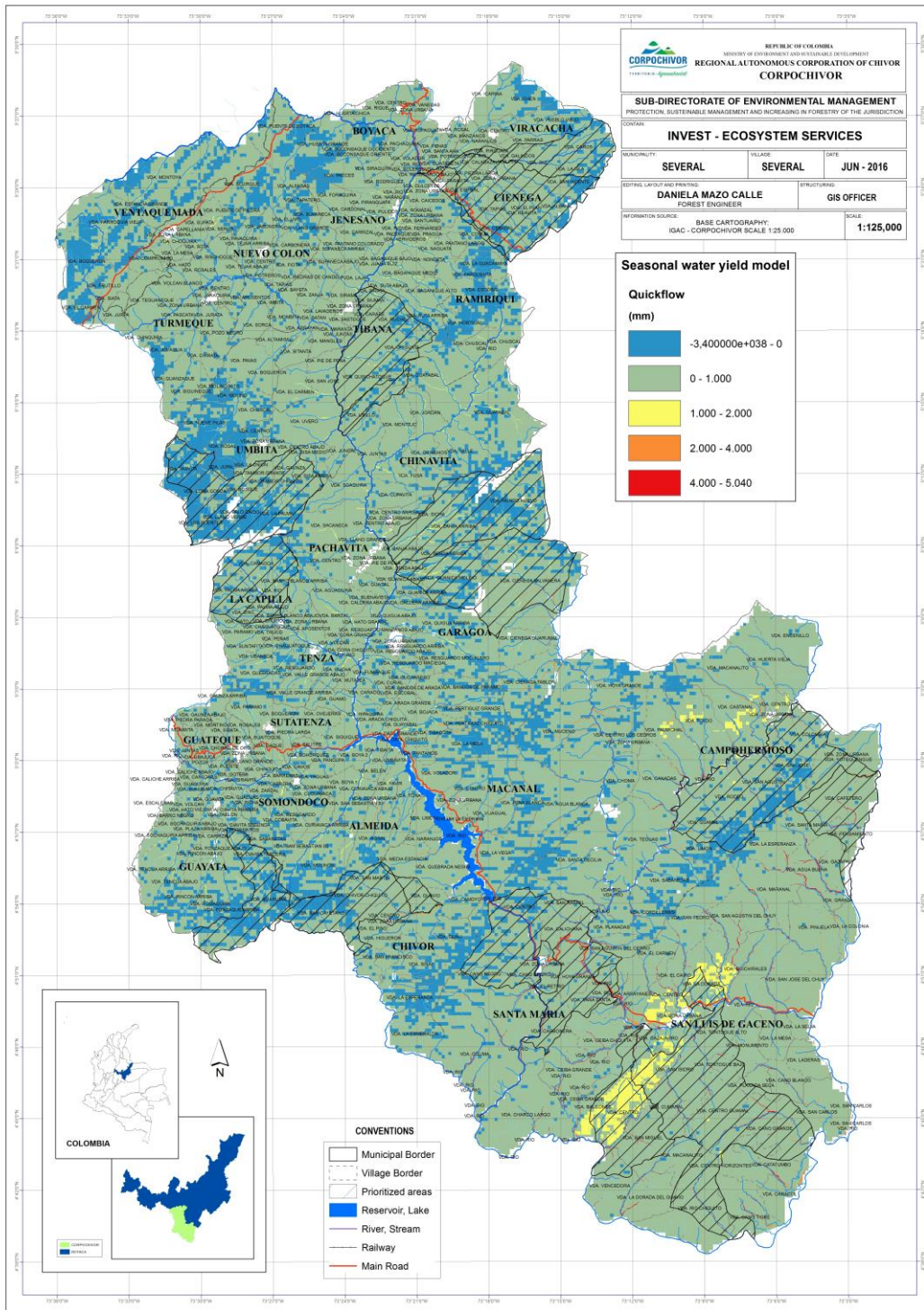
La recarga local (o contribución potencial al flujo base) se muestra en el Mapa 3. Allí se observa que los valores más altos (5,000 mm) se encuentran en los municipios de Campohermoso, Santa María y San Luis de Gaceno, municipios que se encuentran dentro de las áreas priorizadas, y los valores más bajos (800 mm) se presentan en los municipios de Boyacá, Ventaquemada, Turmequé, Nuevo Colón, Tibaná, Úmbita, Viracachá, Ciénaga de los cuales solo los dos últimos hacen parte de las áreas priorizadas del proyecto.

En general, el mapa muestra que todos los lugares están disponibles para recargas, con lo cual se deduce que en el área hay usualmente un aporte a las aguas subterráneas y consecuente aporte a la red de drenaje natural.

3.2.3 Flujo base real (B)

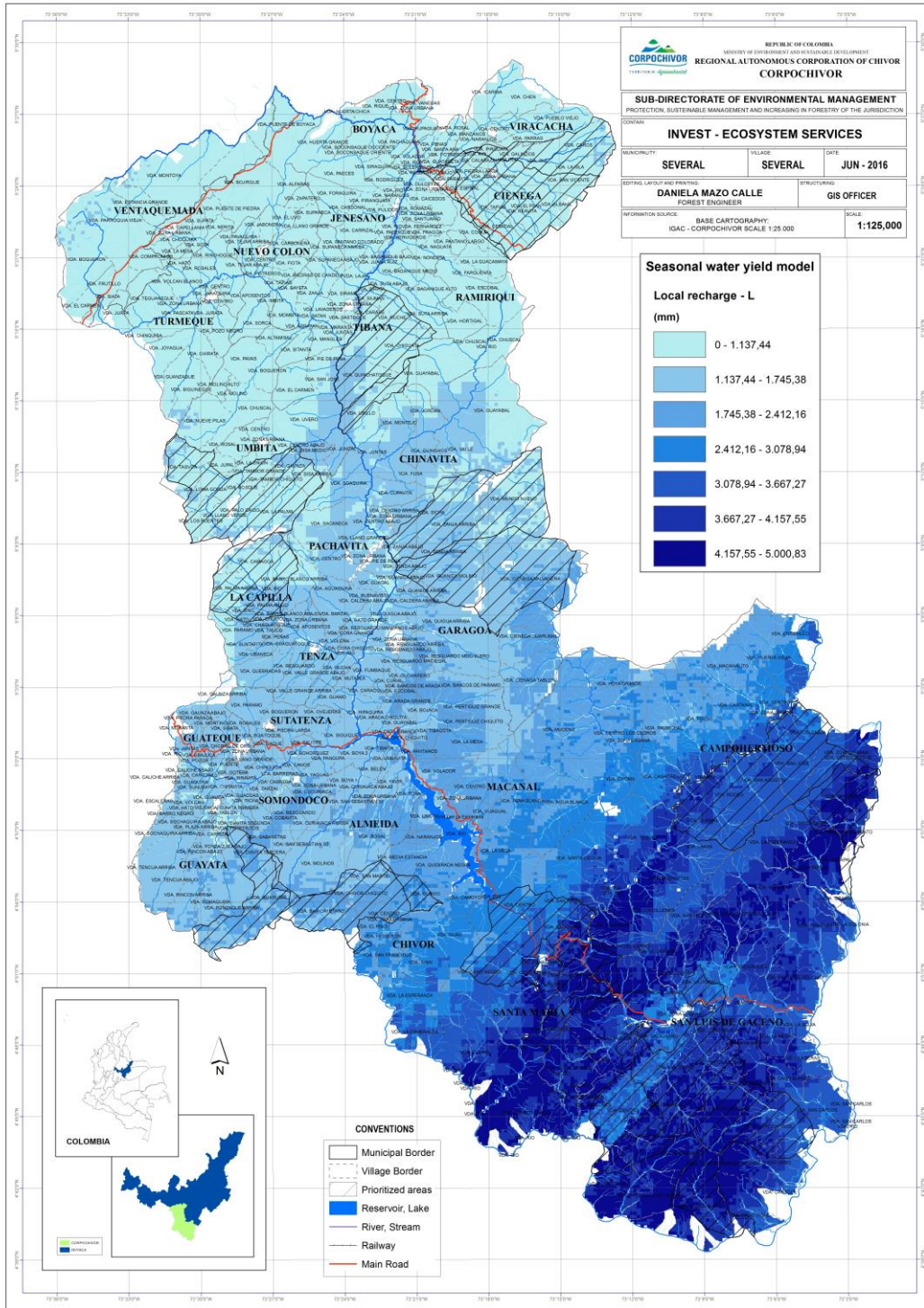
Se presentan mayores contribuciones al flujo base en los municipios de Campohermoso, Santa María y San Luis de Gaceno (Mapa 4), parte baja de la jurisdicción de Corpochivor donde se encuentran algunas de las

