ANÁLISIS ECOSISTÉMICO PARA DISEÑAR UNA ESTRATEGIA INTEGRAL DE CONSERVACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ

Fotografía de la Portada: Jorge Mario Munera

Equipo TNC

Deissy Andrea Arango

Carlos Pedraza

Thomas Walschburger

Eduardo Ariza

Catalina Pardo

Equipo Consultor TNC

Santiago Zuleta

Mauricio Echeverry

Maira Quintero

Con el apoyo de:

Milton Romero-Ruiz
Adriana Sarmiento
Juan Camilo Gomez
Julian Acuña
Dallan Beltran

Adriana Hurtado
Diana Xamara Albaran
Alejandro Lopera
Juan Miguel Ruiz
Andrés Link
Olga Lucía Hernández

Contenido

INTRODUCCIÓN **10**

OBJETIVO **14**

ÁREA DE ESTUDIO **14**

METODOS **15**

PORTAFOLIO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE A NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 2) **17**

DOCUMENTO SOPORTE DE PRIORIZACIÓN DE OBJETOS DE CONSERVACIÓN, FIJACIÓN DE METAS DE CONSERVACIÓN, EVALUACIÓN DE VIABILIDAD Y DETERMINACIÓN DE ÁREAS PRIORIZADAS (PRODUCTO 2.3) 17

Priorización preliminar de Objetos de Conservación *17*

Priorización participativa de Objetos de Conservación *18*

REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE (PRODUCTO 2.2) 20

Evaluación de viabilidad *20*

Metas de Conservación *22*

MODELACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (PRODUCTO 2.1) 23

Calidad de Hábitat *24*

Almacenamiento de carbono *28*

Rendimiento Hídrico *30*

Retención de Nutrientes *33*

Retención de sedimentos *35*

Conclusiones generales *36*

Revisión de grupos taxonómicos y aportes para la conservación y la conectividad en el departamento *37*

Mapa de riqueza relativa de especies vulnerables y endémicas *40*

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA EL NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 3) 42

Documento soporte de análisis multicriterio para el nivel departamental (producto 3.2) *42*

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Cordillera *43*

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Chiribiquete *45*

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Andino- Amazónica *47*

MAPA INTEGRADO DE CONECTIVIDADES A NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 3.1) 59

ANALISIS MULTICRITERIO DEL NIVEL DEPARTAMENTAL 59

Normalización de las variables *60*

Suma de las variables *61*

MAPA MODELO FINAL DE CONSERVACION-CONECTIVIDAD A NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 3.3) 61

DOCUMENTO ESTRATEGIAS DE CONSERVACION Y MANEJO A NIVEL DEPARTAMENTAL (ESTRATEGIAS DE TRANDFORMACIÓN DEL PAISAJE) ASOCIADO AL MAPA MODELO FINAL DE CONSERVACION-CONECTIVIDAD A NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 3.4) 62

Área de análisis Cordillera *63*

Corredor Picachos-Tinigua-Macarena-Chiribiquete *64*

Corredor Alto Fragua-La Paya-Chiribiquete *64*

Las estrategias de conservación giran alrededor de estas acciones: *65*

PORTAFOLIO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE A NIVEL PAISAJE (PRODUCTO 4) **65**

DOCUMENTO DESCRIPTIVO DEL PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (PRODUCTO 4.3) 66
Insumos *66*
Método *69*
REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LAS ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL DE PAISAJE (PRODUCTO 4.2) 76
MODELACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (PRODUCTO 4.1) 80
Calidad de Hábitat *81*
Calidad de hábitat (Degradación de hábitat) *82*
Almacenamiento de Carbono *84*
Rendimiento hídrico *85*
Retención de nutrientes *86*
Retención de sedimentos *87*
ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA EL PAISAJE FRAGUA- CHURUMBELOS (PRODUCTO 5) 88
DOCUMENTO SOPORTE DE ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA EL NIVEL DE PAISAJE (PRODUCTO 5.2) 88
Áreas de análisis enfatizadas en las zonas de trabajo de ACT (Conectividad) *89*
MAPA INTEGRADO DE CONECTIVIDAD DEL NIVEL DE PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS (PRODUCTO 5.1)..... 92
ANALISIS MULTICRITERIO DEL NIVEL DE PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS 93
Método *93*
DOCUMENTO DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE (PRODUCTO 5.4) 95
CLASIFICACIÓN ECOSISTÉMICA A NIVEL DEPARTAMENTAL (PRODUCTO 6) 96
Clima *96*
Dominios, provincias y distritos biogeográficos *96*
..... 102
Paisaje y relieve *102*
Cobertura y uso *104*
AJUSTE DE COBERTURAS ASOCIADAS A ZONAS INUNDABLES, CON BASE EN IMÁGENES DE RADAR (ALOS-1 PALSAR) 106
..... 109
ECOSISTEMAS 109
CLASIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS Y USO DEL SUELO PARA EL NIVEL DE PAISAJE (PRODUCTO 6)..... 120
Procedimiento desarrollado para la interpretación de las imágenes de satélite (San José del Fragua y Belén de los Andaquíes) *120*
Resultado de la interpretación de las imágenes de satélite *123*
DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES GENERALES A NIVEL DE PAISAJE Y DEPARTAMENTO (PRODUCTO 7.1) 127
APORTE DEL PROYECTO A LA FORMULACION DE POLÍTICA Y LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL *127*
BIBLIOGRAFÍA 130
ANEXOS 135
ANEXO 1. MEMORIA TÉCNICA DE LA PRIORIZACIÓN PRELIMINAR DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN DEL PORTAFOLIO A NIVEL DEPARTAMENTAL 135

Conclusiones y recomendaciones *136*
ANEXO 2. INFORMACIÓN DE SOPORTE SOBRE LAS ENTRADAS, PROCESOS Y SALIDAS DE LOS MODELOS IMPLEMENTADOS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS 137
Modelo de Calidad de Hábitat *137*
Modelo de almacenamiento de Carbono *138*
Modelo de Provisión de agua *138*
Modelo de Retención de sedimentos *139*
Modelo de retención de Nutrientes *140*
ANEXO 3. REVISIÓN DE GRUPOS TAXONÓMICOS 141
Escarabajos coprófagos *141*
Anfibios *144*
Aves *146*
Primates *149*
ANEXO 4. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE ÁREAS QUE CONSTITUYEN TANTO LA BASE LEGAL DE PROTECCIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE DECLARADA, O EN PROCESO DE DECLARACIÓN. 153

LISTADO DE FIGURAS

FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDIO: NIVEL DEPARTAMENTAL (CAQUETÁ) Y NIVEL DE PAISAJE (FRAGUA-CHURUMBELOS, (MUNICIPIOS DE SAN JOSÉ DE FRAGUA Y BELÉN DE LOS ANDAQUÍES). 14

FIGURA 2. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL NIVEL DEPARTAMENTAL 16

FIGURA 3. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL NIVEL PAISAJE 16

FIGURA 4. MACROCOMPONENTES IDENTIFICADOS PARA LA CONECTIVIDAD EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (RESULTADO DE LAS HERRAMIENTAS *NODE/LINK IMPORTANCE* DE *GUIDOS* 2.1. 18

FIGURA 5. REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LAS ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE PRIORIZADAS EN EL TALLER DE EXPERTOS LOCALES (FLORENCIA, FEBRERO 11 DE 2015). 20

FIGURA 6. AMENAZAS POR INFRAESTRUCTURA EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (DE FONDO LOS MACROCOMPONENTES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL). 21

FIGURA 7. OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (DE FONDO LOS MACROCOMPONENTES PARA LA CONECTIVIDAD REGIONAL). 22

FIGURA 8. MAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA (SINCHI 2012, ESCALA 1:100.000) 26

FIGURA 9. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *CALIDAD DE HÁBITAT* EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 27

FIGURA 10. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *ALMACENAMIENTO DE CARBONO* EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 29

FIGURA 11. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RENDIMIENTO HÍDRICO* EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 31

FIGURA 12. RENDIMIENTO HÍDRICO POR ZONAS HIDROGRÁFICAS EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 31

FIGURA 13. RENDIMIENTO HÍDRICO PROMEDIO POR SUBZONAS HIDROGRÁFICAS EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 32

FIGURA 14. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RETENCIÓN DE NUTRIENTES* EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 34

FIGURA 15. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RETENCIÓN DE SEDIMENTOS* EN EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 35

FIGURA 16. MAPA DE RIQUEZA RELATIVA DE ESPECIES VULNERABLES Y ENDÉMICAS. 41

FIGURA 17. ESCENARIO DE ÁREAS PROTEGIDAS Y TERRITORIOS COLECTIVOS, ÁREA DE ANÁLISIS CORDILLERA. 43

FIGURA 18. ESCENARIO DE MICROCUENCAS, ÁREA DE ANÁLISIS CORDILLERA. 44

FIGURA 19. ESCENARIO FRENTE DE DEFORESTACIÓN YARÍ-CAGUÁN, ÁREA DE ANÁLISIS CHIRIBIQUETE. 46

FIGURA 20. ESCENARIOS DEL ÁREA DE ANÁLISIS ANDINO-AMAZÓNICA 47

FIGURA 21. COMPONENTES (ZONAS NÚCLEO) DEL ESCENARIO *ÁREAS DE CONSERVACIÓN Y TERRITORIOS COLECTIVOS* DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA* (EXTRAÍDOS DE LA CAPA DE BOSQUE/NO BOSQUE, IDEAM 2012). 48

FIGURA 22. COMPONENTES (ZONAS NÚCLEO) DEL ESCENARIO *MICROCUENCAS* DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA* (EXTRAÍDOS DE LA CAPA DE BOSQUE/NO BOSQUE, IDEAM 2012). 49

FIGURA 23. COMPONENTES (ZONAS NÚCLEO) DEL ESCENARIO *FRENTE DE DEFORESTACIÓN YARÍ-CAGUÁN* DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CHIRIBIQUETE* (EXTRAÍDOS DE LA CAPA DE BOSQUE/NO BOSQUE, IDEAM 2012). 50

FIGURA 24. MAPA DE CORRIENTE SEGÚN LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX LAGOTHRICA* Y *SAPAJUS APELLA* EN EL ESCENARIO ÁREAS PROTEGIDAS Y TERRITORIOS COLECTIVOS DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA*. 53

FIGURA 25. MAPA DE CORRIENTE SEGÚN LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX LAGOTHRICA* Y *SAPAJUS APELLA* EN EL ESCENARIO MICROCUENCAS DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA*. .. 54

FIGURA 26. MAPA DE CORRIENTE SEGÚN LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A LAGOTHRIX LAGOTHRICA Y SAPAJUS APELLA EN EL ESCENARIO FRENTE DE COLONIZACIÓN YARÍ- CAGUÁN, ÁREA DE ANÁLISIS CHIRIBIQUETE. 55

FIGURA 27. ZONAS NÚCLEO, RUTAS DE OPTIMIZACIÓN DE CONECTIVIDAD Y CUELLOS DE BOTELLA SEGÚN LA PROBABILIDAD DE CONECTIVIDAD DERIVADA DE LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX LAGOTHRICA* Y *SAPAJUS APELLA* EN EL ESCENARIO ÁREAS PROTEGIDAS Y TERRITORIOS COLECTIVOS DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA*. 56

FIGURA 28. ZONAS NÚCLEO, RUTAS DE OPTIMIZACIÓN DE CONECTIVIDAD Y CUELLOS DE BOTELLA SEGÚN LA PROBABILIDAD DE CONECTIVIDAD DERIVADA DE LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX LAGOTHRICA* Y *SAPAJUS APELLA* EN EL ESCENARIO MICROCUENCAS DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CORDILLERA*. .. 57

FIGURA 29. ZONAS NÚCLEO, RUTAS DE OPTIMIZACIÓN DE CONECTIVIDAD Y CUELLOS DE BOTELLA SEGÚN LA PROBABILIDAD DE CONECTIVIDAD DERIVADA DE LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX*

LAGOTHRICA Y *SAPAJUS APELLA* EN EL ESCENARIO FRENTE DE DEFORESTACIÓN YARÍ-CAGUÁN DEL ÁREA DE ANÁLISIS *CHIRIBIQUETE*..... 58

FIGURA 30. MAPA INTEGRADO DE CONECTIVIDADES DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ 59

FIGURA 31. DETALLE DE PARÁMETROS DE LA HERRAMIENTA "FOCAL STATISTICS" DEL ARCTOOLBOX. SOFTWARE ARCGIS. 60

FIGURA 32. MAPA MODELO FINAL DE CONSERVACIÓN-CONECTIVIDAD PARA EL NIVEL DEPARTAMENTAL. . 61

FIGURA 33. UBICACIÓN DEL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS..... 67

FIGURA 34. COBERTURA PARA EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS 68

FIGURA 35. RECLASIFICACIÓN RASTER EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS..... 70

FIGURA 36. PATRONES MORFOLÓGICOS EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS 72

FIGURA 37. COMPONENTES EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS..... 73

FIGURA 38. COMPONENTES CON LOS DPC MÁS ALTOS EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS 74

FIGURA 39. FRAGMENTACIÓN EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS 75

FIGURA 40. ZONAS DE IMPORTANCIA PRODUCTO DE LOS CAP EN EL PAISAJE FRAGUA CHURUMBELOS. ESTE MAPA ES EL EQUIVALENTE A LA REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LAS ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN A NIVEL DE PAISAJE 76

FIGURA 41. COMPONENTES O ZONAS NÚCLEO PRODUCTO DE LA REVISIÓN DE LAS DIFERENTES FUENTES. 78

FIGURA 42. COMPONENTES PARA CORRER EL ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD..... 79

FIGURA 43. MAPAS DE CORRIENTE SEGÚN LOS VALORES DE RESISTENCIA ASIGNADOS A *LAGOTHRIX LAGOTHRICA* Y *SAPAJUS APELLA* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS..... 80

FIGURA 44. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *CALIDAD DE HÁBITAT* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 82

FIGURA 45. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *DEGRADACIÓN DE HÁBITAT* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 83

FIGURA 46. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *ALMACENAMIENTO DE CARBONO* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 84

FIGURA 47. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RENDIMIENTO HÍDRICO* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 86

FIGURA 48. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RETENCIÓN DE NUTRIENTES* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 87

FIGURA 49. MAPA DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO *RETENCIÓN DE SEDIMENTOS* EN EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 88

FIGURA 50. MAPA DE ÁREAS DE ANÁLISIS CON ÉNFASIS EN LA ZONA DE TRABAJO DE ACT. 90

FIGURA 51. MAPAS DE CORRIENTE DE ÁREAS DE ANÁLISIS CON ÉNFASIS EN LA ZONA DE TRABAJO DE ACT. 91

FIGURA 52. MAPA INTEGRADO DE CONSERVACIÓN-CONECTIVIDAD A NIVEL DEL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 92

FIGURA 53. DETALLE DE PARÁMETROS DE LA HERRAMIENTA "FOCAL STATISTICS" DEL ARCTOOLBOX. SOFTWARE ARCGIS. 93

FIGURA 54. MAPA MODELO FINAL CONSERVACIÓN-CONECTIVIDAD A NIVEL DEL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 94

FIGURA 55. MAPA DE CLIMA DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 96

FIGURA 56. MAPA DE DOMINIOS BIOGEOGRÁFICOS DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. (TOMADO DE LATORRE *ET AL.* 2014) 97

FIGURA 56. MAPA DE PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (TOMADO DE LATORRE ET AL. 2014). 100

FIGURA 57. MAPA DE DISTRITOS BIOGEOGRÁFICAS DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (TOMADO DE LATORRE ET AL. 2014). 101

FIGURA 58. MAPA DE BIOMAS DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (TOMADO DE LATORRE ET AL. 2014).. 102

FIGURA 59. MAPA DE PAISAJE Y RELIEVE DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ. 103

FIGURA 60. MAPA DE COBERTURA Y USO DEL SUELO DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (SINCHI, 2012). 105

FIGURA 61. DETECCIÓN DE ZONAS INUNDABLES PARA EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ (SECCIÓN DEL RIO YARÍ), BASADO EN IMÁGENES ALOS-1 PALSAR FINE BEAM (HH Y HV) PARA LOS PERIODOS 2007, 2008, 2009 Y 2010 (LAS REGIONES EN VERDE CORRESPONDEN A LOS BOSQUES DE TIERRA FIRME, EN ROSADO LOS BOSQUES INUNDABLES SEGÚN IMÁGENES DE RADAR, Y EN CYAN LAS ÁREAS INUNDABLES SEGÚN EL MAPA DE COBERTURAS Y USO DEL SUELO (SINCHI 2012). R: HH, G: HV Y B: HH-HV).). IMÁGENES JAXA/METI © 2013 107

FIGURA 62. PROCESO DE AJUSTE DE ZONAS INUNDABLES PARA EL MAPA DE ECOSISTEMAS BASADO EN IMÁGENES ALOS-1 PALSAR MODO FINE BEAM. LAS ZONAS DELIMITADAS EN AZUL CORRESPONDEN A LAS ÁREAS INUNDABLES SEGÚN EL MAPA DE ECOSISTEMAS SIN AJUSTE DE IMÁGENES DE RADAR. LAS ÁREAS AMARILLAS CORRESPONDEN A LAS ÁREAS REVISADAS Y AJUSTADAS COMO BOSQUES INUNDABLES APLICANDO LAS IMÁGENES MULTITEMPORALES DE RADAR. ARRIBA RÍO CAQUETÁ. ABAJO RÍO YARÍ. IMÁGENES JAXA/METI © 2013 108

FIGURA 62B. MOSAICO DE IMÁGENES DE RADAR ALOS-1 PALSAR FINE BEAM GENERADOS PARA EL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ A PARTIR DE LAS CUALES SE REALIZÓ LA REVISIÓN Y AJUSTE DE CLASIFICACIÓN DE BOSQUES INUNDABLES. (2007-2010). IMÁGENES JAXA/METI © 2013 109

FIGURA 63. CLASIFICACIÓN ECOSISTÉMICA DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ 119

FIGURA 64. LEYENDA DEL MAPA DE ECOSISTEMAS DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ 120

FIGURA 65. ESQUEMA METODOLÓGICO APLICADO EN LA INTERPRETACIÓN DE LAS IMÁGENES DE SATÉLITE PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS DEL PAISAJE FRAGUA – CHURUMBELOS. 121

FIGURA 66. ZONAS CON LIMITACIONES POR PRESENCIA DE NUBES (AMARILLO) CORREGIDAS A PARTIR DE IMÁGENES ÓPTICAS RAPIDEYE. 122

FIGURA 67. ÁREAS CON PRESENCIA DE NUBES AJUSTADAS A BOSQUES (CYAN) BASADO EN IMÁGENES DE RADAR ALOS-1 PALSAR. LAS ZONAS REGISTRADAS COMO ROJO NO FUE POSIBLE EL USO DE RADAR DEBIDO A LA COMPLEJIDAD EN LA TOPOGRAFÍA Y NO ERA POSIBLE IDENTIFICAR COBERTURA ALGUNA. 123

FIGURA 68. MAPA DE COBERTURAS Y USO DEL SUELO RESULTANTE DE LA INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES *RAPIDEYE* PARA EL PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS. 1:25.000. 126

FIGURA 69. VISUALIZACIÓN DE LAS SIETE (7) CLASES DE PATRONES ESPACIALES IDENTIFICADOS MEDIANTE LA HERRAMIENTA *MSPA* DEL SOFTWARE *GUIDOS* 2.1. 136

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Síntesis de la información recopilada y evaluada de especies de los cuatro grupos taxonómicos estudiados para el departamento de Caquetá. 38
Tabla 2. Criterios de priorización para la selección del grupo taxonómico para los análisis de conectividad. 39
Tabla 3. Valores de resistencia asignados a las coberturas para *Lagothrix lagothrica* (Fuente: Andrés Link – Fundación Ecotrópico Colombia). 52
Tabla 4. Valores de resistencia asignados a las coberturas para *Sapajus apella* (Fuente: Andrés Link – Fundación Ecotrópico Colombia) 52
Tabla 5. Patrones morfológicos en el Paisaje Fragua Churumbelos 71
Tabla 6. Áreas priorizadas en los CAP en el Paisaje Fragua Churumbelos 77
Tabla 7. Dominios, provincias y distritos biogeográficos del departamento de Caquetá. 98
Tabla 8. Área de los dominios y provincias biogeográficas, y tipos de bioma del departamento de Caquetá (basado en La Torre *et al.* 2014, escala 1:100.000) 99
Tabla 9. Área de tipos de paisaje y relieve en el departamento de Caquetá. 104
Tabla 10. Extensión de las coberturas de uso del suelo en el departamento de Caquetá. 106
Tabla 11. Clasificación ecosistémica del departamento de Caquetá, área de ecosistemas y sus porcentajes. 110
Tabla 12. Coberturas identificadas en la interpretación de las imágenes RapidEYE con sus respectivas áreas y porcentajes. 124

INTRODUCCIÓN

En los últimos 40 años las estrategias de conservación se han centrado principalmente en la identificación de áreas representativas de la biodiversidad en una geografía o ecorregión dada, con el fin de excluirlas del desarrollo y consolidarlas como áreas protegidas. Entre los criterios utilizados para lograr incrementar la viabilidad y persistencia de estas áreas, se incluyó principalmente su tamaño considerando el requerimiento de hábitat mínimo de especies sombrilla y, adicionalmente, la integridad del paisaje como elemento para mantener ciertos procesos ecológicos (hidrología, dinámica de regeneración natural, entre otros). Este enfoque de selección y priorización de áreas generalmente privilegia las de baja presión antrópica. Aunque sigue siendo útil, debe complementarse con una visión más funcional y no solo estructural del paisaje. Desde el enfoque socioecosistémico (MADS 2012), las áreas protegidas constituyen un elemento integral de un paisaje dinámico y en cambio permanente, donde las actividades humanas son también estructurantes y la gestión de conservación debe procurar el mantenimiento de los procesos y funciones ecológicas que soportan la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

En este contexto, la conectividad en el nivel de paisaje ha ido tomando cada vez más fuerza como criterio relevante para desarrollar una planificación territorial más sostenible (Mata y Olcina 2010). La conectividad se considera una herramienta clave para fomentar la persistencia y variabilidad genética de las poblaciones de flora y fauna, contribuyendo a mitigar los efectos negativos de la fragmentación de los hábitats, y favoreciendo la movilidad de las especies. Esta última se expresa como la respuesta de las poblaciones de las especies a los cambios en la configuración espacial de sus áreas óptimas de distribución, debido a cambios de cobertura (fragmentación) en sus territorios. Aunque las especies perciben dicha conectividad espacial de forma diferente, esta puede ser similar para un grupo funcional o un conjunto de especies que tengan requerimientos de hábitat y capacidad de dispersión similares (Tischendorf & Fahrig 2000). Igualmente, la conectividad ecológica del territorio toma más relevancia para la gestión de la conservación en situaciones en donde la variabilidad y/o cambio climático puedan tener efectos negativos en la dinámica espacial de numerosas especies (Opdam y Wascher 2004).