áreas priorizadas. La tendencia es muy similar a la encontrada en la recarga local y recarga local disponible (Mapa 3), las zonas con menores elevaciones presentan los mayores niveles de aguas subterráneas y, por ende, mayor caudal base.



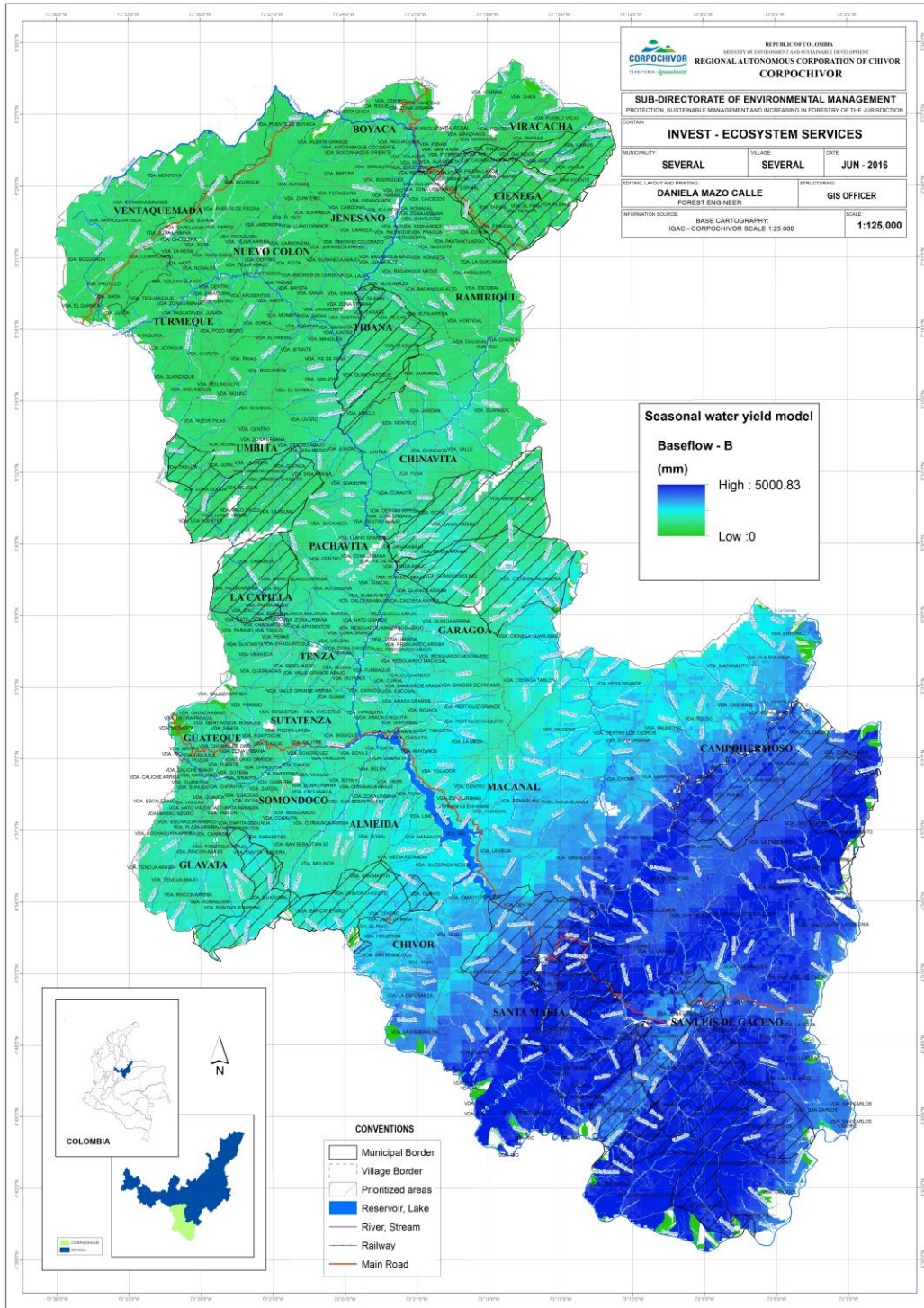
Mapa 2: Modelo de rendimiento de agua, valores de flujo rápido – QF

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]



Mapa 3: Modelo de rendimiento de agua, valores recarga local (L) y recarga local disponible (L avail)