La conectividad puede ser evaluada desde sus componentes estructurales y funcionales. La primera describe las características físicas de un paisaje que permiten el movimiento

de las especies, que incluyen la topografía, hidrología, cobertura vegetal y los patrones de uso de la tierra. La conectividad funcional hace referencia a qué tan eficiente es el flujo de genes, individuos y poblaciones a través del paisaje. Esta última es el resultado de la interacción entre las características ecológicas de las especies y las características estructurales del paisaje, las cuales influyen en su capacidad para desplazarse entre zonas con el fin de encontrar recursos.

Este proyecto se desarrolla en el marco del programa "Paisajes conectados en Caquetá", implementado por el Fondo Acción para el ambiente y la niñez. Se definieron dos portafolios de conservación y manejo sostenible; uno en el nivel departamental (escala 1:100.000) y otro detallado para la ventana o paisaje Fragua-Churumbelos (municipios de San José de Fragua y Belén de Los Andaquíes, escala 1:25.000), como insumo base para identificar las mejores rutas o corredores para optimizar la conectividad entre los fragmentos remanentes de coberturas vegetales naturales y mitigar las presiones y amenazas a la biodiversidad regional. Los portafolios incluyen las diferentes figuras territoriales colectivas, de protección, conservación y manejo, de los diferentes niveles (municipal, regional y nacional), como nodos principales a conectar en los diferentes escenarios priorizados con la participación de expertos locales. Con base en los análisis desarrollados, se identifican los componentes principales (fragmentos) o zonas núcleo y los mejores corredores para conectarlos, como instrumento de planificación espacial. Sus resultados se representan en diferentes probabilidades de conectividad en los escenarios priorizados por los expertos locales para el departamento de Caquetá. Lo anterior, sin desconocer que podría haber otras opciones o rutas de conectividad importantes para planes de conservación y ordenación territorial en escalas locales.

El análisis articula diferentes insumos y herramientas que ayudan a generar métricas confiables y eficientes para el modelamientos de la conectividad estructural y funcional del paisaje. Los procedimientos metodológicos de estas herramientas se basan en la teoría de circuitos eléctricos y de movimiento aleatorio, que han sido bastante exitosas en el diseño de la conectividad espacial, ya que muestran una mayor capacidad predictiva de los flujos genéticos en escalas amplias, que otros enfoques más convencionales como las distancias euclidianas. En este sentido, se alejan de la selección de rutas de costo mínimo entre los parches o fragmentos de hábitat de bosque y, por el contrario, evalúa simultáneamente los efectos y contribución de todos los posibles caminos o rutas de dispersión existentes en el paisaje (McRae and Beier 2007, McRae *et al.* 2008).

En particular, el análisis de conectividad funcional fue alimentado con la información de movilidad o capacidad de dispersión de dos especies de primates (*Lagothrix lagothrica* o mono churuco y *Sapajus apella* o mono capuchino), de acuerdo a la resistencia asignada a las diferentes coberturas vegetales en el paisaje. Ambas comparten el mismo rango de distribución altitudinal, pero la primera es más restringida que la segunda. Adicionalmente, estos resultados se complementaron con información de distribución espacial (Biomodelos del Instituto Humboldt) de 79 especies de aves priorizadas con criterios de

vulnerabilidad (endémicas, amenazadas, polinizadoras y dispersoras cuya actividad está asociada al dosel y sotobosque de bosque bien conservado, entre otros). Igualmente, los resultados del modelamiento de servicios ecosistémicos, tales como calidad de hábitat, almacenamiento de carbono, provisión de agua, retención de nutrientes y aporte de sedimentos, se utilizaron para complementar la selección de áreas prioritarias para la gestión de la conectividad, conservación y manejo sostenible, consignadas en los mapas "Integrado de Conectividades" y "Modelo final de Conservación-Conectividad".

Adicionalmente, estos portafolios involucran una recopilación de información de especies de escarabajos coprófagos, anfibios y aves del departamento. Para los tres grupos se priorizó un conjunto de especies con criterios de vulnerabilidad y riesgo a la extinción que, además de grado de endemismo y amenaza contemplan su movilidad y capacidad de dispersión en la matriz de paisaje según su grado de transformación y ciertos atributos funcionales. Estas especies constituyen una primera aproximación a la selección de indicadores de pérdida de hábitat, integridad y funcionalidad ecológica y conectividad del paisaje.

Una de los mayores retos a los que apunta este ejercicio, es el de contribuir a los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial (EOT, POT y POMCAS) del departamento de Caquetá, con escenarios prioritarios donde enfocar los esfuerzos de conservación y manejo sostenible, en el marco de un territorio con una dinámica permanente de cambios en el uso del suelo, cambios probables en sus patrones climáticos, avance de la deforestación y expansión de sistemas productivos de baja sostenibilidad que conllevan a una alta degradación ambiental y lo hacen cada vez menos resiliente.

Desde 2012 TNC viene apoyando y desarrollando diferentes proyectos en el departamento de Caquetá, con la participación de diferentes actores locales. Sus objetivos se han enfocado en contribuir a la gestión de la conservación de la biodiversidad, el fortalecimiento de los territorios indígenas, la construcción de agendas ambientales municipales y, en general, en aportar herramientas para la toma de decisiones informadas. El presente estudio fue encargado por el programa Paisajes conectados en Caquetá del Fondo acción para el ambiente y la niñez, y realizado por el equipo de TNC, con el apoyo de 4D Elements Consultores en la construcción del mapa departamental de ecosistemas (1:100.000) y el mapa de coberturas y uso del suelo de la Ventana Fragua-Churumbelos (1:25.000), y la Fundación Ecotrópico Colombia en el análisis de especies.

OBJETIVO

Realizar un análisis ecosistémico del departamento de Caquetá, que involucre la consolidación de su línea base biofísica, el modelamiento espacial de sus ecosistemas, la espacialización de los patrones de fragmentación de su matriz de paisaje, y la identificación de oportunidades y prioridades de conservación y conectividad. Estas últimas complementadas con información sobre la capacidad de dispersión y vulnerabilidad de un conjunto representativo de especies. Todo lo anterior como base para una gestión integrada de conservación, restauración ecológica y manejo sostenible de los sistemas naturales del territorio.

ÁREA DE ESTUDIO

El análisis ecosistémico involucra las siguientes dos áreas o ventanas geográficas con diferentes escalas de aproximación: nivel departamental (1:100.000), que incluye todo el Caquetá, y el nivel de paisaje Fragua-Churumbelos (1:25.000), que incluye los municipios de San José de Fragua y Belén de los Andaquíes (Figura 1).

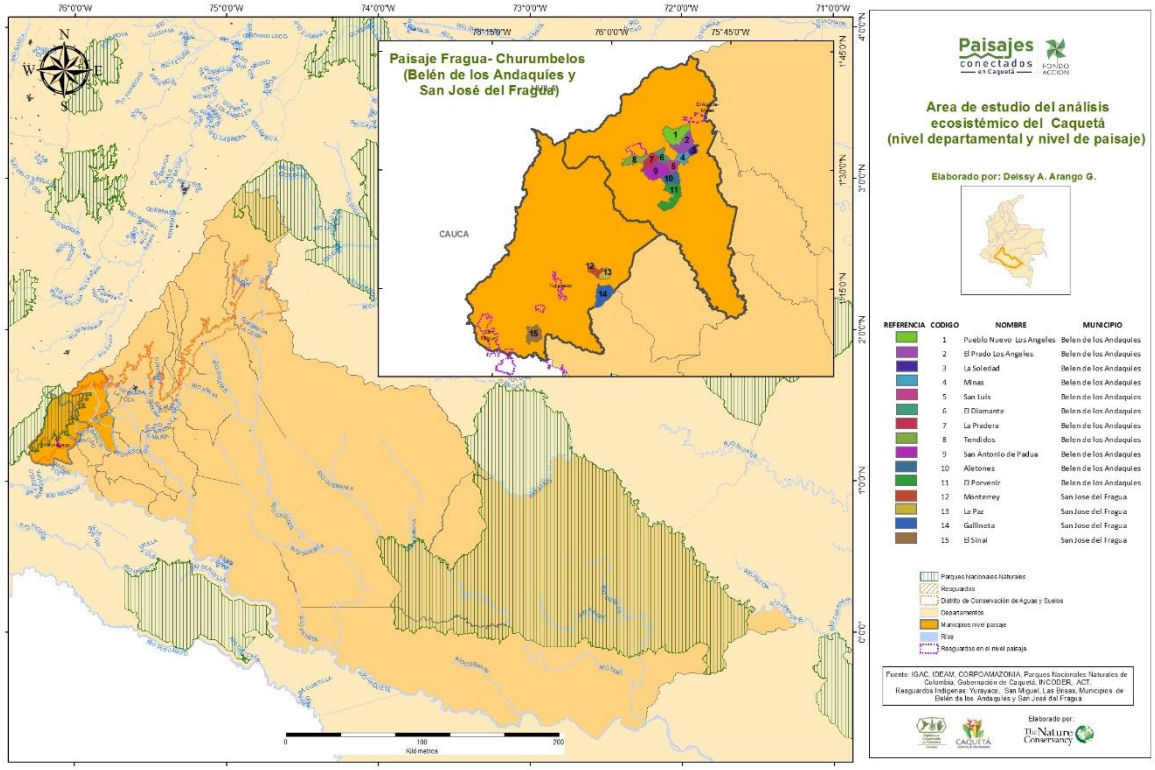


Figura 1. Área de estudio: nivel departamental (Caquetá) y nivel de paisaje (Fragua-Churumbelos, (municipios de San José de Fragua y Belén de Los Andaquíes).

METODOS

El esquema metodológico implementado en el presente ejercicio involucró un conjunto de componentes y su modelación espacial en las dos escalas geográficas mencionadas (1:100.000 y 1:25.000), con ayuda de diferentes herramientas, para la construcción de dos portafolios de conservación y manejo sostenible, uno departamental y otro detallado para el paisaje Fragua-Churumbelos, y la respectiva identificación de escenarios que aumenten la conectividad entre sus principales componentes o núcleos de bosques remanentes (figuras 2 y 3).

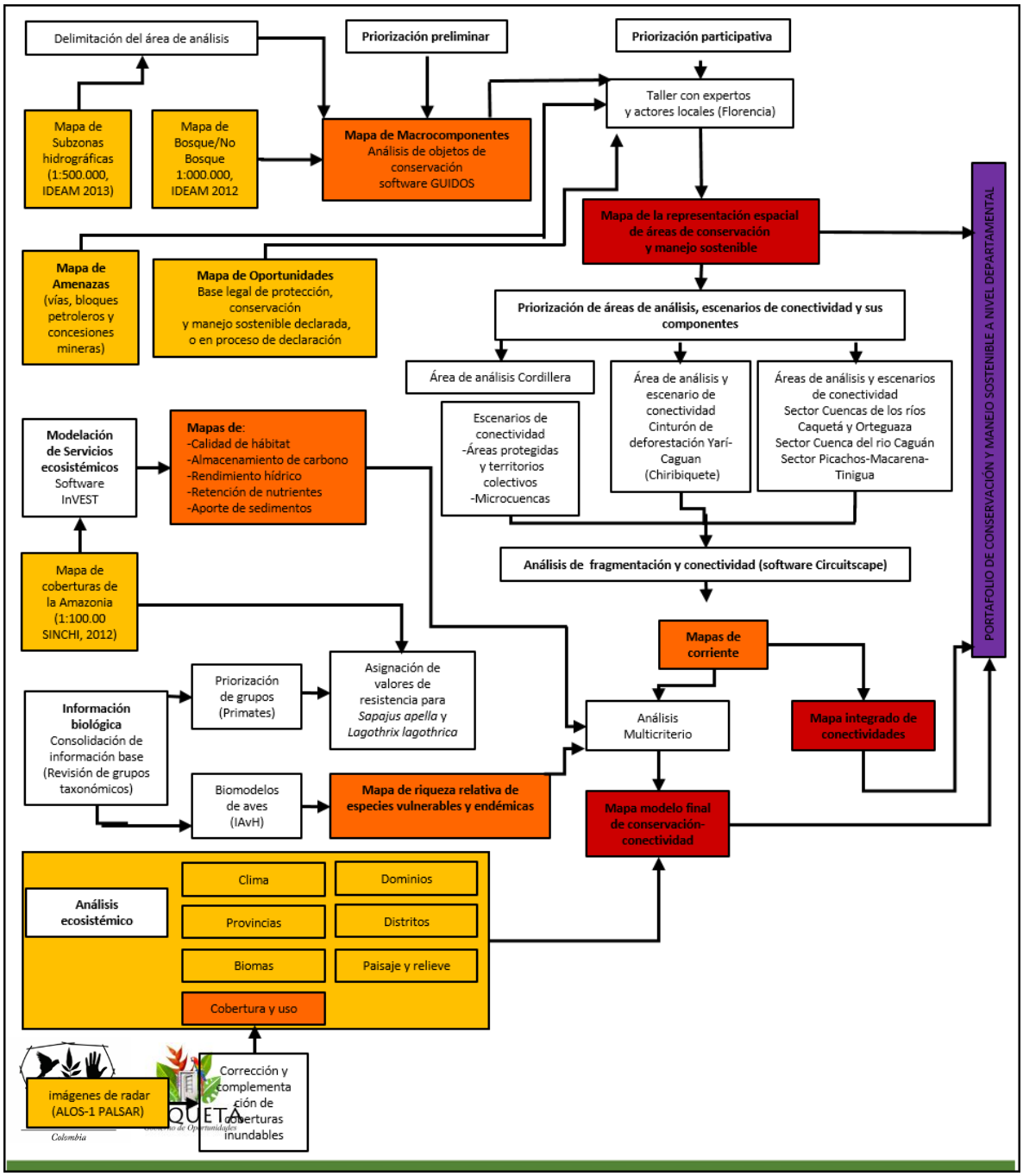


Figura 2. Esquema metodológico del nivel departamental

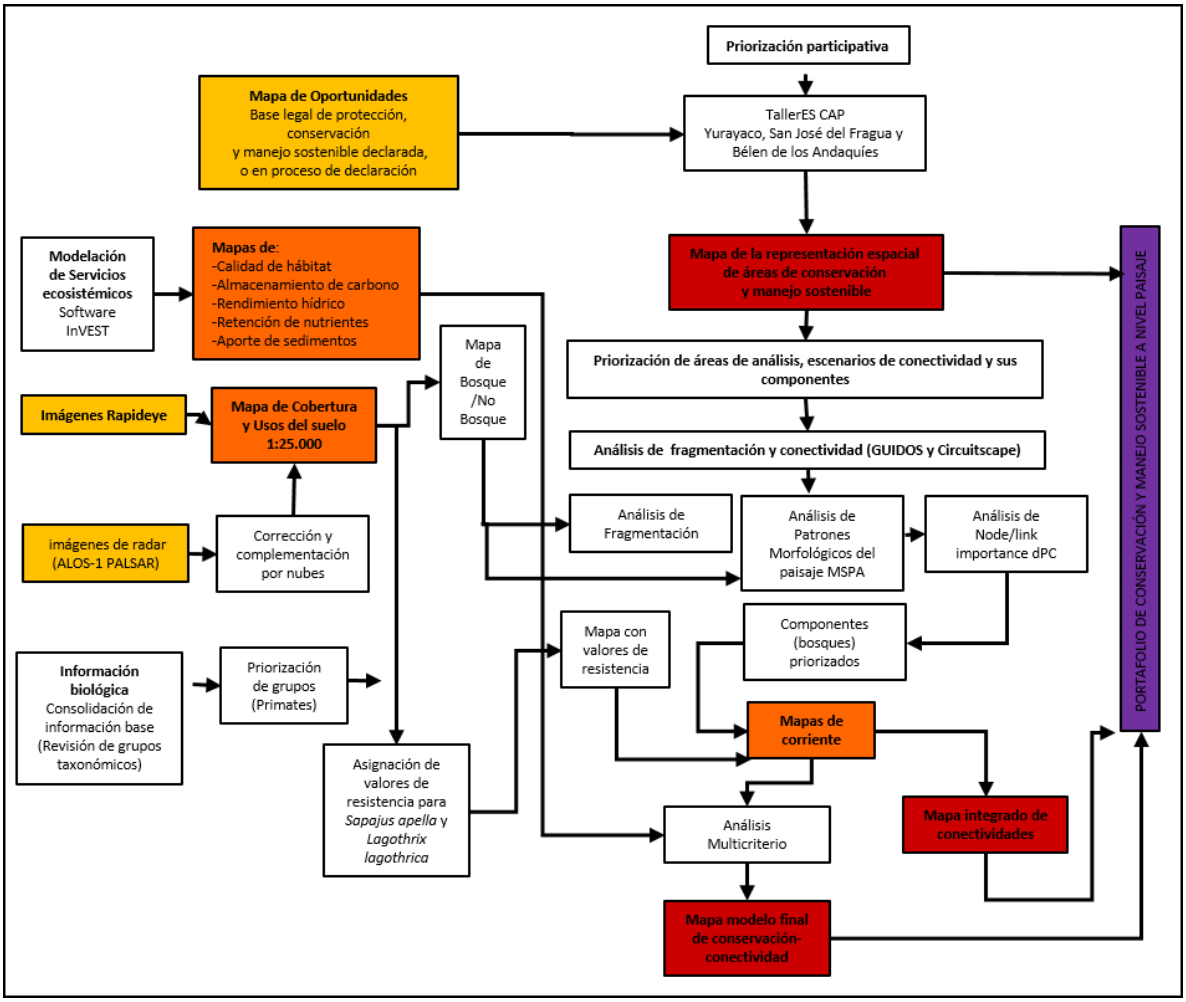


Figura 3. Esquema metodológico del nivel Paisaje

PORTAFOLIO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE A NIVEL DEPARTAMENTAL (Producto 2)

Documento soporte de priorización de objetos de conservación, fijación de metas de conservación, evaluación de viabilidad y determinación de áreas priorizadas (producto 2.3)

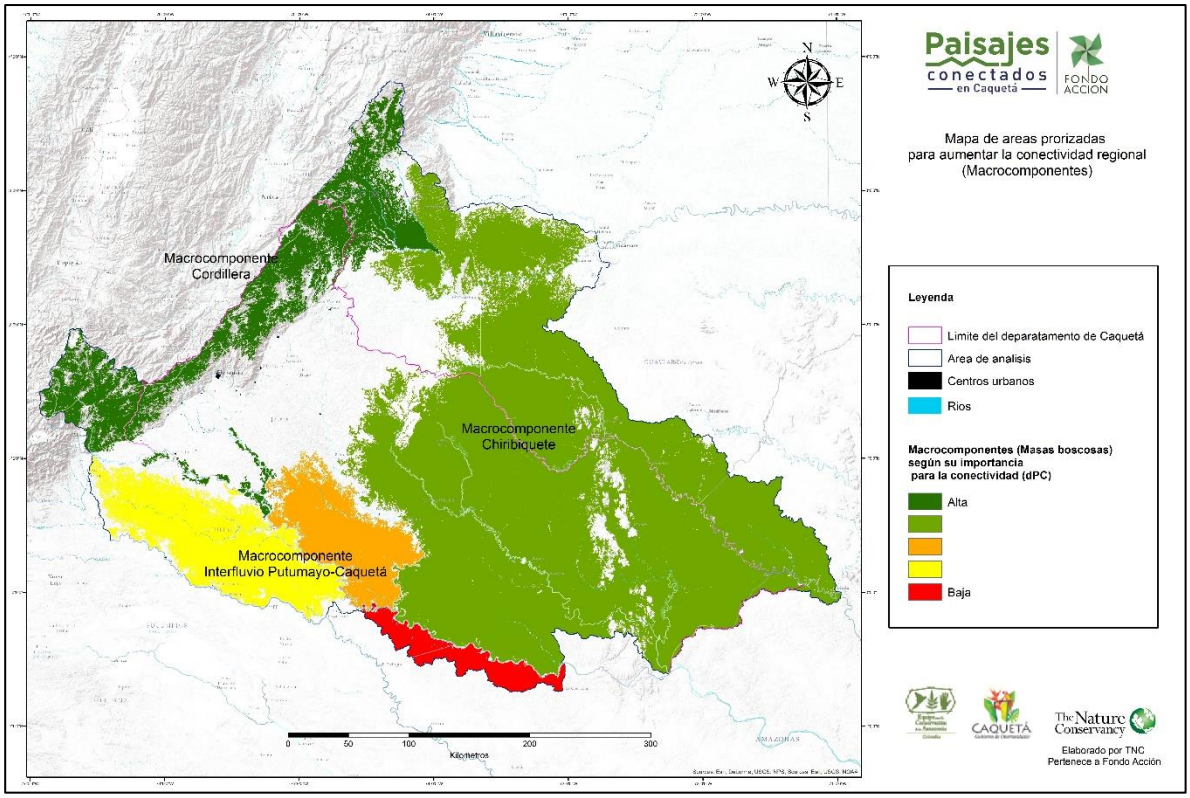
Resumen

El portafolio de conservación y manejo sostenible tuvo dos fases de priorización; una preliminar, en donde el análisis de objetos de conservación se desarrollado con el software GUIDOS. La segunda fase de priorización fue participativa, en donde se retomaron los resultados de la priorización del software y se presentaron en el taller con expertos y actores locales, en donde se determinaron objetos de conservación prioritarios (áreas de bosque específicas), se evaluó su viabilidad (amenazas y oportunidades) y establecieron metas de conservación a nivel departamental. Se efectuó una revisión de grupos taxonómicos y el modelamiento de servicios ecosistémicos para complementar la información del análisis de objetos de conservación presentada a expertos y actores locales, dicha información fue utilizada como insumo para los análisis de conectividad y multicriterio de las áreas y escenarios priorizados.

Priorización preliminar de Objetos de Conservación

La priorización preliminar de objetos de conservación se efectuó mediante el uso del *software GUIDOS* (*Graphical User Interface for the Description of Image Objects and their Shapes*, versión 2.1, Vogt 2014) se identificaron las áreas prioritarias para la conservación según su aporte potencial al aumento de la conectividad a nivel regional, estas áreas son masas del bosque denominadas “Macrocomponentes” cuya importancia varía según su aporte a la conectividad ver anexo 1. En el análisis departamental se identificaron tres macrocomponentes: *Cordillera*, *Chiribiquete* e *Interfluvio Putumayo-Caquetá*, que se aprecian en la Figura 4. El primero incluye el corredor Picachos-Alto Fragua-Indiwasi-Churumbelos, involucrando todo el sector andino del departamento del Caquetá (vertiente oriental de la Cordillera Oriental, municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico, El Paujil, El Doncello, Florencia, Belén de Los Andaquíes y San José de Fragua) y,

adicionalmente, los sectores colindantes con los departamentos de Cauca (municipios de Santa Rosa y Piamonte) y Putumayo (municipio de Mocoa [parcialmente]). *Chiribiquete* incluye al norte el sector o corredor Tinigua-Macarena y el *Interfluvio Putumayo-Caquetá,* que se extiende hasta Araracuara, incluye el sector del Parque Natural La Paya y su área



de influencia y los municipios de Solano y Cartagena del Chairá. Estos macrocomponentes fueron el principal insumo de trabajo y discusión en el taller de expertos locales (Florencia, febrero 11 de 2015). (Figura 4).

Figura 4. Macrocomponentes identificados para la conectividad en el departamento de Caquetá (resultado de las herramientas *Node/Link Importance* de *Guidos* 2.1.

Priorización participativa de Objetos de Conservación

En el taller de expertos locales, desarrollado en Florencia (febrero 11 de 2015), se acordó ampliar el límite noroccidental del área de estudio (divisoria de aguas de la Cordillera Oriental) hacia el departamento del Huila (vertiente occidental de la Cordillera Oriental, municipios de Rivera, Campoalegre, Algeciras, Hobo, Gigante, Garzón, Guadalupe, Altamira, Suasa, Timaná, Acevedo, Pitalito [parcialmente] y Palestina). Lo anterior,

considerando la importancia de evidenciar que los bosques andino-amazónicos de la vertiente caqueteña están amenazados por los procesos de colonización provenientes de este departamento, entender las presiones en su dimensión regional y evidenciar la pérdida de integridad de la matriz boscosa en este sector.

Resultado de la retroalimentación en el taller, se acordó centrar los análisis de conectividad al interior del macrocomponente *Cordillera* y en el sector noroccidental del macrocomponente *Chiribiquete*. Las dos áreas se priorizaron por su relevancia para mantener o recuperar la conectividad de los fragmentos de los ecosistemas naturales y, en consecuencia, contribuir a conservar la biodiversidad regional. En particular, la segunda área de análisis fue denominada *Chiribiquete* por los expertos locales (por ser parte del macrocomponente *Chiribiquete*) pero, para efectos de su correcta localización geográfica, en este documento final haremos referencia a la misma como *Frente de deforestación Yarí-Caguán.*

Adicionalmente, en el taller se seleccionaron dos escenarios para el modelamiento de las rutas o corredores de conectividad al interior del área de análisis *Cordillera*; estos son: *Áreas de Conservación - Territorios Colectivos* y *Microcuencas*. Con el primero se propone aumentar la conectividad entre los bosques de las figuras de protección y conservación existentes en los niveles municipal, regional y nacional, y los territorios colectivos. Con el segundo escenario se plantea potenciar la conectividad de los fragmentos remanentes de bosque de las microcuencas a lo largo de la vertiente oriental de la cordillera en el departamento que, en conjunto, hacen parte de las subzonas hidrográficas Alto Caquetá, Caquetá Medio, Río Pescado, Río Orteguaza, Río Guayas y Alto Caguán. En particular, las microcuencas de las quebradas El Arenoso, Las Damas, río Doncello, quebradas La Borugo, Las Margaritas, río Hacha, río Bodoquero, quebrada La Resaca y río Fraguachorroso cuentan con planes de ordenamiento y manejo (POMCAs) aprobados.

Finalmente, se priorizaron tres sectores para aumentar la conectividad andino-amazónica, estos fueron: el sector de las cuencas de los ríos Caquetá y Orteguaza, el sector de las cuencas del rio Caguán y el sector Picachos-macarena-Tinigua. Estos sectores junto con las áreas de análisis de conectividad y sus correspondientes escenarios, corresponden a las áreas prioritarias identificadas en base al análisis de objetos de conservación y la concertación con expertos locales, dichas áreas están representadas en la figura 5.

Representación espacial de áreas de conservación y manejo sostenible (producto 2.2)

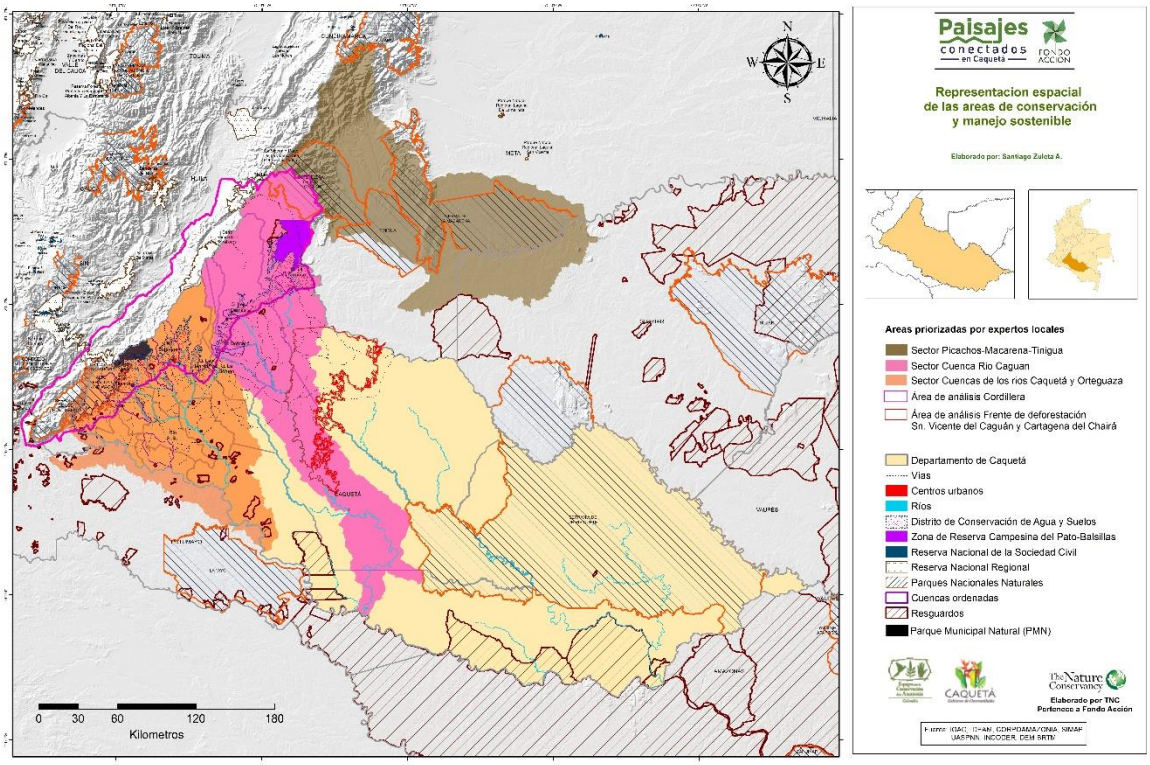
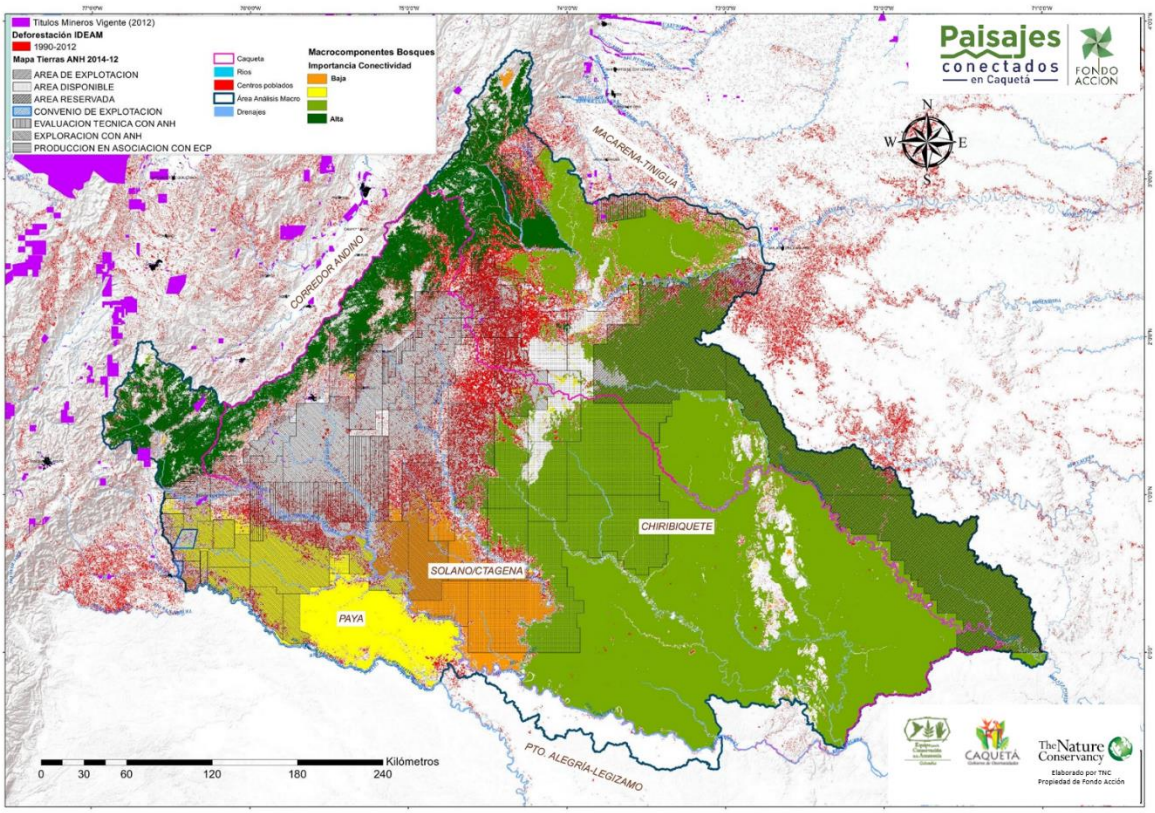


Figura 5. Representación espacial de las áreas de conservación y manejo sostenible priorizadas en el taller de expertos locales (Florencia, febrero 11 de 2015).

Evaluación de viabilidad

La conectividad entre andino-amazónica se lograría principalmente por dos rutas el interfluvio Putumayo-Caquetá y Macarena Chiribiquete. Ambas conectividades están amenazadas por la deforestación asociada a expansión de la frontera agropecuaria e impulsada por la construcción de la marginal de la selva ver figura 6. Las únicas conectividades viables dentro del departamento son los bosques presentes en las

planicies inundables de los altos ríos Caquetá-Orteguaza y alto río Caguán. La conectividad alto andina en la Cordillera Oriental sólo se puede mantener a través del



corredor aquí llamado Cordillera y que ya muestra varios puntos de fractura.

Figura 6. Amenazas por infraestructura en el departamento de Caquetá (de fondo los macrocomponentes para la conectividad regional).

En el taller se presentaron las áreas que constituyen tanto la base legal de protección, conservación y manejo sostenible declarada, o en proceso de declaración, en el territorio del Caquetá ver figura 7. Estas áreas representan las oportunidades de conservación que aumentan la viabilidad del portafolio.

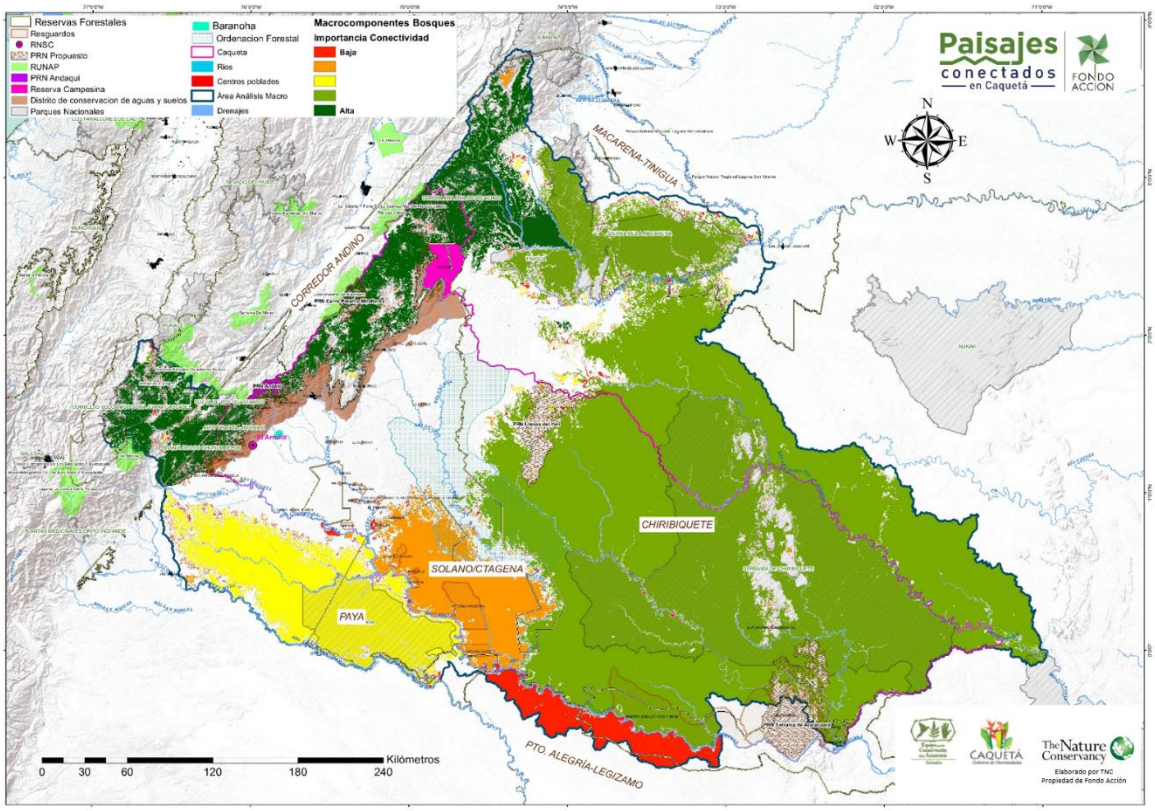


Figura 7. Oportunidades de conservación en el departamento de Caquetá (de fondo los macrocomponentes para la conectividad regional).

Metas de Conservación

Mantener a perpetuidad la actual estructura funcional, que ofrecen los ecosistemas altamente conservados de bosque húmedo tropical, para el mantenimiento de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proveen, promoviendo así el desarrollo socioeconómico sostenible del departamento del Caquetá.