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

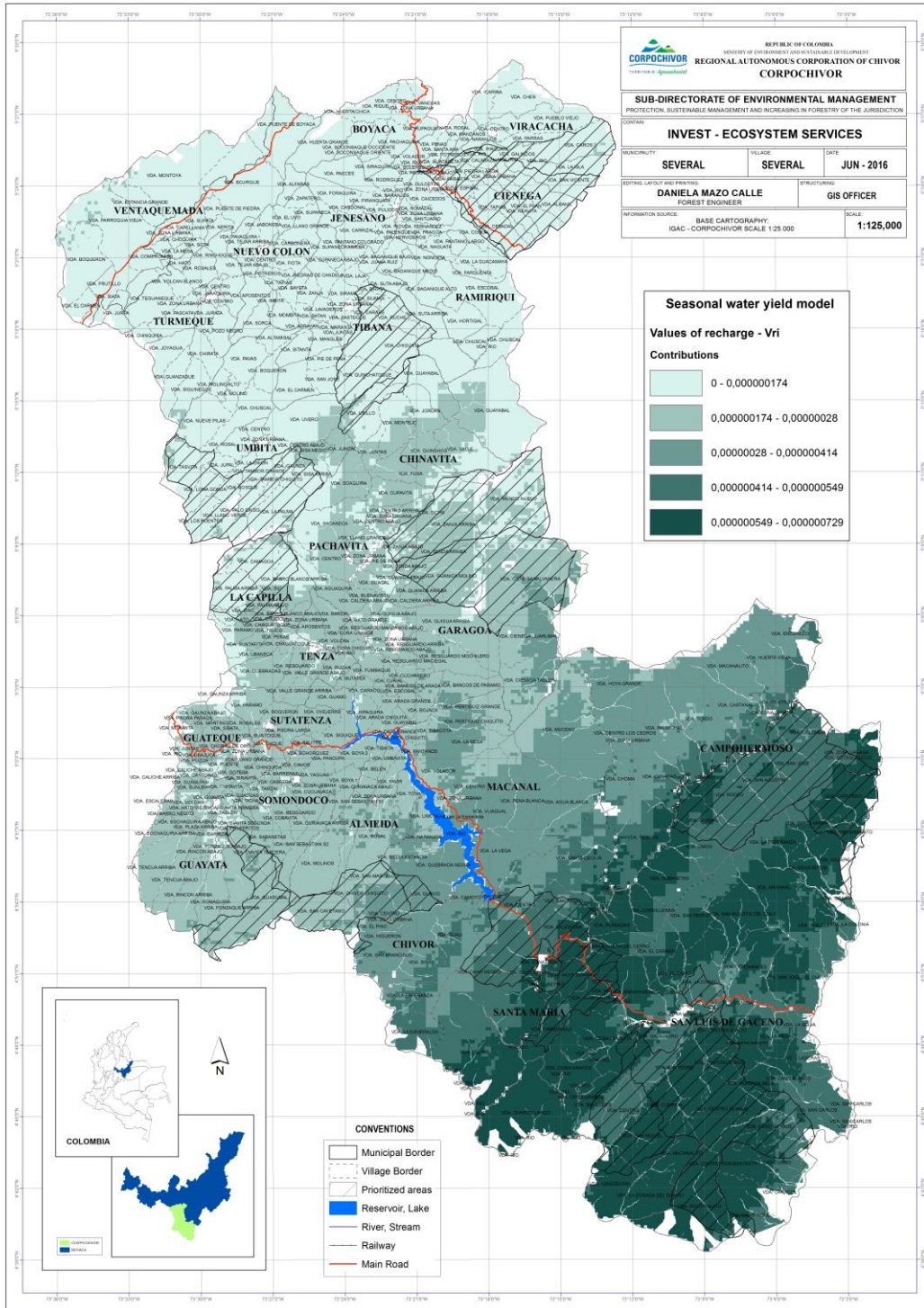


Mapa 4: Resultado modelo de rendimiento de agua, valores de Flujo base real – B.

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

3.2.4 Recarga (Vri)

El Mapa 5 muestra como todos los valores de recarga son positivos, pero muy cercanos a cero en las partes altas de la jurisdicción, donde se encuentran las áreas priorizadas de los municipios de Viracachá y Ciénaga. Es decir, a medida que los pixeles se encuentran en menores altitudes, aportan mayor cantidad de agua a la recarga total del área dentro de la jurisdicción de Corpochivor.



Mapa 5: Modelo de rendimiento de agua, valores de recarga (Vri).

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

3.2.5 Flujo base promedio anual y recarga por cuenca

En la Tabla 14 se presentan los valores de flujo base promedio anual y el porcentaje de aporte en la recarga total de cada una de las cuencas que hay dentro de la jurisdicción de Corpochivor. A pesar de que la cuenca del río Garagoa es la más grande de la jurisdicción y cuenta con algunas áreas de páramos, su flujo base es bajo (1,339 mm anuales) con respecto al de las demás cuencas, éste fenómeno puede deberse a que la mayor parte de su área está cubierta de pastos para ganadería (36.7 %) y zonas agrícolas (24.1%), causando un caudal más inestable a pesar de tener más del 39% de recarga.

La cuenca del río Lengupá es la segunda cuenca con mayor área en la jurisdicción (se encuentra en los municipios de San Luis de Gaceno, Santa María, Campohermoso, Macanal, Garagoa, Chinavita y Ramiquirí) y tiene cerca 36% de recarga. En contraste con la cuenca del río Garagoa, su flujo base anual es alto, alcanzando los 3,021 mm/año. Por otro lado, la cuenca de Guavio Bajo (ubicada en los municipios de Guatavita, Machetá, Manta, Somondoco y Almeida en el departamento de Boyacá y otros tantos en el departamento de Cundinamarca) presenta el mayor caudal base promedio anual (3,958 mm/año) en la región, esto por encontrarse en la zona más baja de la cuenca donde las recargas del acuífero son mayores.

Tabla 14. Información flujo base anual por cuenca dentro de CORPOCHIVOR.

| Cuenca | Área (ha) | Flujo base promedio anual (mm) | Recarga (%) |
|-------------|-----------|--------------------------------|-------------|
| LENGUPA_2 | 326 | 938.1 | 0.0 |
| GUAVIO ALTO | 9,298 | 2,675.3 | 3.7 |
| UPIA | 13,427 | 3,782.2 | 7.6 |
| GUAVIO BAJO | 24,012 | 3,958.8 | 13.7 |
| LENGUPA-1 | 75,132 | 3,020.7 | 35.6 |
| GARAGOA | 188,774 | 1,339.4 | 39.4 |

Fuente: Elaborado por South Pole Group [2016]

3.3 Calidad de hábitat

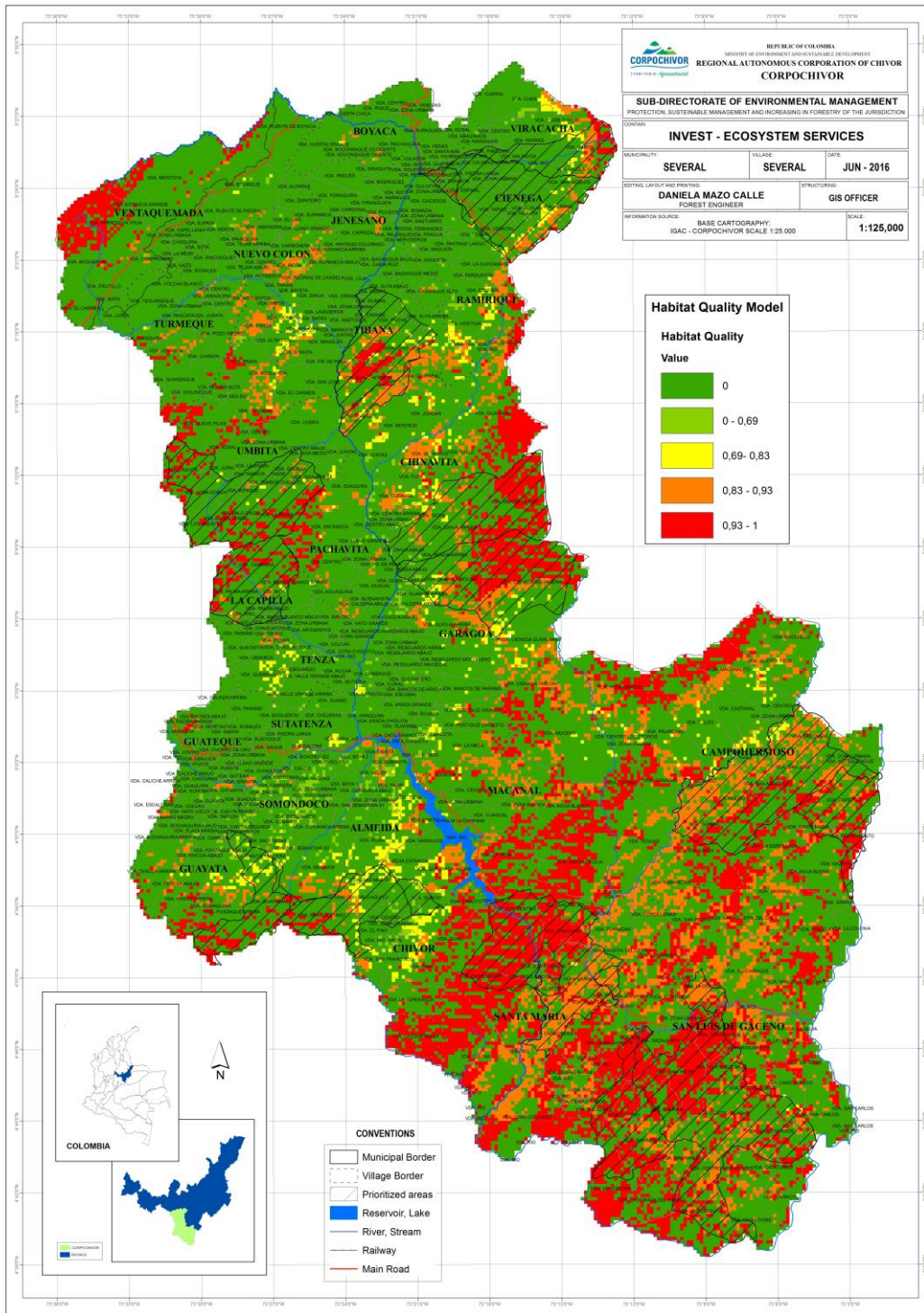
De las coberturas usadas: bosques naturales, páramos, arbustales y vegetación secundaria; las áreas que se muestran en colores rojos en el Mapa 6 son los que presentan mejor calidad de hábitat. Por ejemplo, se puede observar que las zonas de páramos, al igual que algunas zonas de bosque natural presentes en la parte baja de la jurisdicción (municipios de Santa María y San Luis de Gaceno) presentan valores cercanos a 1, es decir, alta calidad. Seguidamente, las áreas naranjas y amarillas pertenecen a coberturas de bosques con vegetación secundaria, arbustales y a áreas remanentes de bosque natural con una calidad de hábitat medianamente alta.

En contraste, los hábitats de menor calidad, con valores menores a 0.69, se presentan en las áreas de bosques más cercanas a las áreas de cultivos permanentes y tierras agrícolas. A los demás ecosistemas (pastos y tierras agrícolas) se les asignó un valor de 0 debido a las coberturas y usos de la tierra asociados, asumiendo una baja calidad de hábitat.

En adición, otro de los resultados de este modelo es la evaluación de la degradación del hábitat, ilustrado en el Mapa 7. Los valores altos indican mayor degradación del hábitat en esa celda (lugar) en comparación con el resto del paisaje. Se presenta degradación en las áreas de bosques fragmentados que se encuentran rodeados

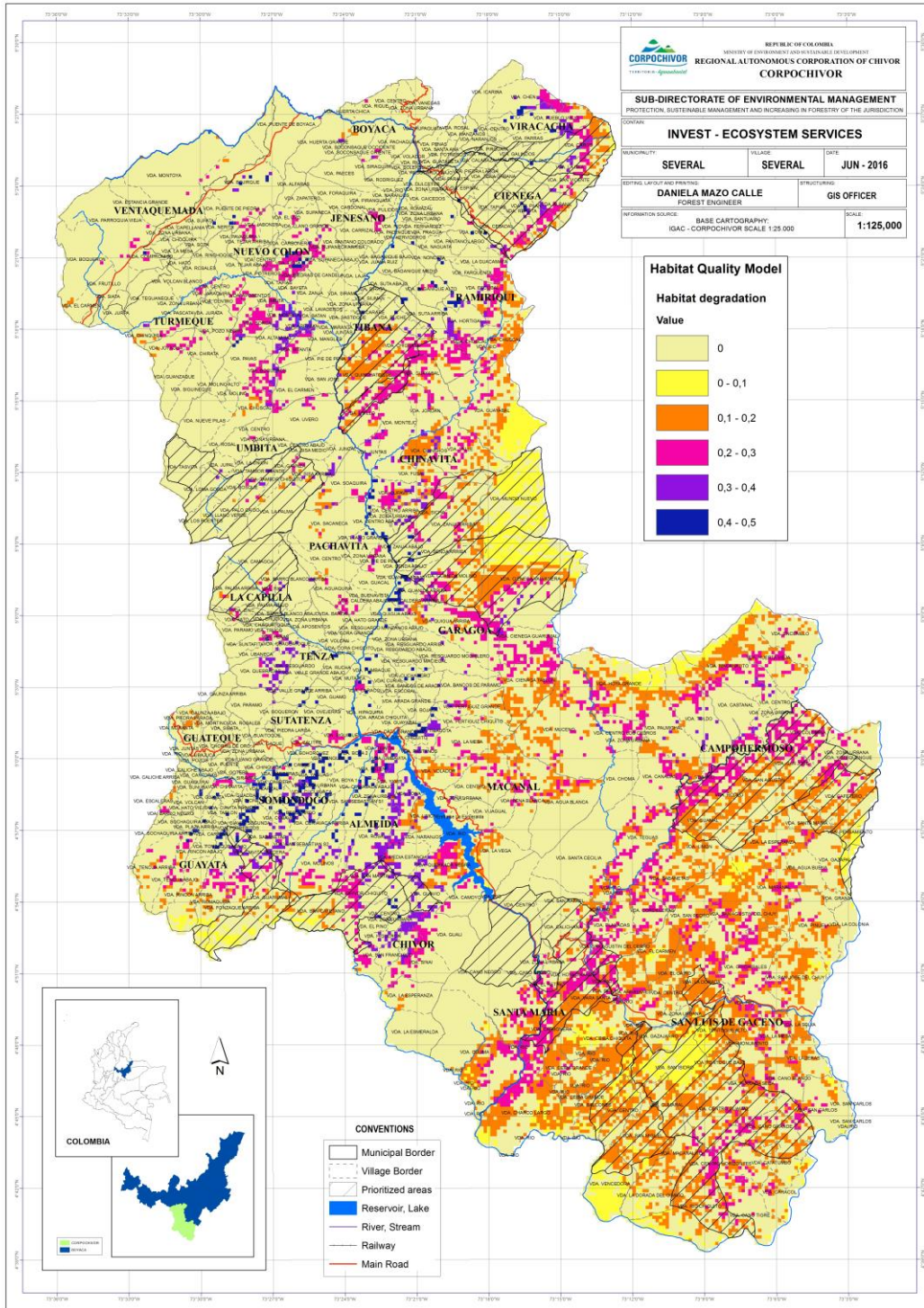
de tierras agrícolas y de cultivos permanentes, siendo más notoria en la parte baja de la jurisdicción, en general en todas las áreas priorizadas se encuentra algún grado de degradación.