Este objetivo busca desarrollarse en concordancia con los tres ejes en los que se fundamenta el Plan de Desarrollo 2012-2015, “Caquetá, Gobierno de Oportunidades”. Estos ejes son:

- Fortalecimiento de la “bio-región amazónica del Caquetá”
- Compromiso social para mejorar la calidad de vida y el bienestar humano

- Recuperación de la gobernabilidad y convivencia humana

Esta meta se desarrolla en el libro de determinantes ambientales del departamento de Caquetá, producto del esfuerzo conjunto de actores locales y organizaciones comprometidos con el departamento. Varios de estos actores y organizaciones estuvieron presentes en el taller y sugirieron tomarlo en cuenta como guía para la consecución de acciones de conservación en el departamento. Este libro se encuentra en line en el siguiente link: http://www:corpoamazonia.gov.co/files/Ordenamiento/Determinantes/Caqueta_201501.pdf

Modelación de servicios ecosistémicos (producto 2.1)

El concepto de servicios ecosistémicos (SE) ofrece un marco para caracterizar, cuantificar y comunicar los numerosos beneficios que se derivan de la conservación al bienestar humano, como son la provisión de alimento, purificación del agua y mitigación de inundaciones, entre otros (Daily 1997 en Chan, Hoshizaki & Klinkenberg 2011). La sobreexplotación de los recursos naturales alrededor del mundo ha llevado a la degradación de aproximadamente el 60% de los servicios de los ecosistemas globales (MEA 2005b).

Con la ayuda de modelos espacialmente explícitos se pueden analizar patrones espaciales de transformación de los ecosistemas y modelar o simular, bajo escenarios de transformación, el estado de los servicios que proveen. En este sentido, los mapas juegan un rol importante durante todas las fases de un proceso de planificación espacial, trayendo sobre los servicios ecosistémicos la atención de los actores involucrados en procesos de toma de decisiones (van Wijnen *et al*. 2011).

El análisis de los resultados del modelamiento de los servicios ecosistémicos puede permitir la formulación de estrategias para la gestión del territorio, reconociendo el estado de los ecosistemas, y priorizando las áreas importantes para el mantenimiento de los procesos ecológicos que se convierten en beneficios para las poblaciones humanas a diferentes escalas (áreas para conservación, restauración ecológica o reconversión de sistemas productivos).

La priorización de los servicios ecosistémicos a modelar no se realizó de común acuerdo con el consorcio Paisajes Conectados debido al limitado tiempo de ejecución del contrato. A pesar de esto, se elaboraron todas las modelaciones posibles de acuerdo a la información y modelos disponibles, en consecuencia se elaboraron los modelos de calidad de hábitat, almacenamiento de carbono, rendimiento hídrico, retención de nutrientes y retención de sedimentos. En adición, la participación en el “Seminario

internacional sobre valoración de servicios ecosistémicos en la Amazonia colombiana" desarrollado entre el 4 y 6 de marzo de 2015 en Florencia Caquetá, permitió identificar las prioridades de los participantes, en las que resaltaban los servicios de oferta hídrica y almacenamiento de carbono.

Para el modelamiento se utilizó la herramienta *InVEST* (*Integral valuation of ecosystem services and tradeoffs*), desarrollada por la iniciativa *Natural Capital Project* (*NatCap,* http://www.naturalcapitalproject.org/) en la que participan instituciones como la Universidad de Stanford, *The Nature Conservancy* (TNC) y el Fondo mundial para la Naturaleza (*WWF*). En su versión actual, esta herramienta ayuda a proveer la información necesaria para identificar áreas prioritarias en el paisaje para la provisión de varios servicios ecosistémicos. Sin embargo, es importante aclarar que en la mayoría de los casos aun no permite su cuantificación para traducirlos en mecanismos de pago por servicios ambientales. Igualmente, es relevante anotar que los modelos consideran la heterogeneidad del paisaje en la determinación del suministro de servicios ecosistémicos, siendo afectados por la escala a través de la cual se estiman. Por esta razón, aún es necesario desarrollar métodos para validar su confiabilidad a múltiples escalas. Es por esto que están siendo sometidos a modificaciones, ajustes y actualizaciones permanentes, con el objetivo de ir ampliando sus ámbitos de aplicación (Tallis & Polasky, 2009).

La información que se obtiene de los modelos está diseñada para brindar insumos a los tomadores de decisiones sobre la gestión de los recursos naturales. Esencialmente, proveen información sobre cómo los cambios en los ecosistemas determinan, a su vez, cambios en los flujos de los beneficios de los ecosistemas a las personas. A continuación se describen las características principales de cada modelo implementado, con sus alcances y limitaciones, y se interpretan y discuten los resultados de su modelación (espacialmente explícita) como aproximación al estado de provisión de cada servicio en el departamento de Caquetá. Estos resultados son un insumo base para la selección de áreas prioritarias para la conservación y conectividad departamental. En el Anexo 3 se presenta una descripción de las entradas, procesos y salidas de los modelos implementados, como información de soporte.

Calidad de Hábitat

El servicio ecosistémico *Calidad de Hábitat* hace referencia a la habilidad de los ecosistemas para proveer las condiciones apropiadas para la persistencia de individuos y poblaciones (Hall *et al.* 1997). Es considerada una variable continua, dentro de un rango que varía de bajo a alto (0 - 1). El modelo utilizado combina información básica sobre la cobertura de la tierra y las amenazas a la biodiversidad para producir un mapa, a partir de

un valor de calidad de hábitat para cada *pixel* en el paisaje (tamaño de pixel 30x30). Como resultado, mapea o espacializar los probables impactos en las áreas definidas como hábitat, de acuerdo a su ubicación e intensidad del uso de la tierra (las áreas del paisaje que no son consideradas hábitat tienen un valor de 0). El modelo evidencia cómo los tipos de cobertura natural, modificados por la actividad humana, causan degradación y fragmentación del hábitat afectando la continuidad en flujos ecológicos y reduciendo el tamaño de los parches de hábitat contiguos. Es necesario tener en cuenta que el paisaje modelado está inmerso en un paisaje más amplio en donde pueden estar operando amenazas (por afuera del límite del área de estudio). En este sentido, otra de las limitaciones del modelo es que las amenazas son aditivas y que en muchos casos pueden ser sinérgicas y, por lo tanto, mayores a la sumatoria de amenazas individuales (Sharp et al. 2014).

Las siguientes son las amenazas que se tuvo en cuenta en la modelación: áreas en pastos, áreas dedicadas a la agricultura, zonas urbanizadas y vías primarias, establecidas en el Mapa de Cobertura de la Tierra (SINCHI 2012, escala 1:100.000, (figura 8). El modelo contempla un factor de accesibilidad de estas áreas a las áreas no transformadas o amenazadas, de acuerdo con las figuras que restringen el uso, como las siguientes áreas de conservación y protección existentes en el departamento:

- sistemas municipales y regionales de áreas protegidas
- parques nacionales naturales
- zona de ordenación forestal
- parques regionales naturales
- resguardos indígenas
- reserva campesina
- Distrito de Conservación de Aguas y Suelos
- área de Reserva de la Ley Segunda de 1959.

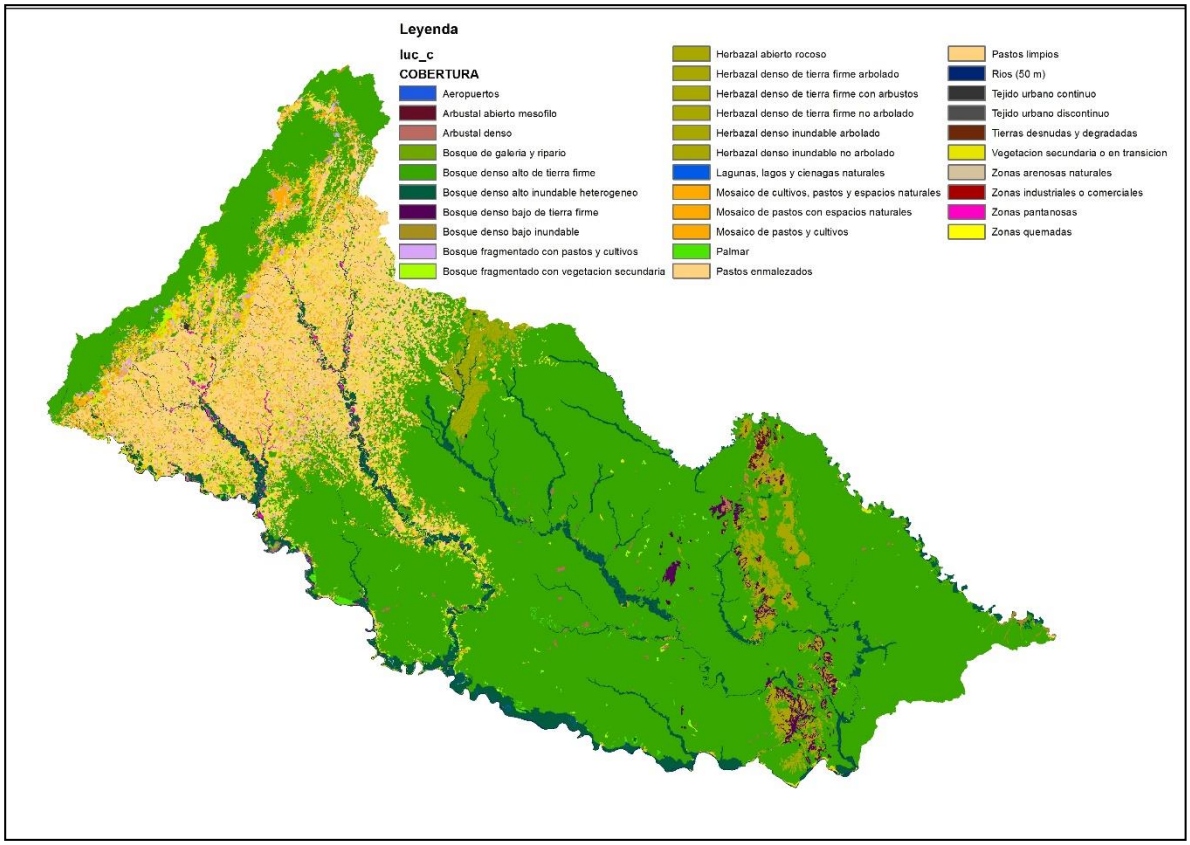


Figura 8. Mapa de Cobertura de la Tierra (Sinchi 2012, escala 1:100.000)

Los resultados del modelo asumen que las áreas con hábitat de valores altos son mejores para mantener la biodiversidad que aquellas áreas con valores bajos. Sin embargo, esto no significa que las áreas con valores bajos no sean áreas importantes para la conservación y conectividad.

Según el informe de monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonía colombiana (escala 1:100.000), el departamento de Caquetá es la región que presentó mayor pérdida de área de bosque entre los años 2002 y 2007 (Murcia *et al.* 2011). Los resultados aquí obtenidos muestran que el sector del piedemonte del departamento presenta las áreas con menor calidad de hábitat (Figura 9), que corresponden a coberturas de pastos dedicados a la ganadería. Las áreas dedicadas a la agricultura representan comparativamente una amenaza menor. En general, el patrón de distribución de la calidad de hábitat en el departamento sigue el patrón de transformación histórica de los ecosistemas. En la zona de cordillera aún se encuentran importantes áreas para la conservación, pero ya interrumpidas por la deforestación lo largo del eje vial principal, y solo vuelven a aparecer grandes bloques de bosque en la planicie amazónica en

cercanías del Parque Nacional Natural Chiribiquete. Igualmente, se observan remanentes de bosque inundable a lo largo de los principales ríos, con valores altos de calidad de hábitat, como es el caso de los ríos Caguán, Caquetá y Orteguaza, inmersos en una matriz de paisaje altamente transformada.

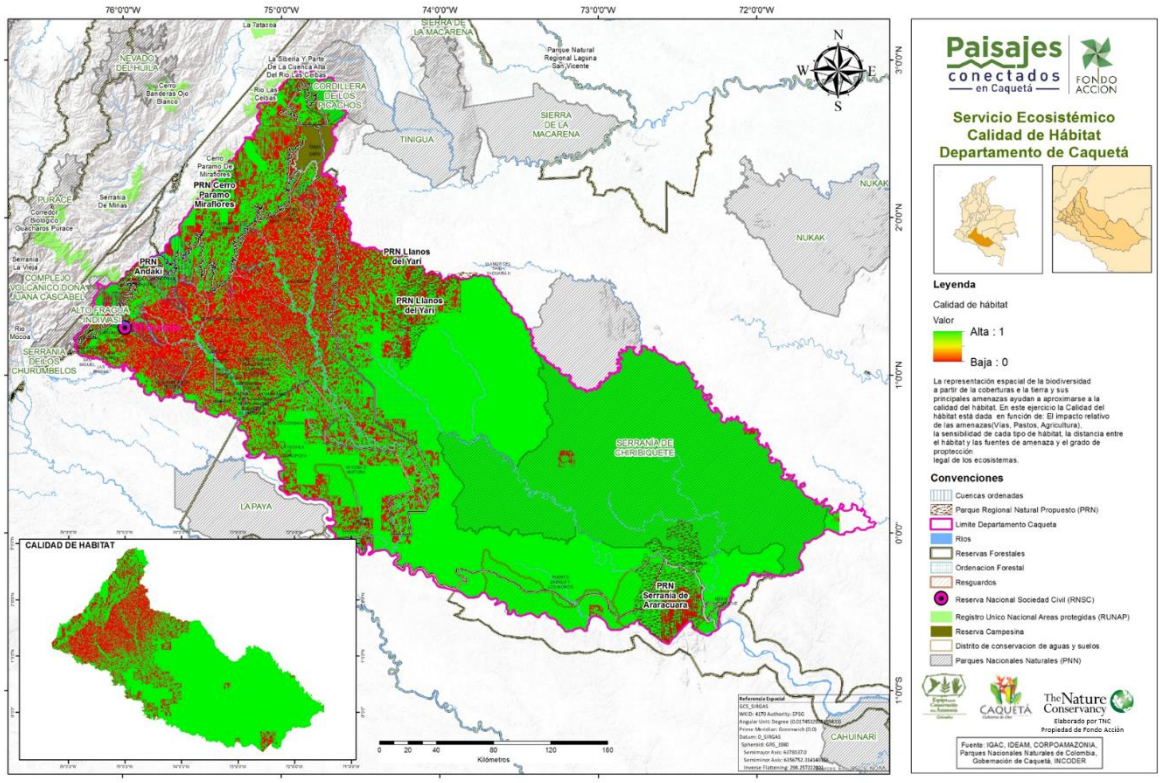


Figura 9. Mapa del servicio ecosistémico *Calidad de Hábitat* en el departamento de Caquetá.

Consideraciones, limitaciones y conclusiones

El modelo de calidad y degradación de hábitat utiliza información de la cobertura de la tierra combinada con información sobre la magnitud y distancia de amenazas identificadas y calificadas a partir de las condiciones del contexto del hábitat evaluado, para generar dos capas de salida que muestran una calificación de la calidad y de la degradación de las áreas naturales en el área de estudio.

Como limitantes se encuentra que el modelo no tiene en cuenta amenazas o impulsores externos de degradación de hábitat y asume que las figuras de conservación y ordenación de los territorios considerados son efectivas para la conservación de la biodiversidad.

Los resultados del modelo a escala departamental utilizando cobertura de la tierra escala 1:100.000 muestran grandes extensiones de áreas protegidas en el norte del departamento y en las inmediaciones del Parque Nacional Natural Chiribiquete que presentan altos valores de calidad de hábitat.

Almacenamiento de carbono

Los ecosistemas ayudan a regular el clima de la tierra, adicionando y removiendo gases efecto invernadero, como el CO2, de la atmosfera (IPCC 2006). Los cambios en el uso de la tierra causados por la extracción de maderas, la agricultura y ganadería, entre otras actividades, liberan el carbono almacenado en la vegetación a la atmosfera (Sharp *et al.* 2014). La deforestación en los trópicos ha sido responsable por el 15 a 25% del total de emisiones de GEI a nivel global.

El modelo de *Almacenamiento de Carbono* utiliza información de los siguientes cuatro tipos de reservas de carbono (*pools*): biomasa aérea, suelo, materia orgánica y biomasa subterránea. La biomasa aérea está compuesta de todo el material vegetal vivo por encima del suelo (p.e. pastos, material herbáceo, ramas, hojas, entre otros). La biomasa subterránea corresponde a la del sistema radicular. La información para los diferentes *pools de carbono* se obtiene de información secundaria, proveniente de tablas alométricas que asignan valores de carbono de acuerdo a cada tipo de vegetación (Natural Capital Project 2006/Actual). Los valores de carbono son asignados a los diferentes tipos de uso o cobertura de la tierra definida en el Mapa de Cobertura de la Tierra (SINCHI 2012, escala 1:100.000 (Figura 8).

Es importante anotar que, una de las limitaciones del modelo consiste en que simplifica el ciclo del carbono, lo que también constituye una ventaja porque permite correrlo con poca información. Por otro lado, el modelo asume que ninguno de los tipos de cobertura de la tierra en el paisaje se encuentra ganando o perdiendo carbono a través del tiempo (Sharp *et al.* 2014). Otra de sus limitaciones es que no contempla eventos de disturbio, como incendios forestales, invasión de especies exóticas o enfermedades de la vegetación que, en conjunto, podrían tener impactos significativos en el almacenamiento de carbono. Adicionalmente, el modelo ignora variaciones locales en el clima, también con posible incidencia significativa en el almacenamiento de carbono (Conte *et al*. 2011 en Kareiva *et al.* 2011).

Los resultados del modelo indican las toneladas métricas de carbono almacenado por hectárea, para cada tipo de uso o cobertura de la tierra, ver anexo 3. En el caso del departamento de Caquetá, los resultados muestran que las coberturas boscosas almacenan, como es de esperarse, las mayores cantidades de carbono (Figura 10). El área en bosque es de cerca del 72% de la extensión del departamento, aproximadamente 6´.456.021 ha (SINCHI, 2012). Las áreas con valores altos de carbono, cerca de 24 toneladas métricas (Mg/pixel), corresponden a estas áreas. Por el contrario, los valores intermedios están asociados a otros tipos de coberturas vegetales, tales como arbustales y herbazales. Estos últimos son sabanas inundables (humedales) de alta importancia ecológica. Los valores bajos en almacenamiento de carbono están asociados a coberturas antrópicas no boscosas.

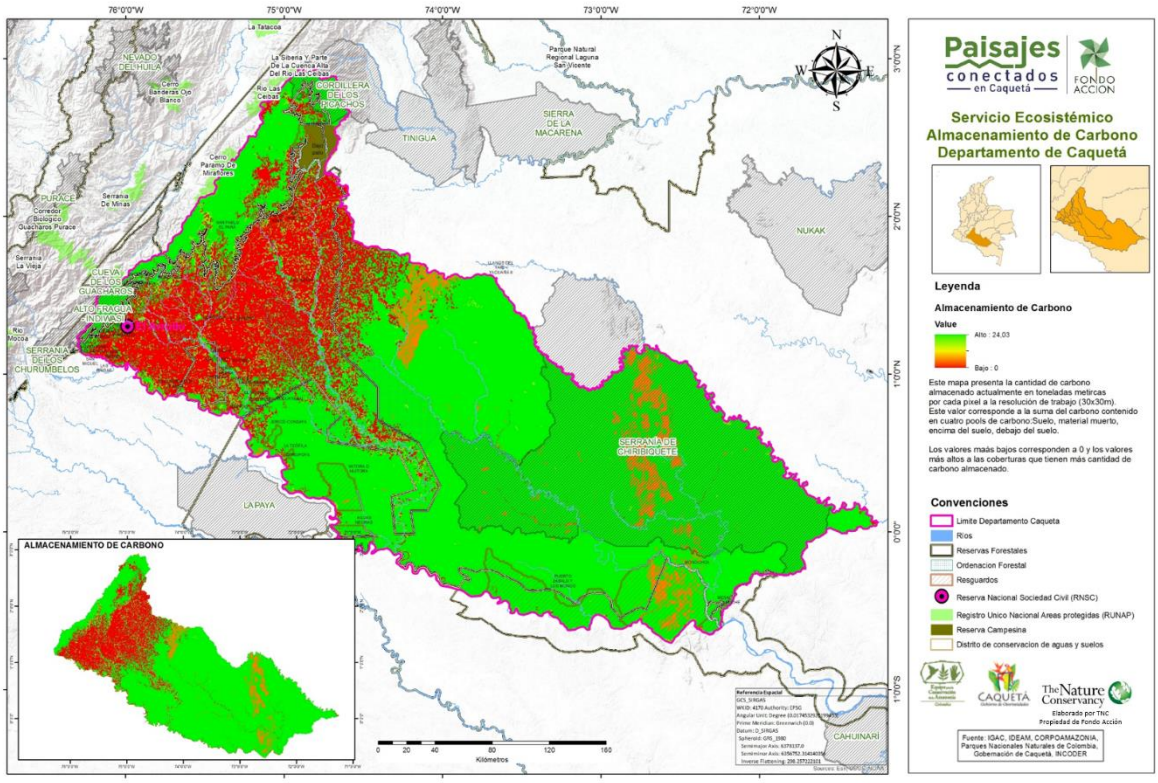


Figura 10. Mapa del servicio ecosistémico *Almacenamiento de carbono* en el departamento de Caquetá.