En las áreas de páramos se destaca que los que se encuentran ubicados en los municipios Ventaquemada y Úmbita no presentan ningún grado de degradación (valor 0) seguido de los páramos presentes en los municipios de Chinavita y Ramiriquí parte baja con valores de 0.1, los páramos que se encuentran en los municipios de Viracachá, Ciénaga y Ramiriquí parte alta presentan los valores más altos de degradación de 0.3 a 0.5).



Mapa 6: Modelo de calidad de hábitat, índice de calidad

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]



Mapa 7: Modelo de calidad de hábitat, degradación del hábitat

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

3.4 Biodiversidad (GLOBIO)

La abundancia media de especies (MSA) es definida como el promedio en la abundancia de las especies con relación a la abundancia original o prístina. Los valores de MSA fluctúan entre 0 y 1, representando un valor de 1, la condición prístina.

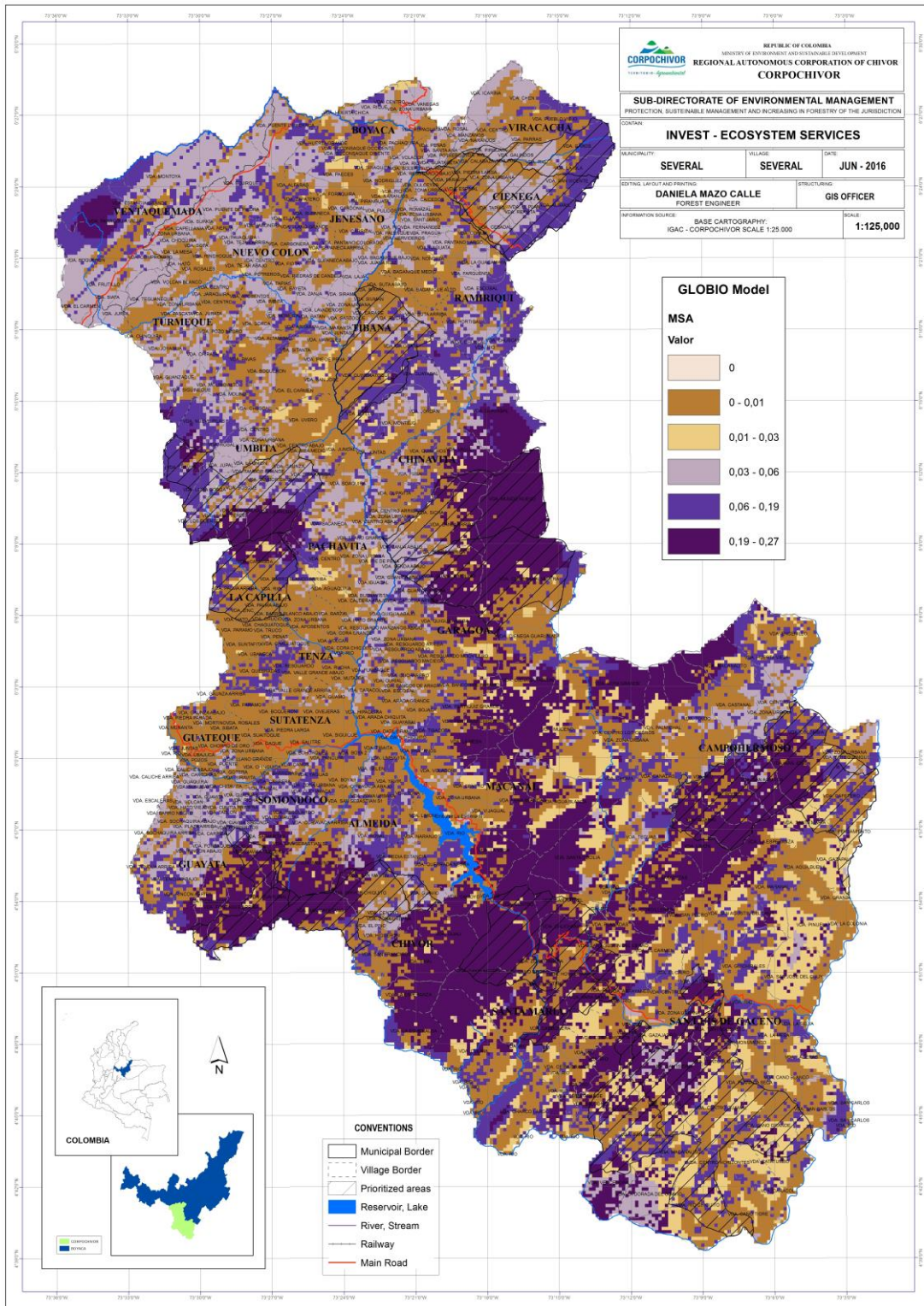
En general los valores en la jurisdicción son bajos, los lugares que mayor abundancia media presentaron fueron los bosques naturales y algunas áreas de páramos con un valor de MSA de 0.27. Sin embargo, estos valores no alcanzan los generales estimados por la metodología GLOBIO, en las cuales, estas coberturas o el uso de la tierra asociado podrían tener valores MSA cercanos a 1 (Alkemade, y otros, 2009), dentro de las áreas priorizadas se presentan la mayor parte estos ecosistemas con los valores de abundancia media de especies, como se observa en los municipios de Garagoa, Chinavita y Campohermoso entre otros.

Las zonas de pastos, tierras agrícolas y de cultivos son las que presentan valores más bajos (Mapa 8); este valor según InVEST puede representar que el 30% de especies se encuentran en buen estado de conservación.

El MSA calculado a partir del efecto de la fragmentación evalúa el efecto de la continuidad de una cobertura boscosa sobre la biodiversidad, asignándole valores de mayor biodiversidad a las zonas continuas de bosques y páramos en comparación con los parches pequeños de bosque.

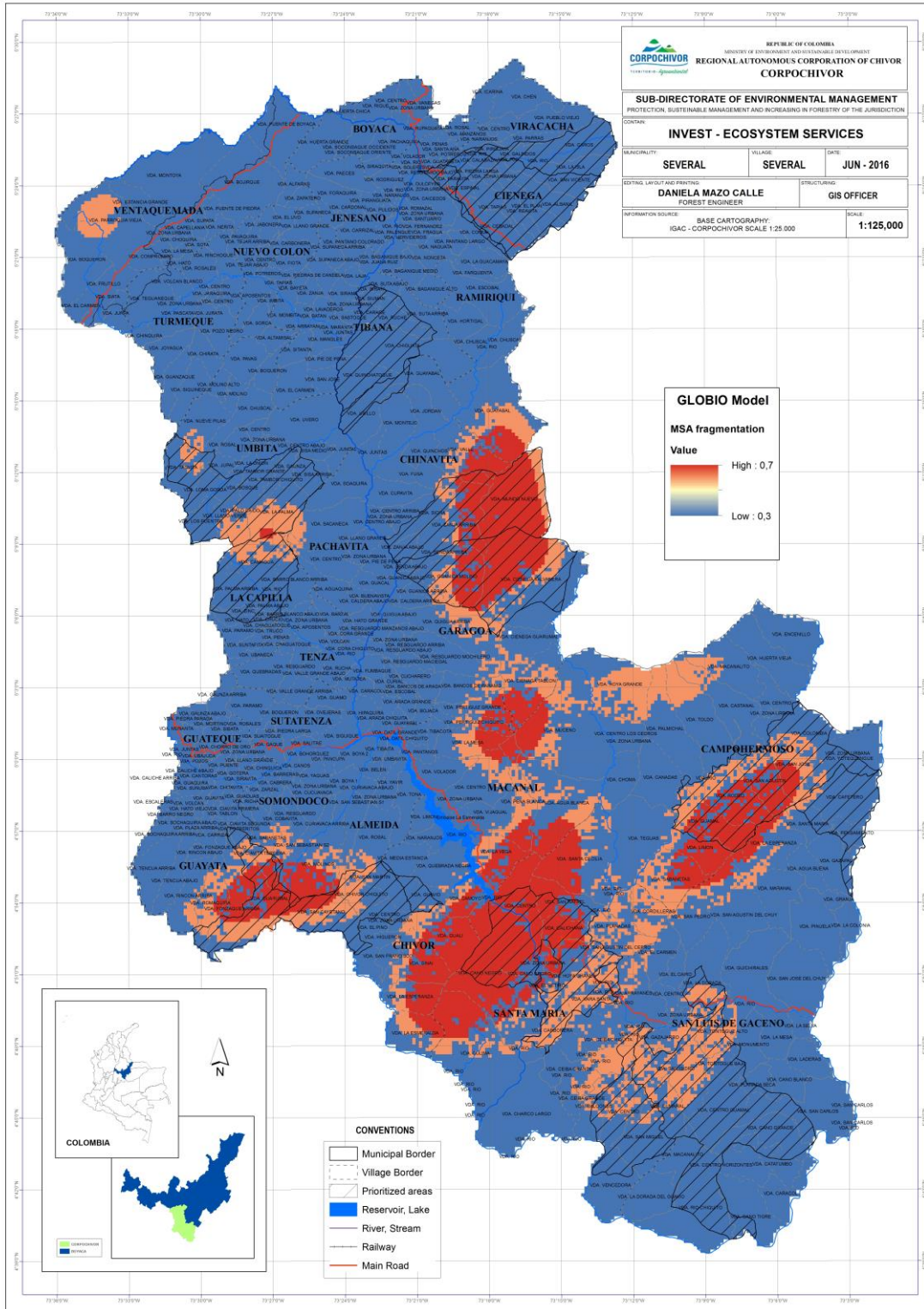
En cuanto al efecto de la infraestructura sobre la MSA, los valores de biodiversidad aumentan a medida que las zonas boscosas o de páramo se alejan de la infraestructura. Finalmente, para el tipo de cobertura los mayores valores se encuentran en las áreas de bosques, vegetación secundaria y arbustales.

No obstante, todos los valores MSA estimados para el área de jurisdicción de Corpochivor (Mapa 11) son bajos cuando se comparan con los estimados por GLOBIO.