Rendimiento Hídrico

El modelo de rendimiento hídrico está diseñado para evaluar cómo la cobertura o uso de la tierra afecta la escorrentía de agua superficial, a través de un paisaje determinado. El rendimiento hídrico en un paisaje se entiende como toda la precipitación que no es evaporada. Es un modelo esencialmente biofísico que estima, de manera aproximada, el suministro potencial de agua para diferentes usos, como consumo humano, irrigación o producción de energía. El modelo utiliza información disponible sobre variables bioclimáticas, combinada con información de la cobertura actual de la tierra. Cabe mencionar que una de sus grandes limitaciones consiste en que utiliza información de precipitación y evapotranspiración promedio anual, y no considera dinámicas estacionales en la provisión de agua. Igualmente, simplifica el ciclo hidrológico, con el objetivo de que pueda trabajarse con relativamente poca información.

Los resultados obtenidos del modelo comprenden una estimación de rendimiento hídrico en milímetros por píxel y datos de rendimiento hídrico, complementados con variables bioclimáticas para cada cuenca y subcuenca en el área de estudio. Se aclara que el parámetro limitante de este modelo son los valores de precipitación que provienen de una base mundial denominada Worldclim. Dentro de los resultados obtenidos se observa que en el sector noroccidental del departamento se encuentran las zonas con valores más bajos en rendimiento hídrico (color rojo en la Figura 11) y en el sector suroccidental las zonas con mayor rendimiento hídrico (color verde en la Figura 11). Los valores medios de rendimiento hídrico en el área central del departamento se deben a la baja resolución de los valores de precipitación del raster utilizado.

En la Figura 12 se presenta el rendimiento calculado por el modelo para las zonas hidrográficas del departamento de Caquetá. Las cuencas del río Caquetá y Apaporis suministran la mayor cantidad de agua en el área de estudio y las zonas del alto Magdalena y Guaviare los valores más bajos. En la Figura 13 se presentan los resultados de rendimiento hídrico promedio para las subzonas hidrográficas en el departamento.

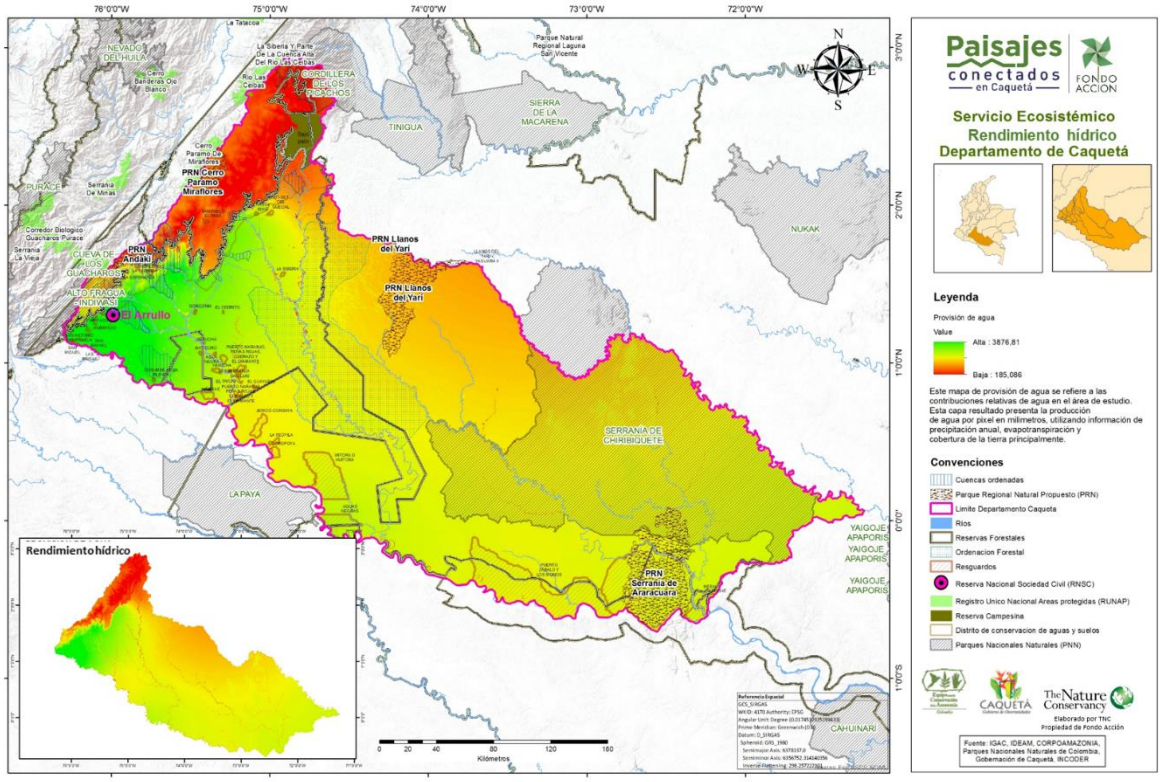


Figura 11. Mapa del servicio ecosistémico *Rendimiento hídrico* en el departamento de Caquetá.

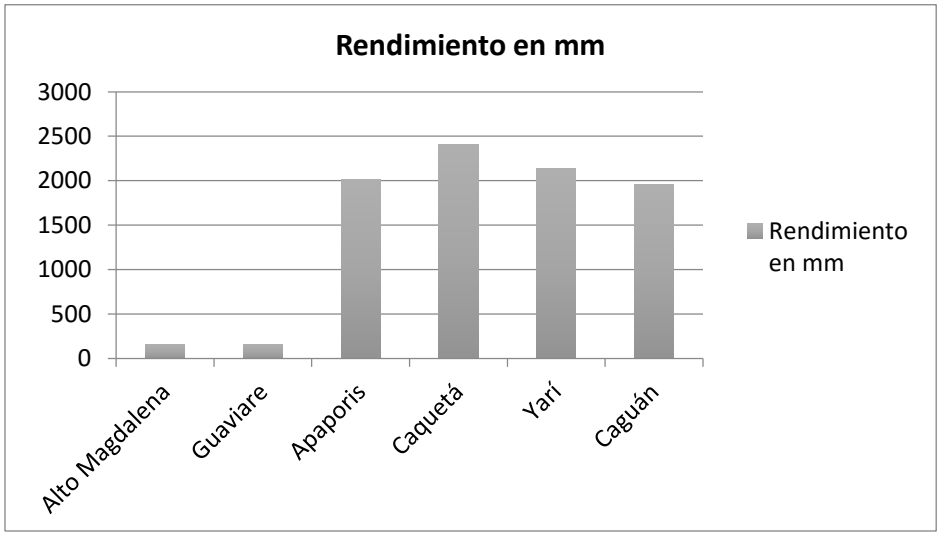


Figura 12. Rendimiento hídrico por zonas hidrográficas en el departamento de Caquetá.

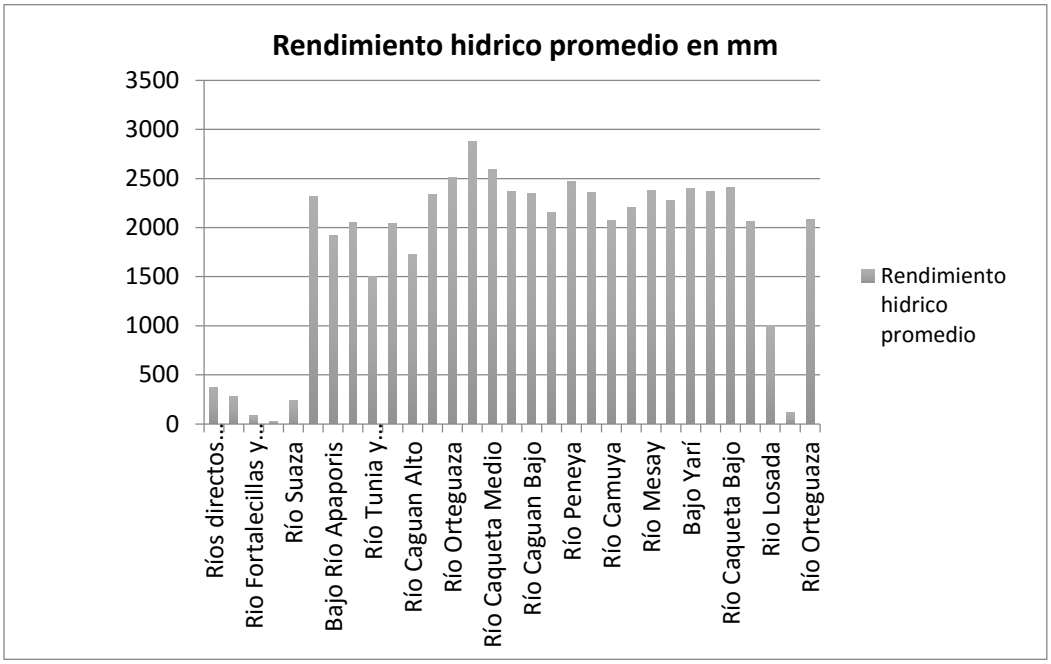


Figura 13. Rendimiento hídrico promedio por subzonas hidrográficas en el departamento de Caquetá.

Consideraciones, limitaciones y conclusiones

El modelo de rendimiento hídrico aunque está concebido como insumo para estimar la potencialidad para la producción de energía en hidroeléctricas como servicio final ofrece información valiosa que adecuadamente interpretada, permite tener en cuenta el comportamiento de variables del ciclo hidrológico como precipitación y evapotranspiración en los flujos de agua superficial de acuerdo al tipo de cobertura o uso del suelo en un área de interés.

El modelo de rendimiento hídrico está diseñado para evaluar cómo la cobertura o uso de la tierra afecta la escorrentía de agua superficial, a través de un paisaje determinado. El rendimiento hídrico en un paisaje se entiende como toda la precipitación que no es evaporada. Los resultados deber interpretarse como que zonas con mayor rendimiento hídrico son zonas con mayor escorrentía superficial y las zonas con menor rendimiento hídrico son aquellas donde existe una mayor capacidad de regulación hídrica por la cobertura vegetal existente. Los resultados de este modelo se pueden complementar con el de retención de nutrientes y retención de sedimentos para aproximarse a entender el cambio en procesos ecológicos por la pérdida de cobertura vegetal y la importancia de su

mantenimiento para el suministro de agua y la gestión del riesgo de desastres por ejemplo.

Su principal limitación consiste en que utiliza información de precipitación y evapotranspiración promedio anual, y no considera dinámicas estacionales en la provisión de agua. Igualmente, simplifica el ciclo hidrológico, con el objetivo de que pueda trabajarse con relativamente poca información.

Retención de Nutrientes

El papel del suelo y la vegetación en la retención de nutrientes del agua es esencial para el bienestar humano ya que este servicio ecosistémico, influye directamente en la calidad del agua. El modelo implementado estima las contribuciones de la vegetación y el suelo en la purificación del agua, por medio de la remoción de nutrientes contaminantes del agua. Utiliza información de los insumos y resultados del modelo de *Rendimiento Hídrico* y la cobertura de la tierra, para calcular la cantidad de nutrientes retenidos por cada cuenca hidrográfica en el área de estudio. El suministro de este servicio ecosistémico está basado en un coeficiente de retención de nutrientes de cada tipo de cobertura. Esta retención está influenciada por la escorrentía (calculada en el modelo de *Rendimiento Hídrico*), la vegetación y los tipos de suelo (Tallis *et al.* n.d.). Los resultados intermedios obtenidos indican el valor de nutrientes transportados a las corrientes de agua, que no son absorbidos por la vegetación y los suelos. El valor fluctúa entre 0 y 1, donde las áreas que no tienen capacidad de retención tienen un valor bajo o cercano a 0. Como se aprecia en la Figura 14, las áreas con vegetación natural intacta o en buen estado de conservación, tienden a ser retenedores netos de nutrientes.

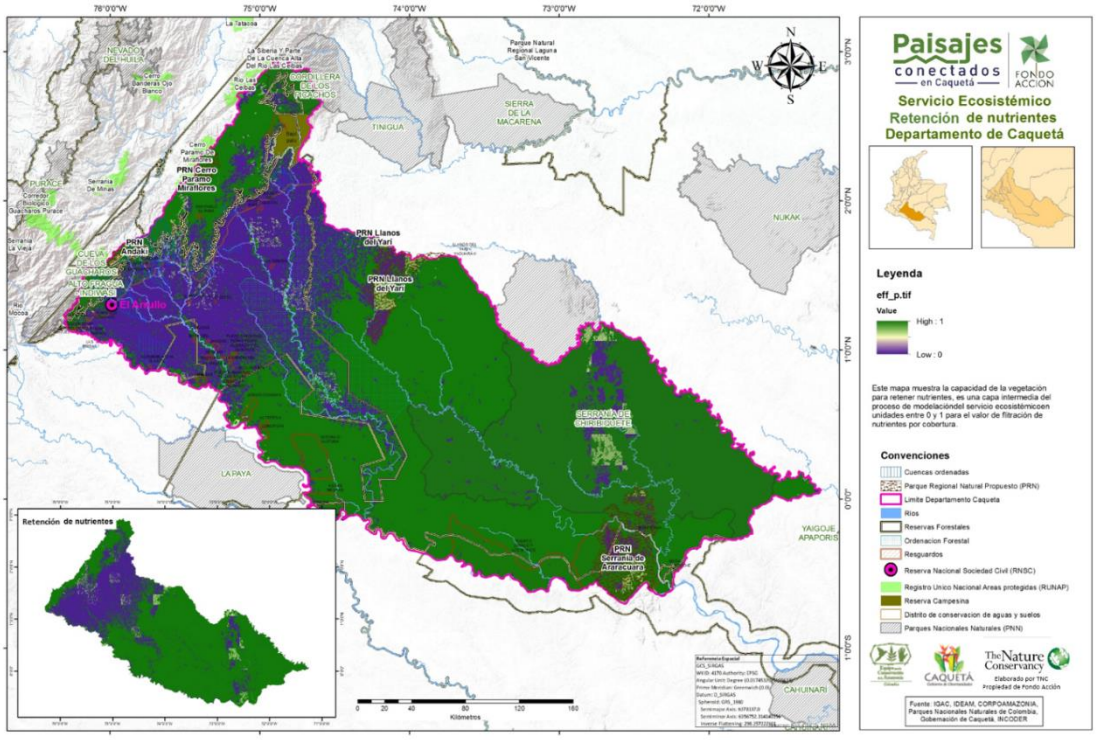


Figura 14. Mapa del servicio ecosistémico *Retención de nutrientes* en el departamento de Caquetá.

Consideraciones, limitaciones y conclusiones

El modelo implementado estima la contribución de la vegetación y el suelo en la purificación del agua por medio de la remoción de nutrientes contaminantes de las fuentes de agua principalmente nitrógeno y fosforo. El modelo usa información de los insumos y resultados del modelo de rendimiento hídrico, la cobertura de la tierra, la retención de sedimentos y estima la capacidad para la retención de nutrientes para un escenario de cobertura de la tierra como el actual en unidades de kilogramos por año.

Dentro de sus limitaciones está que el modelo fue desarrollado para cuencas hidrográficas y paisajes dominados por una saturación de escorrentía superficial, adicionalmente el modelo no tiene en cuenta interacciones biológicas y químicas que pueden ocurrir desde el punto de descarga hasta el punto de interés.

Otra limitación es que el modelo asume que existe continuidad en el flujo hidráulico. Los usuarios deben estar atentos a cualquier continuidad en la ruta de flujo.

Retención de sedimentos

La erosión y la retención de nutrientes son procesos naturales que determinan la concentración de partículas en las corrientes de agua superficial. A su vez, estas dinámicas están determinadas por el clima (principalmente la intensidad de la lluvia) y las propiedades de los suelos, la topografía y los factores antropogénicos. En consecuencia, los cambios en cobertura y uso de la tierra modifican la cantidad de sedimento que escurre en una cuenca determinada (Sharp *et al.* 2014). Entender dónde se producen los sedimentos, permite tomar medidas para una gestión de reducción de la carga de sedimentos, mediante cambios en sistemas productivos sedimentógenos aguas arriba de las cuencas (p.e. la reconversión de la ganadería extensiva por sistemas silvopastoriles o agroforestales). En este caso particular, los resultados obtenidos hacen referencia a la retención de sedimentos en el departamento (Figura 15).

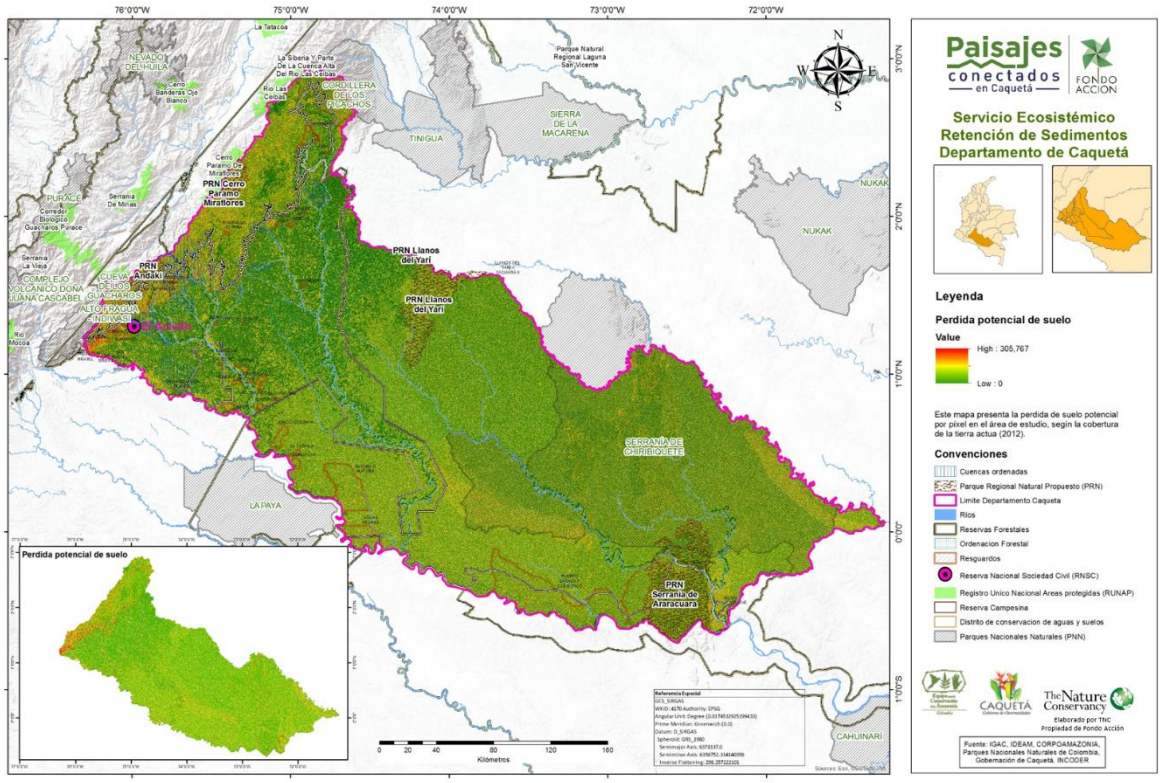


Figura 15. Mapa del servicio ecosistémico *Retención de sedimentos* en el departamento de Caquetá.

Consideraciones, limitaciones y conclusiones

El objetivo de este modelo es el de mapear la generación de sedimentos superficiales a las fuentes de agua. El modelo de retención de sedimentos puede brindar información para entender donde son producidos los sedimentos permite tomar medidas de gestión para la reducción de la carga de sedimentos y diseñar estrategias para reducir cuencas abajo la carga de sedimentos de los sistemas productivos aguas arriba de las cuencas.