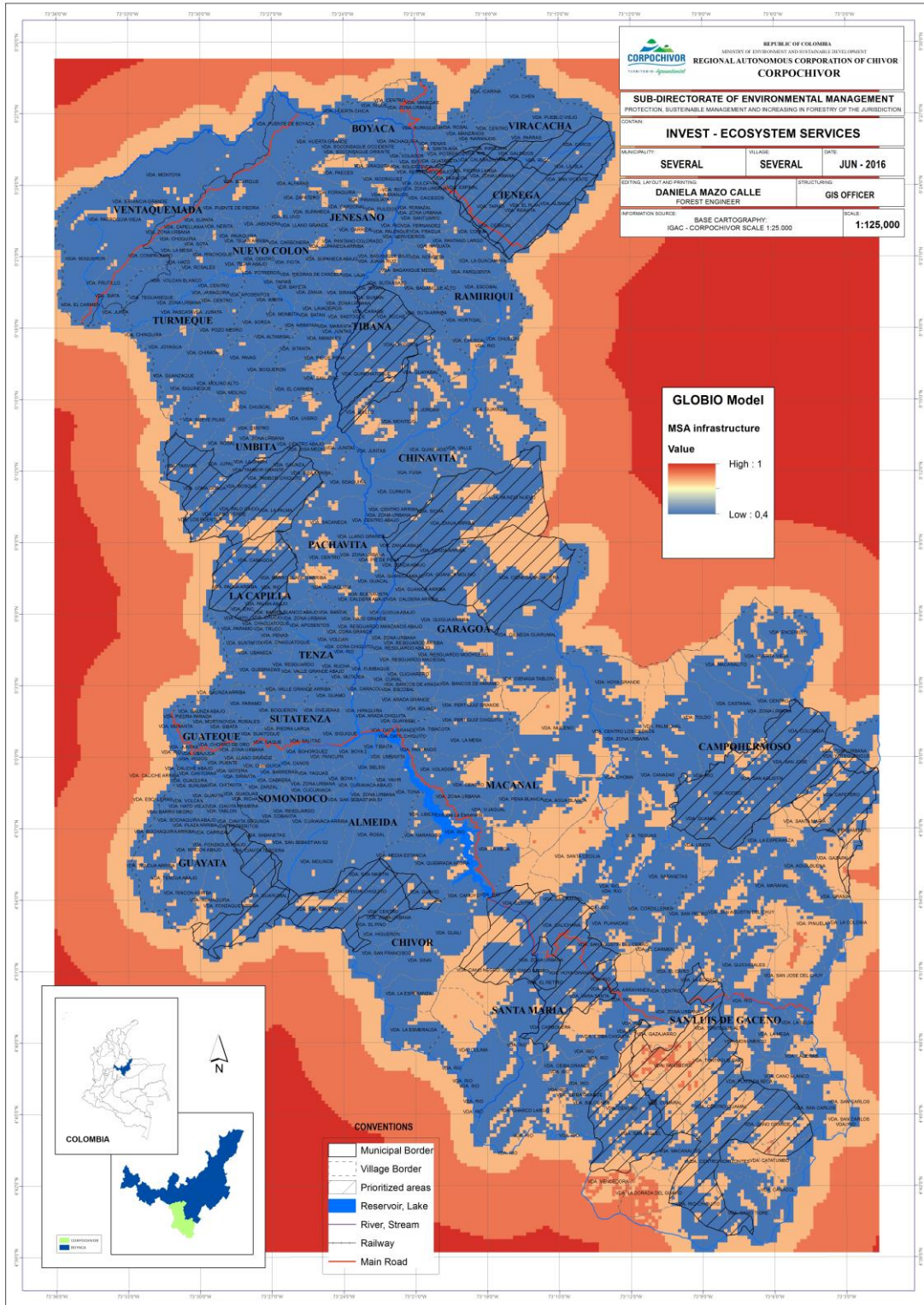


Mapa 8: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA)

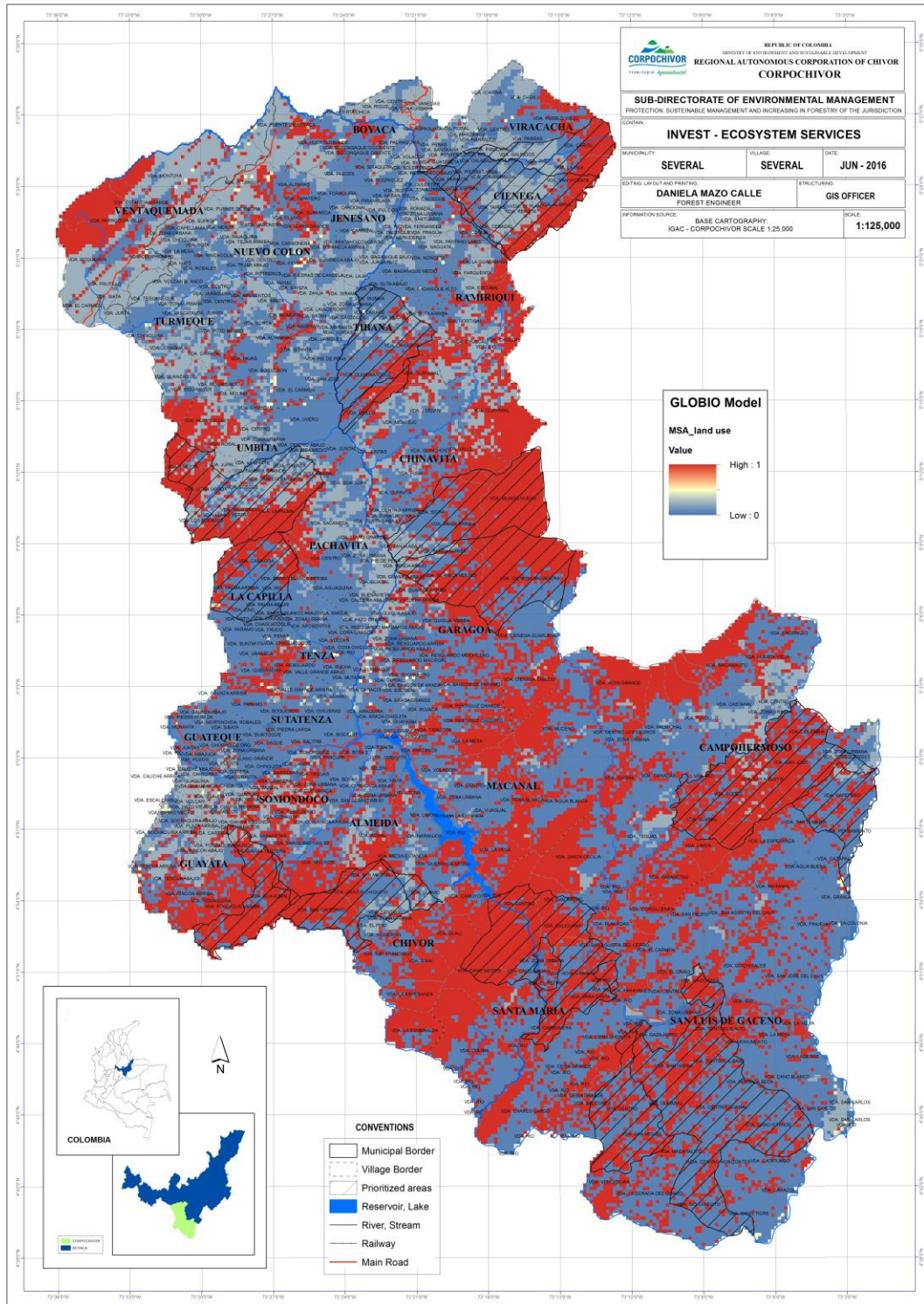
Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]



Mapa 9: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra



Mapa 10: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra



Mapa 11: Modelo de Biodiversidad (GLOBIO) abundancia media de especies (MSA) por fragmentación, infraestructura y cobertura de la tierra

Fuente: Elaborado por South Pole Group; [2016]

4 Conclusiones

Los resultados expuestos en este informe evidencian que las coberturas actuales de la tierra y los usos asociados a estas dentro del área de jurisdicción de Corpochivor han moldeado el territorio hacia la pérdida de un importante grupo de bienes y servicios ecosistémicos. En general, los cuatro modelos evaluados muestran que las áreas con menos cobertura boscosa son las más sensibles a la reducción de fijación de carbono debido a la pérdida de biomasa aérea de los bosques, presentan menor rendimiento hídrico, menor calidad de hábitats naturales y mayor pérdida de biodiversidad.