Dentro de las limitaciones se encuentra que dada la simplicidad del modelo y el bajo número de parámetros, las salidas del modelo son muy sensibles, los efectos en los parámetros empíricos de las ecuaciones que sustentan el modelo tienen un amplio efecto sobre los resultados. Los datos que alimentan el modelo y los supuestos del mismo están basados en condiciones y contextos diferentes de aplicación. La consecución de datos ajustados a condiciones de aplicación es necesaria sin embargo ofrece información valiosa para profundizar en análisis posteriores.

Conclusiones generales

En el componente de servicios ecosistémicos (SE) se realizaron ejercicios de modelación a escala departamental para el departamento de Caquetá y a escala local para la ventana de trabajo definida en el área de influencia de los municipios de San José de Fragua y Belén de los Andaquíes.

Los modelos implementados fueron: calidad de hábitat, rendimiento hídrico, almacenamiento de carbono, retención de nutrientes y retención de sedimentos. Este conjunto de modelos corresponden con la oferta actual de desarrollos para la modelación de SE terrestres que tiene la iniciativa de Valoración Integral de servicios ecosistémicos y tradeoffs, InVEST por sus siglas en inglés, la cual corresponde con un trabajo en progreso con constante actualización y que hace parte del proyecto Capital Natural http://www.naturalcapitalproject.org/. Su implementación se justifica pues cada servicio modelado y su interpretación conjunta, no aislada, puede dar luces sobre la interacción de procesos ecológicos que redundan en beneficios para el bienestar humano.

Los modelos permiten identificar las áreas donde los SE son generados y donde están sus beneficiarios, por otro lado permiten identificar áreas en las que los esfuerzos de conservación rendirían más frutos o serían más eficientes para la estrategia de conservación propuesta, también permiten identificar tradeoffs entre servicios y entre

estos con elementos de la biodiversidad que se pueden expresar espacialmente priorizando acciones y asignación de recursos para lograr metas de conservación definidas. Con la cuantificación y espacialización de los SE se puede tener una idea de cómo los cambios en la cobertura vegetal y la degradación de ecosistemas puede conducir al cambio en el flujo de los beneficios que estos representan.

Los resultados de los modelos implementados en el marco de este proyecto brindan información valiosa sobre procesos ecológicos a dos diferentes escalas pertinentes para la toma de decisiones sobre conservación, vinculando el lado del beneficio que generan los ecosistemas para las poblaciones humanas. Por lo tanto son un insumo importante para la definición de una estrategia de conservación en la que se define un portafolio de áreas para la conservación por la presencia de especies y ecosistemas pero también por su rol en procesos complejos que se evidencian a diferentes escalas y en los que las estrategias de conectividad pueden garantizar la permanencia y flujo de procesos ecológicos complejos a través de paisajes en transformación manteniendo sus beneficios en un paisaje dinámico en su transformación.

Revisión de grupos taxonómicos y aportes para la conservación y la conectividad en el departamento

En el diseño de conservación la información de especies es importante para ayudar a definir la localización y extensión de áreas de conservación en relación a la representatividad de la biodiversidad y viabilidad de las áreas. Las especies permiten también avanzar en el análisis de funcionalidad de las áreas seleccionadas. Los mapas biogeográficos expuestos con anterior nos indican que tenemos presentes en el área de estudio 2 dominios, 3 provincias y 12 distritos biogeográficos que hacen referencia a proceso evolutivos diferenciales que se expresan en variaciones espaciales en la composición de la biodiversidad. Para representar espacialmente el resultado de estos procesos se deben utilizar grupos taxonómicos que permitan visualizar esta variabilidad espacial y que también nos ayuden posteriormente a diseñar conectividades que permitan mantener la funcionalidad a nivel de paisaje. Dado que este estudio es indicativo, solo permite resaltar áreas que se consideran importantes para el diseño de estrategias de conservación, pero cuya efectividad solo se puede validar a través de información de campo y monitoreo a largo plazo.

Selección de grupos taxonómicos

En los análisis regionales que incluyen el componente de especies se requiere seleccionar grupos taxonómicos con mayor cantidad y calidad de información, y grupos cuya variabilidad espacial se exprese en diferentes escalas geográficas. En el presente estudio se incluyeron los escarabajos coprófagos, que muestran un alto recambio altitudinal; los anfibios, que exhiben distribuciones muy localizadas y, por lo tanto, tienen mayor grado de endemismo; y las aves y los primates, que presentan una variabilidad que se expresa en escalas más generales (escala de paisaje), sin embargo son excelentes indicadores de integridad y funcionalidad ecosistémica.

La Tabla 1 presenta una síntesis de la información recopilada, revisada y consolidada en las bases de información de los cuatro grupos taxonómicos estudiados, y su número de especies priorizadas con criterios de vulnerabilidad (Anexo 3).

GRUPO TAXONÓMICO	Número de registros	Número de especies/subespecies	Número de especies priorizadas con criterios de vulnerabilidad
Escarabajos coprófagos	144	38	11
Anfibios	306	91	39
Aves	9179	755	79
Primates	No aplica	14	3

Tabla 1. Síntesis de la información recopilada y evaluada de especies de los cuatro grupos taxonómicos estudiados para el departamento de Caquetá.

Priorización de grupos taxonómicos para los análisis de conectividad

Se efectuó una priorización de grupo taxonómico de primates para los análisis y el modelamiento espacial de las conectividades *debido al contexto del análisis de conectividad*, orientado a recuperar la continuidad de la cobertura boscosa, la movilidad de las especies esta físicamente restringida a efectuarse dentro del bosque, lo que permite que la simulación de su movimiento entre coberturas se puede recrear a partir de valores de resistencia asignados a las diferentes coberturas con ayuda del criterio de un especialista en el marco de la capacidad de dispersión de la especie en el paisaje.

Priorización de conjuntos de especies como indicadoras de pérdida de hábitat

Al interior de los otros grupos, se evaluó la riqueza general y se priorizaron conjuntos de especies con base en criterios y atributos de vulnerabilidad, con el objetivo de señalar la fauna que en los escenarios de mayor fragmentación presentan el mayor riesgo a la extinción. En este sentido, la ausencia de estos conjuntos de especies se constituye en señal e indicador de pérdida de hábitat, conectividad funcional e integridad ecológica del paisaje, y su presencia es indicador de su estado de conservación o recuperación. Los criterios utilizados fueron el grado de movilidad en el paisaje y la posibilidad de asignar valores de resistencia a las coberturas (Datos de campo) ver tabla 2.

Grupo taxonómico	Movilidad en el paisaje entre coberturas	Establecimiento de valores de resistencia según cobertura
Escarabajos coprófagos	limitada	No
Anfibios	limitada	No
Aves	ilimitada	No
Primates	limitada	Si

Tabla 2. Criterios de priorización para la selección del grupo taxonómico para los análisis de conectividad.

Criterios de selección de las especies Lagothrix lagothrica y Sapajus apella para la identificación de las probabilidades de conectividad

Considerando dos aproximaciones al flujo de especies, una con criterios de movilidad más restringida y la otra más amplia, para los análisis de conectividad en los diferentes

escenarios priorizados se seleccionaron las siguientes dos especies de primates: el mono churuco (*Lagothrix lagothrica*) y el mono capuchino (*Sapajus apella*), cuyas distribuciones tienen similitudes. Ambas especies están en bosques de tierras bajas (la mayor parte del departamento del Caquetá) y en bosques subandinos y andinos, por encima de los 2000 msnm (en las dos vertientes de la Cordillera Oriental, donde los efectos de los procesos de deforestación son más significativos). Los monos churucos son estrictamente arbóreos, utilizando las partes más altas del dosel de los bosques, mientras que los monos capuchinos robustos (*Sapajus spp*.) tienen una mayor propensión a bajar al suelo del bosque a forrajear o a alimentarse de frutos de palmas. En consecuencia, las dos especies comparten los mismos ecosistemas, pero se podría decir que están en extremos opuestos de su tendencia natural a cruzar entre fragmentos de bosque y a usar el estrato terrestre de estos ecosistemas.

Mapa de riqueza relativa de especies vulnerables y endémicas

Solo para las aves fue posible construir un mapa de riqueza relativa de especies vulnerables y endémicas, esto fue posible gracias a la disponibilidad en línea de la herramienta *Biomodelos* del Instituto Humboldt (IAvH), que permitió espacializar la concentración o mayor probabilidad de ocurrencia en el departamento de las especies con mayor vulnerabilidad y endémicas (figura 16). Los puntos de mayor riqueza fueron tomadas como áreas prioritarias para la conservación, mantenimiento y o recuperación de la conectividad. Esta priorización tuvo lugar al sumar el mapa de riqueza relativa de especies vulnerables y endémicas con los mapas de conectividad y servicios ecosistémicos durante el análisis multicriterio.

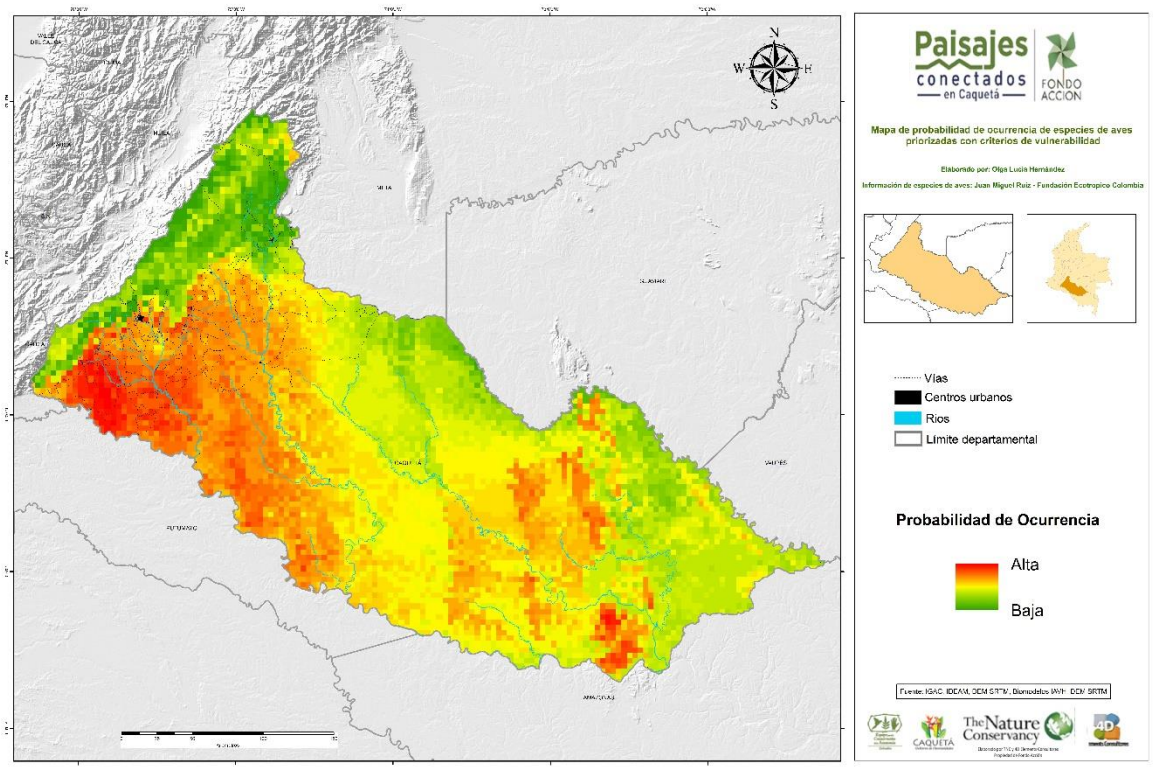


Figura 16. Mapa de riqueza relativa de especies vulnerables y endémicas.

Conclusiones y recomendaciones

La recopilación de información sobre registros y distribución de especies permitió establecer el estado de conocimiento de estos cuatro grupos taxonómicos en el departamento del Caquetá. Los valores de biodiversidad son altos si se consideran en relación a datos nacionales. Se destacan por riqueza y endemismo el PNN Serranía de Chiribiquete (escudo guyanés) y la zona de piedemonte del río Caquetá-Orteguaza (Depto. Caquetá) y en zonas circundantes el PNN Picachos, El DME de la Serrania de la Macarena y el interfluvio Caquetá Putumayo. La información sobre la vertiente andina al sur de Picachos es bastante pobre y no permite tomar conclusiones sobre su importancia biogeográfica. Los distritos biogeográficos propuestos por Hernández et al (1993) y revisados por De la Torre et al (2014) todavía no cuentan con suficiente información para confirmarlos como unidades biogeográficas.

Se identificaron conjuntos de especies indicadoras que son sensibles a la fragmentación y que pueden ser utilizados en programas de monitoreo sobre pérdida de biodiversidad e integridad del paisaje.

Solamente para primates se logró obtener información suficiente de la capacidad de especies para movilizarse en paisajes transformados y fragmentados, con el fin de ayudar en el diseño de corredores funcionales. Se seleccionaron dos especies (*Lagothrix lagothrica* y Sapajus apella) la primera una con baja capacidad y la otra más tolerante a moverse paisajes transformados.

Los análisis de especies de todos los grupos contaron con el criterio de especialistas (expertos), con el objetivo de contrarrestar las inconsistencias y los vacíos de información, y lograr un resultado más riguroso en las aproximaciones resultantes.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA EL NIVEL DEPARTAMENTAL (producto 3)

Documento soporte de análisis multicriterio para el nivel departamental (producto 3.2)

Como se menciona en el documento de priorización de áreas de conservación, durante la priorización participativa los expertos y actores locales que acudieron a taller desarrollado en Florencia, a el nivel departamental se priorizaron cinco áreas de análisis y seis escenarios para ejecutar los análisis de conectividad (figura 5). Estas áreas y sus escenarios se relacionan a continuación:

Área de análisis Cordillera

Escenarios: Áreas protegidas y territorios colectivos
Microcuencas

Área de análisis Chiribiquete

Escenario: Frente de deforestación Yarí-Caguán

Estas dos áreas se priorizaron por su relevancia para mantener o recuperar la conectividad de los fragmentos de los ecosistemas naturales y, en consecuencia, contribuir a conservar la biodiversidad regional.

Área de análisis Andino-Amazónica

Escenarios: Cuencas de los ríos Caquetá y Orteguaza

Cuenca del rio Caguán

Picachos-Macarena-Tinigua

Esta área y los escenarios que involucra fueron priorizados por su potencial para aumentar la conectividad del gradiente de ecosistemas que abarca el departamento, desde la cordillera hasta la planicie amazónica.

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Cordillera

Áreas protegidas y territorios colectivos

Este escenario propone aumentar la conectividad entre los bosques de las figuras de protección y conservación existentes en los niveles municipal, regional y nacional, y los territorios colectivos de la cordillera oriental (figura 17).

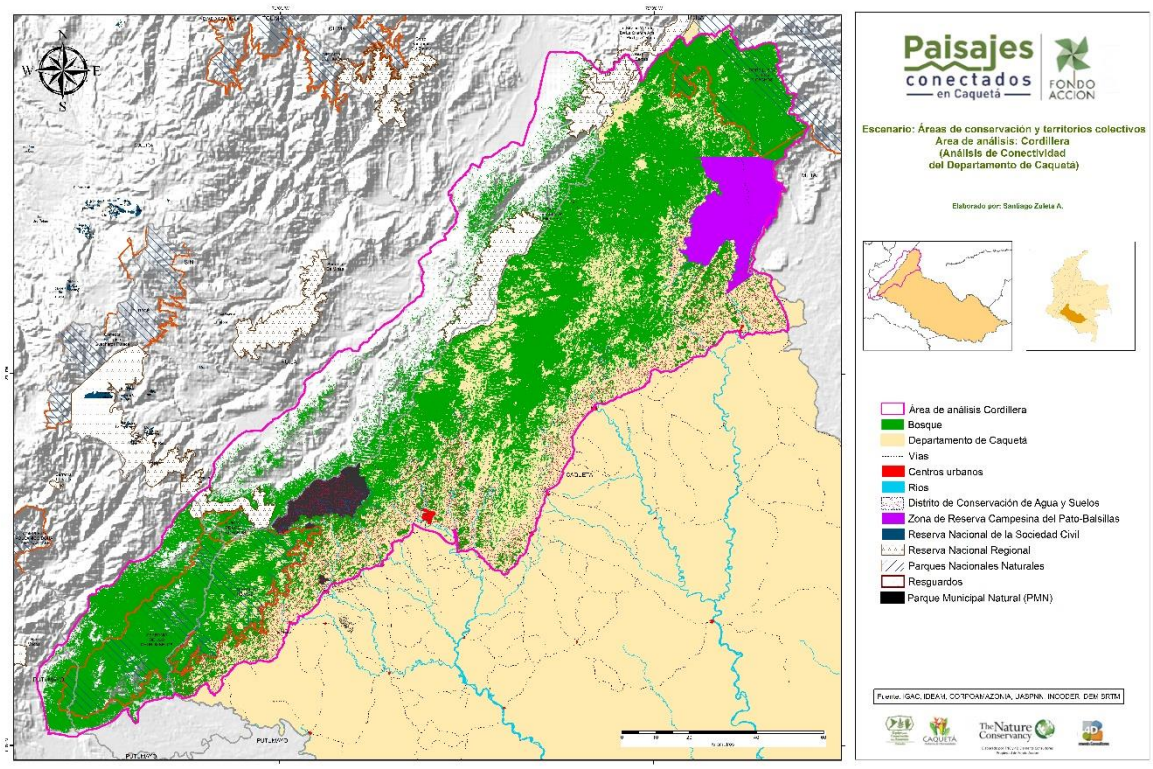


Figura 17. Escenario de áreas protegidas y territorios colectivos, área de análisis Cordillera.

Microcuencas

Este escenario plantea potenciar la conectividad de los fragmentos remanentes de bosque de las microcuencas a lo largo de la vertiente oriental de la cordillera en el departamento que, en conjunto, hacen parte de las subzonas hidrográficas Alto Caquetá, Caquetá Medio, Río Pescado, Río Orteguaza, Río Guayas y Alto Caguán. En particular, las microcuencas de las quebradas El Arenoso, Las Damas, río Doncello, quebradas La Borugo, Las Margaritas, río Hacha, río Bodoquero, quebrada La Resaca y río Fraguachorroso cuentan con planes de ordenamiento y manejo (POMCAs) aprobados (figura 18).

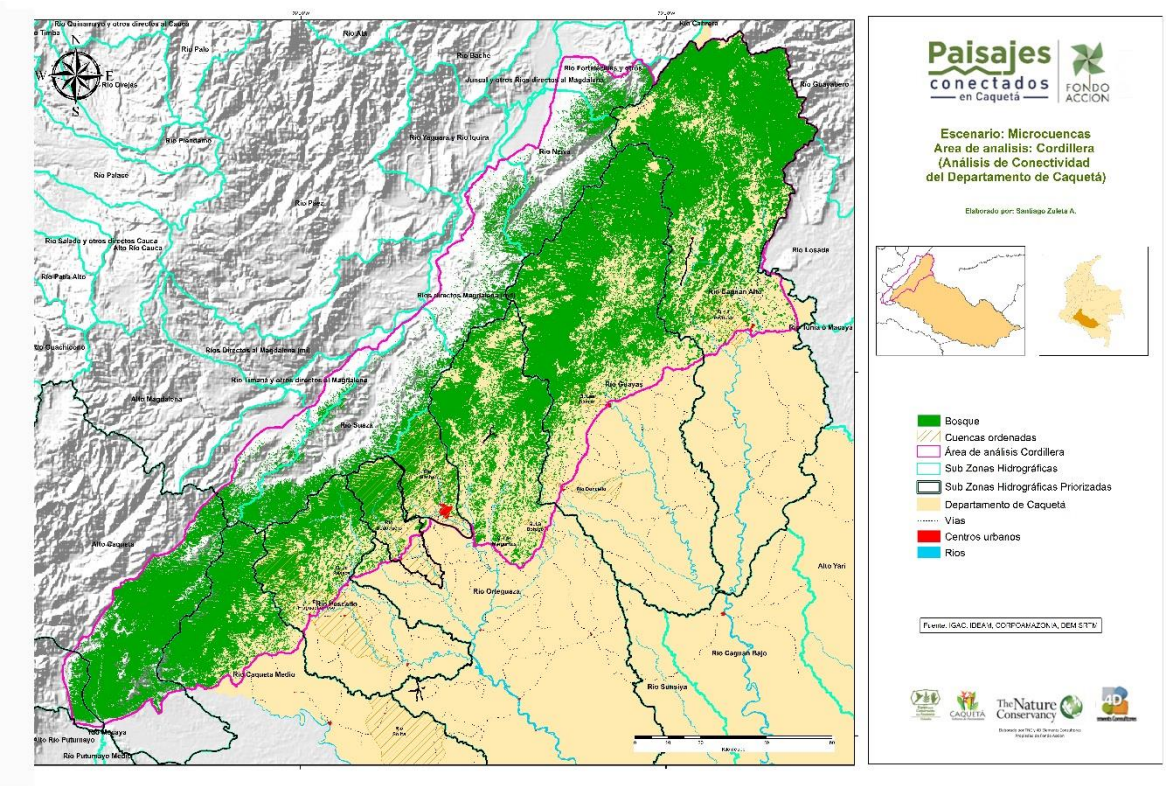


Figura 18. Escenario de Microcuencas, área de análisis Cordillera.

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Chiribiquete

Frente de deforestación Yarí-Caguán

En cuanto al área de análisis *Frente de deforestación* Yarí-Caguán (Figura 32), sus límites son los siguientes: al occidente, el margen izquierdo del rio Caguán; al oriente y sur, el frente de colonización Yarí-Caguán, y al norte la Quebrada Guadualocita. Este escenario corresponde a Reserva Forestal de Ley 2nda y Ordenación Forestal (vocación de uso agroforestal). El objetivo de su priorización es evaluar las oportunidades de conectividad entre los fragmentos de bosque remanentes en la periferia de dicho frente de colonización para promover la implementación de alternativas de manejo que mitiguen y estabilicen el avance de la colonización (figura 19).

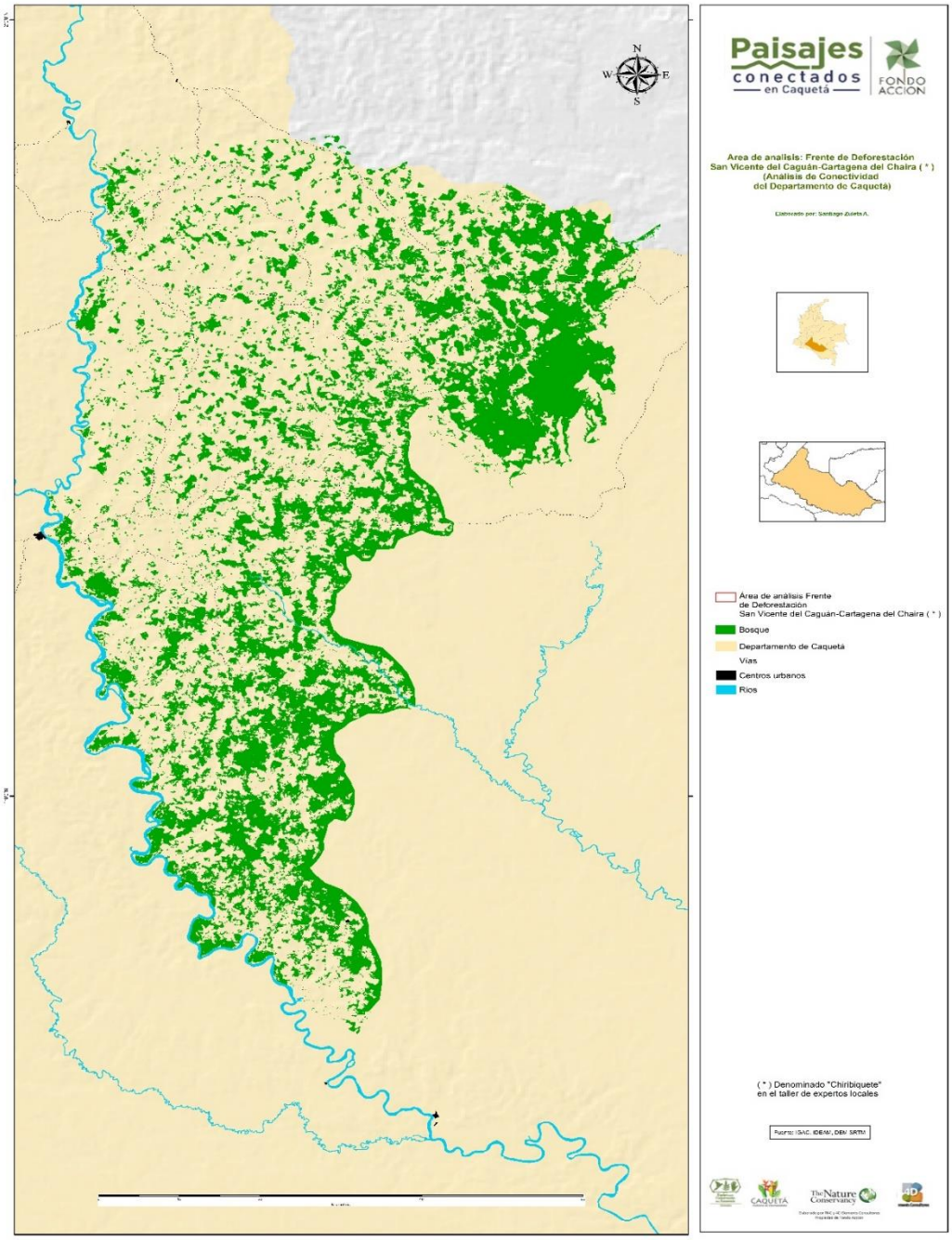


Figura 19. Escenario frente de deforestación Yarí-Caguán, área de análisis Chiribiquete.

Descripción de Escenarios del Área de Análisis Andino- Amazónica

Cuencas de los ríos Caquetá y Orteguaza, Cuenca del rio Caguán y Picachos-Macarena-Tinigua

Estos tres sectores (escenarios) se plantearon para aumentar la conectividad andino-amazónica ver figura 20.

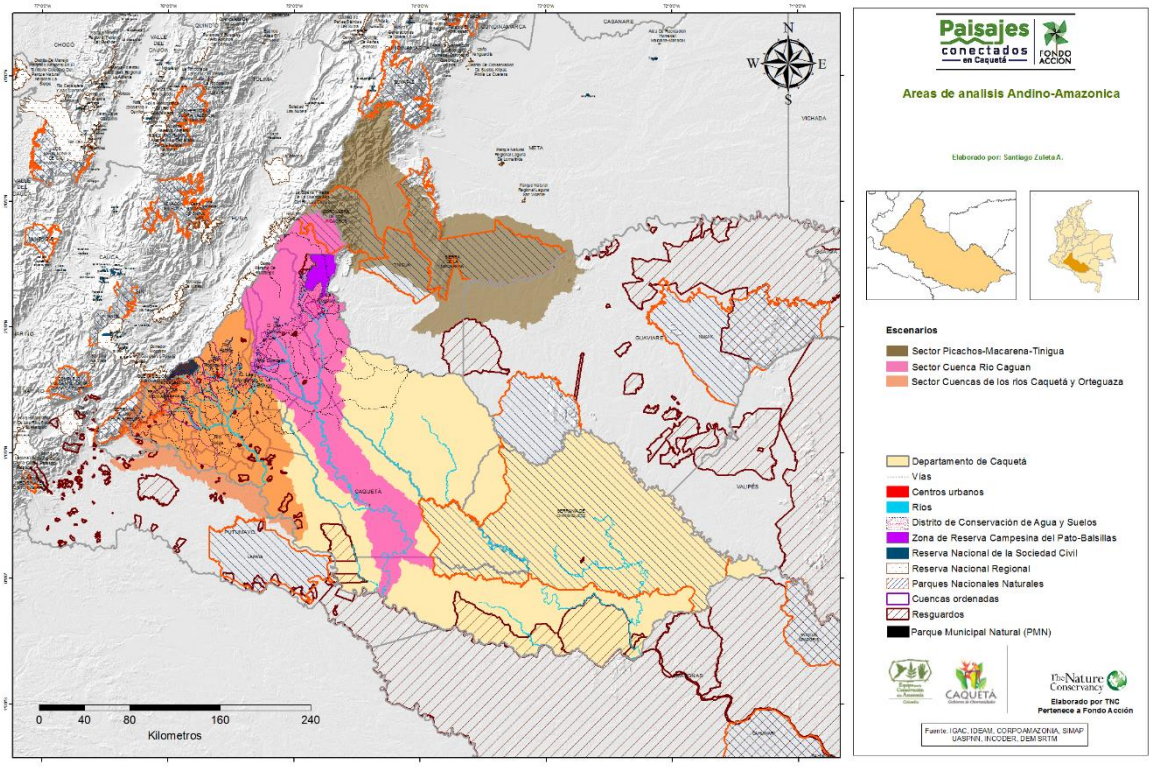


Figura 20. Escenarios del área de análisis Andino-Amazónica

Para cada escenario se desarrollo un análisis de conectividad independiente, al final se sumaron los resultados de cada análisis para elaborar el mapa integrado de conectividades que se presentara más adelante, en el que se propone una conectividad a nivel regional.

Para el área de análisis *Cordillera* primero se extrajo la capa de bosque/no bosque correspondiente a las áreas protegidas y territorios colectivos. Se clasificaron los fragmentos de bosque según su tamaño y se seleccionaron los de mayor continuidad y

proximidad en la matriz boscosa como componentes o zonas núcleo. Los nueve (9) componentes (o zonas núcleo) seleccionados se presentan en la figura 21, agrupados en los siguientes cuatro (4) conjuntos: 1-Fragua-Indiwasi-Guacharos, 2-Miraflores (corresponde a tres componentes no continuos pero bastante próximos), 3- Reserva Campesina Andaquí y Picachos y 4-Río La Ceiba.

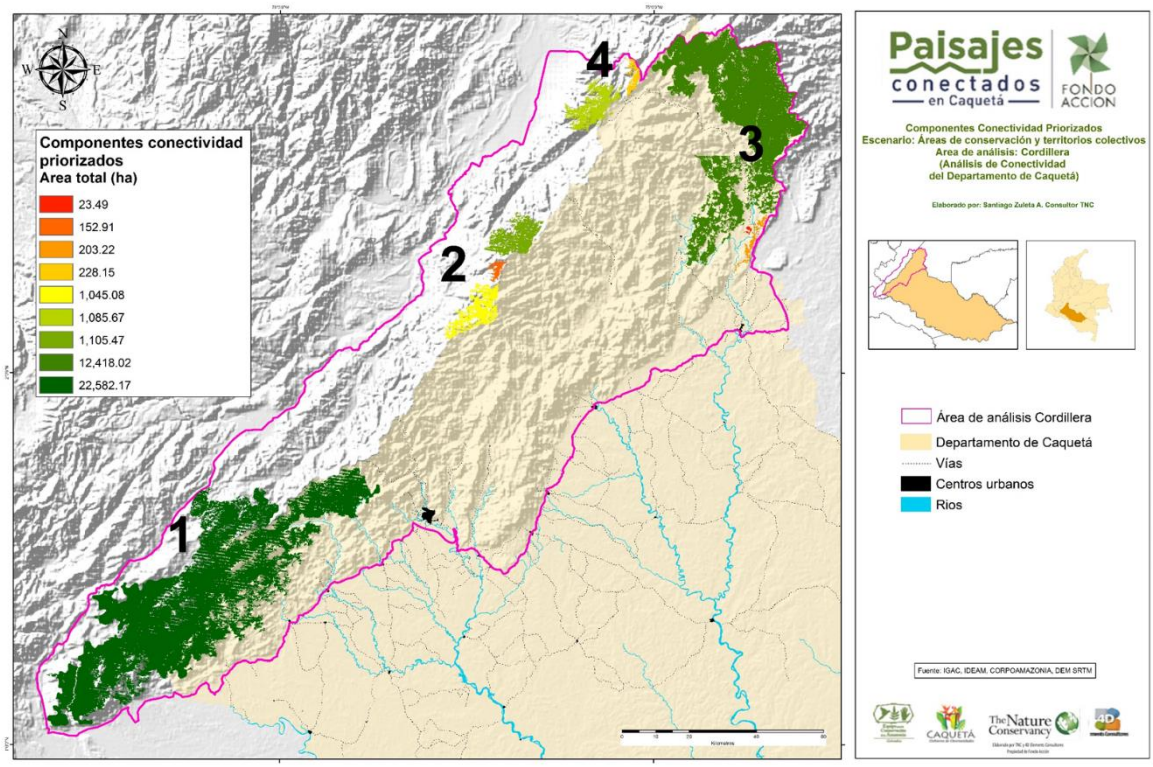


Figura 21. Componentes (zonas núcleo) del escenario *Áreas de Conservación y Territorios Colectivos* del área de análisis *Cordillera* (extraídos de la capa de Bosque/No Bosque, IDEAM 2012).

Para el escenario de *Microcuencas* se realizó un análisis de fragmentación con la herramienta *Enthropy* (de *Guidos*). Con base en este resultado se seleccionaron los componentes o zonas núcleo (zonas de menor entropía, según la lógica de la herramienta y que, por lo tanto, presentan mayor continuidad de su matriz boscosa), procurando que cada una de las cuencas incluyera, por lo menos, una de estas zonas núcleo. Los 18 componentes seleccionados se presentan en la Figura 22, agrupados en los siguientes cinco (5) conjuntos: 1-Medio y Alto Río Caquetá, 2-Río Pescado, 3-Río Orteguaza, 4-Río Guayas y 5-Alto Río Caguán.

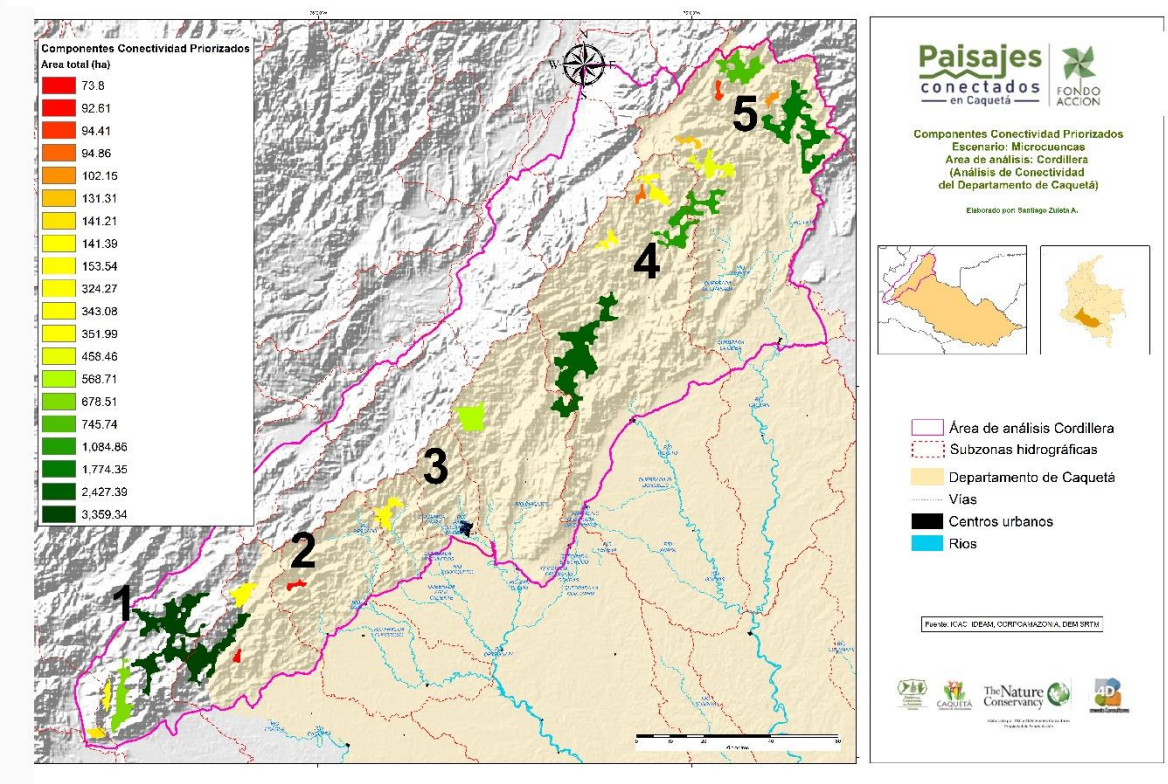


Figura 22. Componentes (zonas núcleo) del escenario *Microcuencas* del área de análisis *Cordillera* (extraídos de la capa de Bosque/No Bosque, IDEAM 2012).

Para el área de análisis *Frente de deforestación San Vicente del Caguán-Cartagena del Chaira* se identificaron los componentes o zonas núcleo con ayuda de la herramienta *Components* (de *Guidos*, descrita arriba en la "Priorización de Objetos de Conservación para la Conectividad Regional") y se seleccionaron los diez de mayor tamaño (Figura 23).

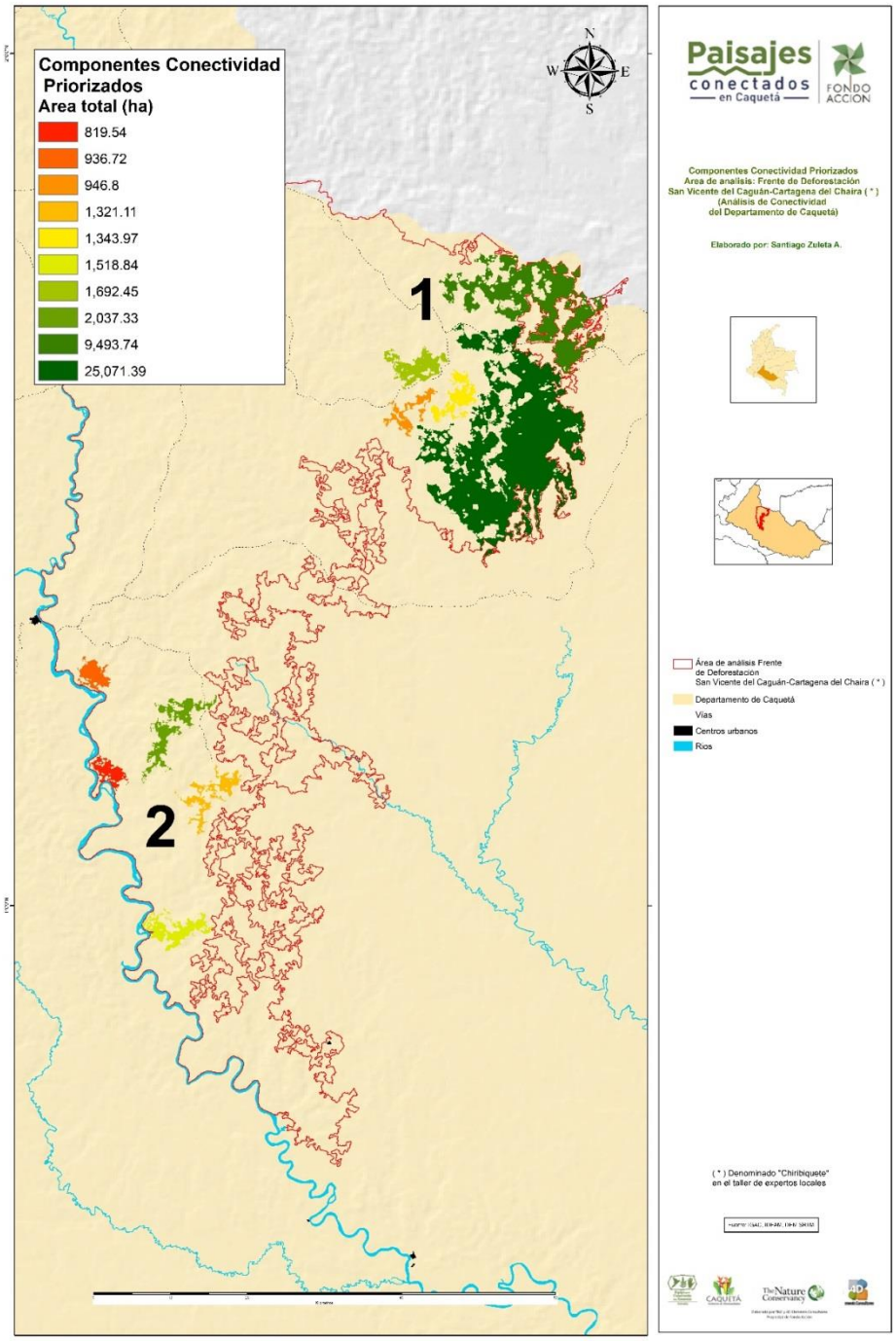


Figura 23. Componentes (zonas núcleo) del escenario *Frente de deforestación Yarí-Caguán* del área de análisis *Chiribiquete* (extraídos de la capa de Bosque/No Bosque, IDEAM 2012).