El modelo de fijación y almacenamiento de carbono muestra como los reservorios de carbono en la zona están por debajo de las estimaciones nacionales, alcanzando sólo 143 Mg/ha en las zonas de mayor fijación. Esto sugiere que, aunque la zona (así como sus alrededores) tiene alto potencial para almacenamiento de carbono por sus condiciones ambientales (Yepes, Herrera, Phillips, Cabrera, & Galindo, 2015), la gran presión que se ejerce desde los sistemas productivos tradicionales (básicamente ganadería y agricultura) hacia los parches boscosos, ha impedido el comportamiento normal de las tasas naturales de fijación de carbono en la zona.

El modelo de rendimiento hídrico y los valores asociados al comportamiento de flujos y caudales muestran una tendencia general en las zonas altas de bajos caudales y menores tasas de recarga de acuíferos, mientras que en las zonas bajas se presentan mayores valores de flujo base, así como menores tasas de escorrentía. En las zonas desprovistas de vegetación boscosa se generan altos valores de escorrentía superficial debido a la poca capacidad de infiltración del suelo. Allí el suelo es más sensible a la erosión y tiene baja resiliencia ante largos eventos de sequía debido a que la tasa de evapotranspiración es mayor por la escasez de cobertura, lo cual podría generar un impacto negativo en los demás bienes y servicios ecosistémicos asociados al recurso hídrico y a la biodiversidad, por tanto como las áreas priorizadas se encuentran tanto en la parte alta y baja de la jurisdicción la respuesta depende de su ubicación.

El modelo de calidad de hábitat mostró que hay zonas de páramo en buen estado de conservación o buena calidad. Sin embargo, hay varias zonas, incluidos parches de páramo, que se encuentran degradados principalmente por la presión de las actividades productivas en la región, dentro de las áreas priorizadas, los municipios que presentan los mayores valores de degradación son Almeida, Chivor, Ciénaga y Viracachá, y las que presentan mejor calidad de hábitat se encuentran en los municipios de Santa María y San Luis de Galeano.

Finalmente, el modelo de abundancia media de especies como una medida de biodiversidad, expresa en general muy bajos valores a través de toda el área de estudio, mostrando un gran deterioro en cuanto a la disponibilidad de hábitats para especies animales y vegetales, aunque dentro de las áreas priorizadas se encuentran los lugares con mayores valores de abundancia de especies, áreas de bosques y páramos.

5 Recomendaciones

Se recomienda generar nuevas estrategias de conservación de áreas naturales en la zona (áreas boscosas y páramos), así como propiciar la ampliación y conectividad de parches aislados de vegetación nativa que permitan la recuperación de suelos desnudos para mejorar el régimen de flujos de agua a través de todas las cuencas de la jurisdicción. La implementación de estas estrategias contribuye al aumento de las tasas promedio de fijación de carbono, la estabilidad de comunidades biológicas y, en consecuencia, al mejoramiento de la calidad de hábitats y al aumento de biodiversidad.

Se deben destinar acciones y actividades para la creación de corredores biológicos a través de islas boscosas que permitan la reconexión de especies entre ecosistemas y la implementación de sistemas alternativos a la ganadería y agricultura extensivas tales como sistemas agro-silvo-pastoriles que propicien un balance entre actividades productivas, agua y biodiversidad.

Debido a que dentro de las áreas priorizadas se encuentran gran parte de las zonas boscosas y los páramos, se deben centrar los esfuerzos de conservación en dichas áreas. Restaurar las zonas aledañas a estos ecosistemas estratégicos permitirá una mejora en cuanto a la estructura y la biodiversidad del bosque, y mejorar la conectividad dentro de los parches, permitirá ampliar los beneficios de los servicios ecosistémicos que se derivan de estas zonas, a una mayor proporción de la jurisdicción de Corpochivor.

6 Bibliografía

- Alkemade, R., van Oorschot, M., Miles, L., Nellemann, C., Bakkenes, M., & Brink, B. t. (2009). GLOBIO3: a framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss. *Ecosystems* 12 no 3, 12(3), 374 - 390.
- Almorox. (16 de abril de 2010). *ocw.upm.es*. Obtenido de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/evapotranspiraciones/metodosevapotranspiraciones.pdf>
- Cicero. (45 BC). *de Finibus Bonorum et Malorum*.
- FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo, guía para la deterdeminación de los requerimientos de agua en los cultivos*. Roma.
- FAO. (Julio de 2016). Obtenido de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>
- Holdridge, L. (1947). Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. *Science*.
- IDEAM. (2010). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- MIDS, M. I. (24 de Junio de 2014). *Minnesota board of water and soil resources*. Obtenido de http://www.bwsr.state.mn.us/outreach/eLINK/Guidance/HSG_guidance.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Phillips, J., Alvaro, D., Scott, C., & Yepes, A. (agosto de 2016). Live aboveground carbon stocks in natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 374, 119-128.
- The Natural Capital Project. (1 de junio de 2015). *The Natural Capital Project*. Obtenido de <http://www.naturalcapitalproject.org/>
- USDA. (july de 2004). *National Engineering Handbook*. Natural Resources conservation service-United State Department of Agriculture. Obtenido de <http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/wntsc/H&H/NEHhydrology/ch9.pdf>
- Valero, F. (2014). *Estimaciones de las reservas potenciales de Carbono almacenado en la biomasa aerea en los bosques naturales ubicados en el sur oriente del departamento de Boyaca-Colombia, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de ChivorCORPOCHIVOR*, . Tesis de Magister no publicada Universidad de Bogotá Jorge.
- Valero, N. (2014). *Estimaciones de las reservas potenciales de carbono almacenado en la biomasa aérea en los bosques naturales ubicados en el Sur-Oriente del departamento de BOYACÁ-Colombia y su potencial como sumideros de carbono*. Proyecto 202: "Protección, Manejo Sostenible e Incremento de la Oferta Forestal de la Jurisdicción", Corporación Autónoma Regional de Chivor-CORPOCHIVOR.
- Yepes, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., & Galindo, G. (2015). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 69-82. Obtenido de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/14679/17559>
- Yepes, A., Navarrete, D., Phillips, J., Duque, A., Cabrera, E., Galindo, G., . . . Ordoñez, M. (2011). *Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el periodo 2005-2010*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, Bogotá D.C.

**Esquema de Retribución por Servicios Ambientales
(ERSA)** | **para la Conservación de los Bosques y
Gestión de Fuentes Hídricas en la
jurisdicción de CORPOCHIVOR**



PBX: +57 (8) 7500661 / Cr.5Nº 10 - 125 / Garagoa - Boyacá

www.corpochivor.gov.co