Para identificar las probabilidades de conectividad y los cuellos de botella entre los componentes de los escenarios, se utilizó el *software Circuitscape* 4.0.5. Este programa se basa en la teoría de circuitos y toma el paisaje como una superficie de conductividad eléctrica, de forma tal que los componentes a conectar se convierten en las fuentes de corriente. Como entrada (*inputs*) requiere un *raster* en formato *ASCII* con las áreas a conectar y un mapa de corriente o conductividad, donde a mayor valor en la cobertura mayor movilidad de las especies; o un mapa de resistencia, donde a mayor valor en la cobertura menor movilidad de las especies (McRae *et al.* 2008).

En el departamento de Caquetá el grupo taxonómico de primates cuenta con un número reducido y emblemático de especies (14), sobre las cuales se tiene un conocimiento detallado y profundo por parte de los especialistas. Este conocimiento permitió aproximarse a la movilidad y capacidad de dispersión de sus especies en la matriz de paisaje evaluada, con el objetivo de alimentar la generación de mapas de corriente o conductividad. Adicionalmente, por sus hábitos alimenticios, las especies de primates cumplen funciones relevantes en los servicios ecosistémicos (especies *proxi*), tales como la dispersión de semillas y el ciclaje de nutrientes.

Concretamente, los mapas de corriente o conductividad en los diferentes escenarios se construyeron a partir de la sumatoria de los *rasters*, con la distancia euclidiana a vías, centros poblados y ríos (estandarizada), y el Mapa de Cobertura de la Tierra (SINCHI 2012, escala 1:100.000, Figura 8). En este último se asignó un valor de resistencia o conductividad a cada cobertura, de acuerdo a la movilidad o capacidad de dispersión de las siguientes dos especies de primates (según el criterio del especialista): *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* (tablas 3 y 4). Estos resultados se presentan en las figuras 24 a 26, donde los valores más altos indican las áreas más favorables para generar conectividad entre los componentes; también evidencian los cuellos de botella o áreas donde de la movilidad de las especies se restringe o interrumpe por el grado de fragmentación de la matriz de paisaje.

Cobertura Corine Land Cover	Resistencia
Bosque/Bosque inundable (incluye bosque de galería)	1
Bosque fragmentado con vegetación secundaria/ Vegetación secundaria o en transición	4
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	5
Mosaico de cultivos y áreas naturales/cultivos de palma y caucho (agroforestales)	6
Cultivos/ Pastos enmalezados/ Pasto/ Áreas abiertas, poca o sin vegetación	9

Herbazal denso inundable/ Zonas pantanosas inundables abiertas (sin bosque)/ Áreas pantanosas (con predominio de vegetación herbácea)	9
Zonas urbanizadas	10
Aguas continentales	10

Tabla 3. Valores de resistencia asignados a las coberturas para *Lagothrix lagothrica* (Fuente: Andrés Link – Fundación Ecotrópico Colombia)

Cobertura Corine Land Cover	Resistencia
Bosque/Bosque inundable (incluye bosque de galería)	1
Bosque fragmentado con vegetación secundaria/ Vegetación secundaria o en transición	2
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2
Mosaico de cultivos y áreas naturales/cultivos de palma y caucho (agroforestales)	3
Cultivos/ Pastos enmalezados/ Pasto/ Áreas abiertas, poca o sin vegetación	7
Herbazal denso inundable/ Zonas pantanosas inundables abiertas (sin bosque)/ Áreas pantanosas (con predominio de vegetación herbácea)	7
Zonas urbanizadas	9
Aguas continentales	10

Tabla 4. Valores de resistencia asignados a las coberturas para *Sapajus apella* (Fuente: Andrés Link – Fundación Ecotrópico Colombia)

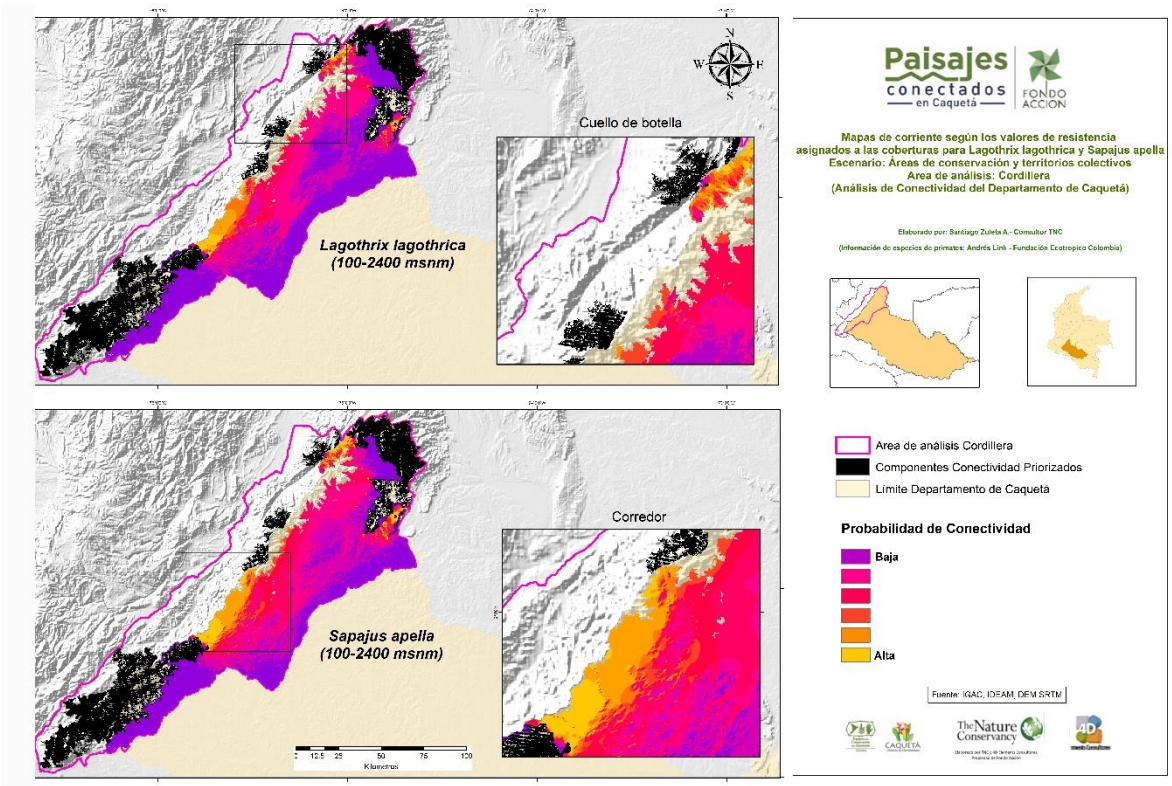


Figura 24. Mapa de corriente según los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el escenario Áreas protegidas y territorios colectivos del área de análisis *Cordillera*.

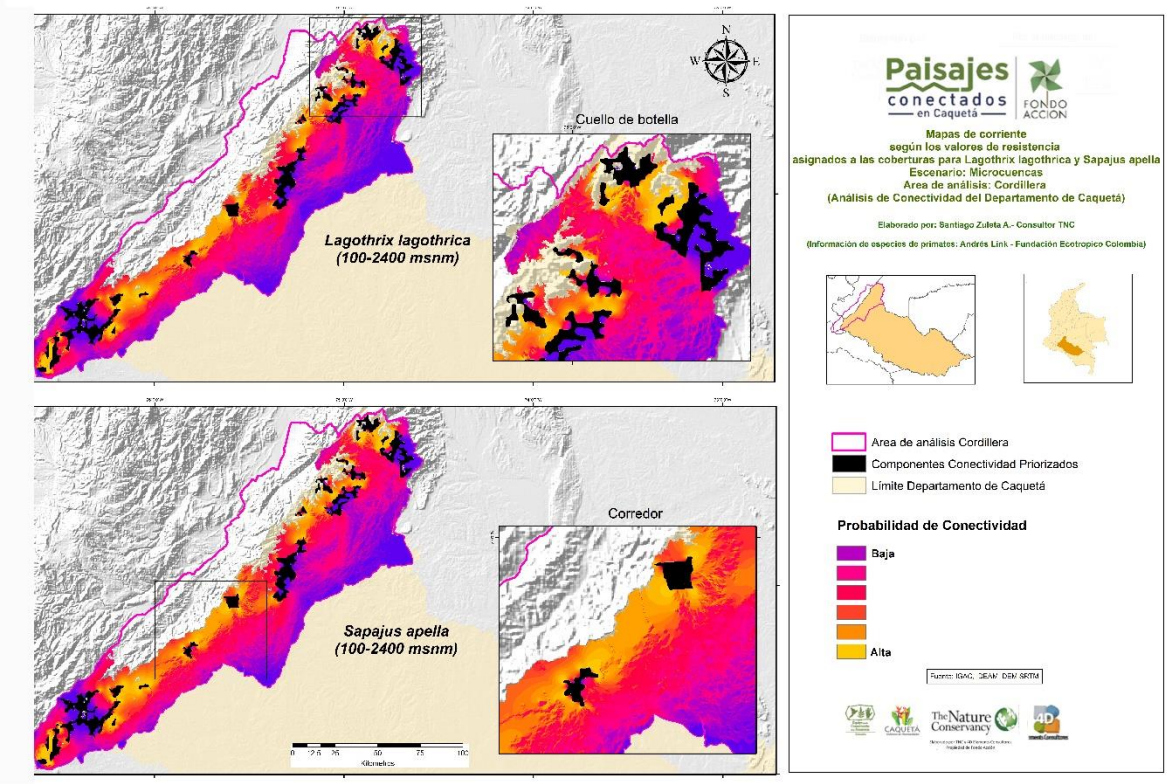


Figura 25. Mapa de corriente según los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el escenario Microcuencas del área de análisis *Cordillera*.

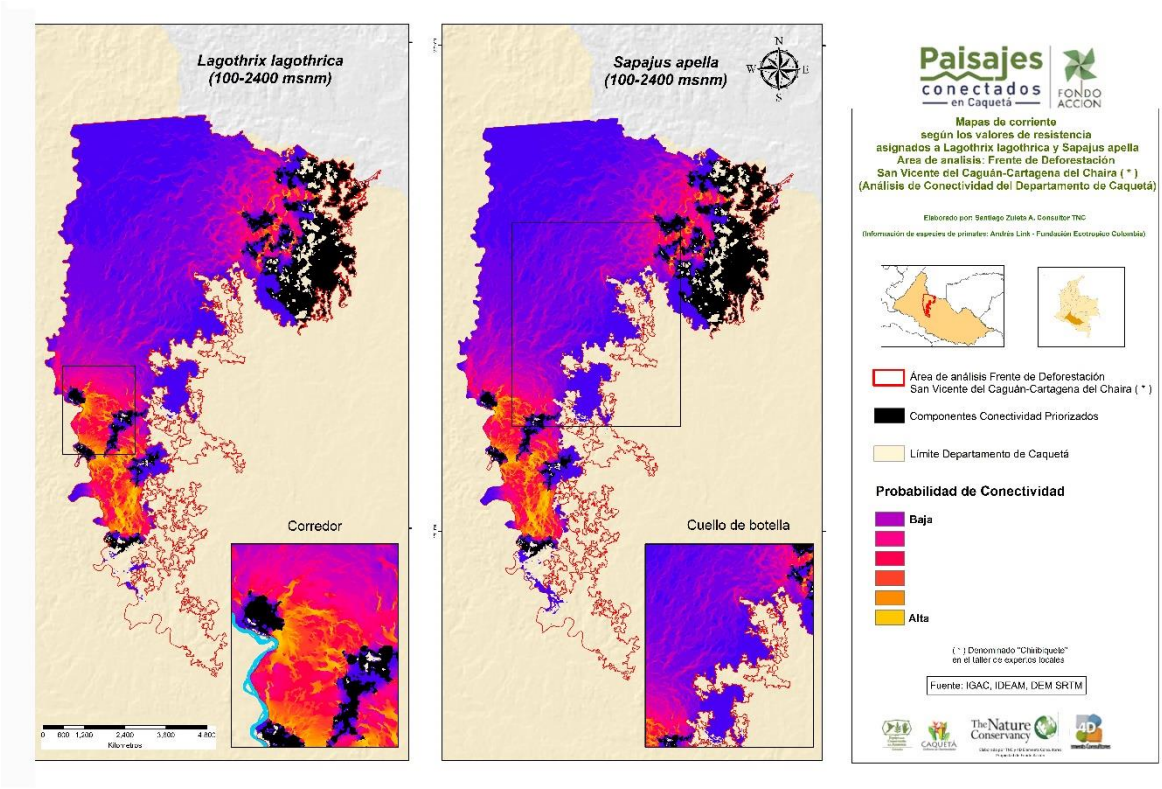


Figura 26. Mapa de corriente según los valores de resistencia asignados a Lagothrix lagothrica y Sapajus apella en el escenario Frente de Colonización Yarí- Caguán, área de análisis Chiribiquete.

A partir de la probabilidad de conectividad en cada escenario, se extrajeron las zonas núcleo y las rutas de optimización de conectividad, así como los cuellos de botella para la movilidad de especies en las figuras 27 a 29 se presentan los resultados más relevantes.

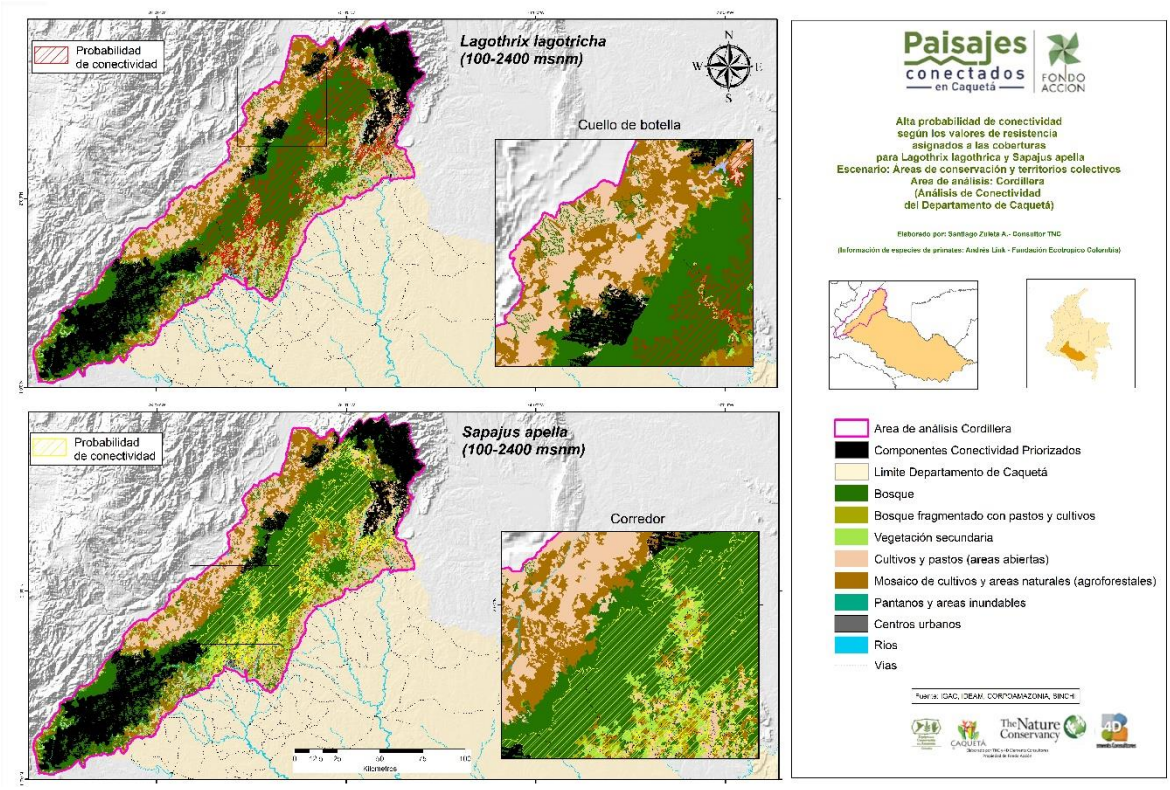


Figura 27. Zonas núcleo, rutas de optimización de conectividad y cuellos de botella según la probabilidad de conectividad derivada de los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el escenario Áreas protegidas y territorios colectivos del área de análisis *Cordillera*.

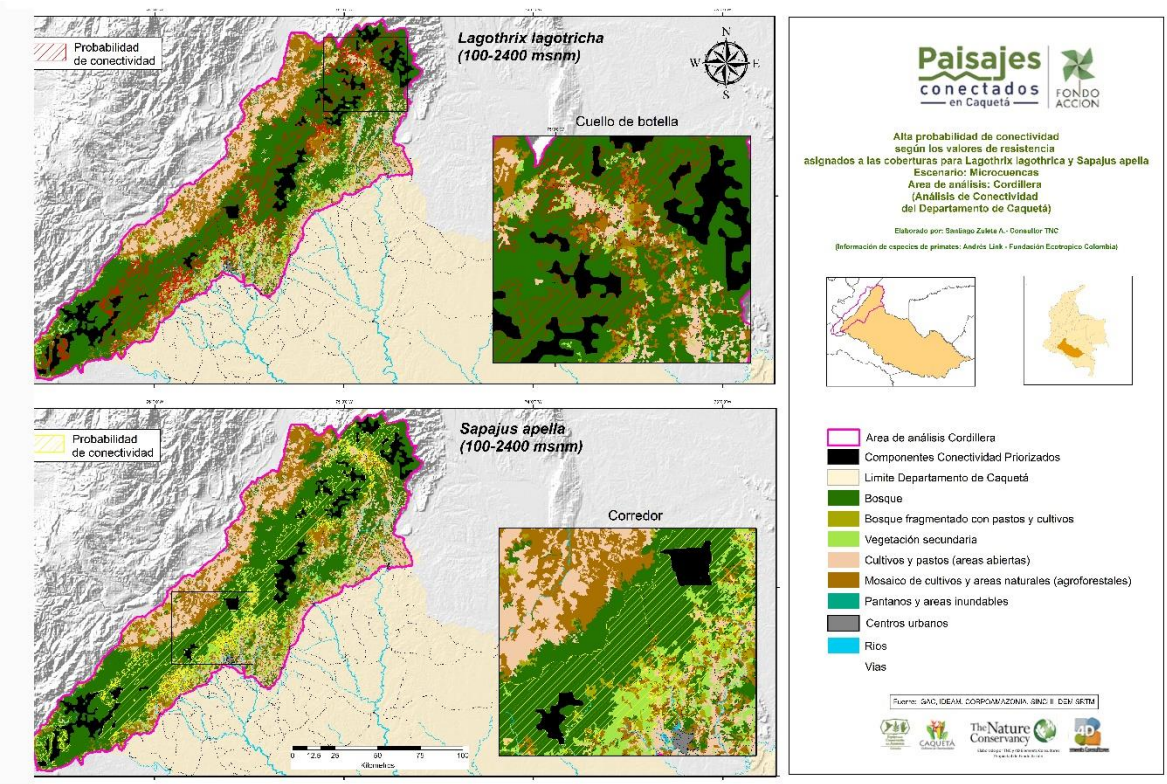


Figura 28. Zonas núcleo, rutas de optimización de conectividad y cuellos de botella según la probabilidad de conectividad derivada de los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el escenario Microcuencas del área de análisis *Cordillera*.

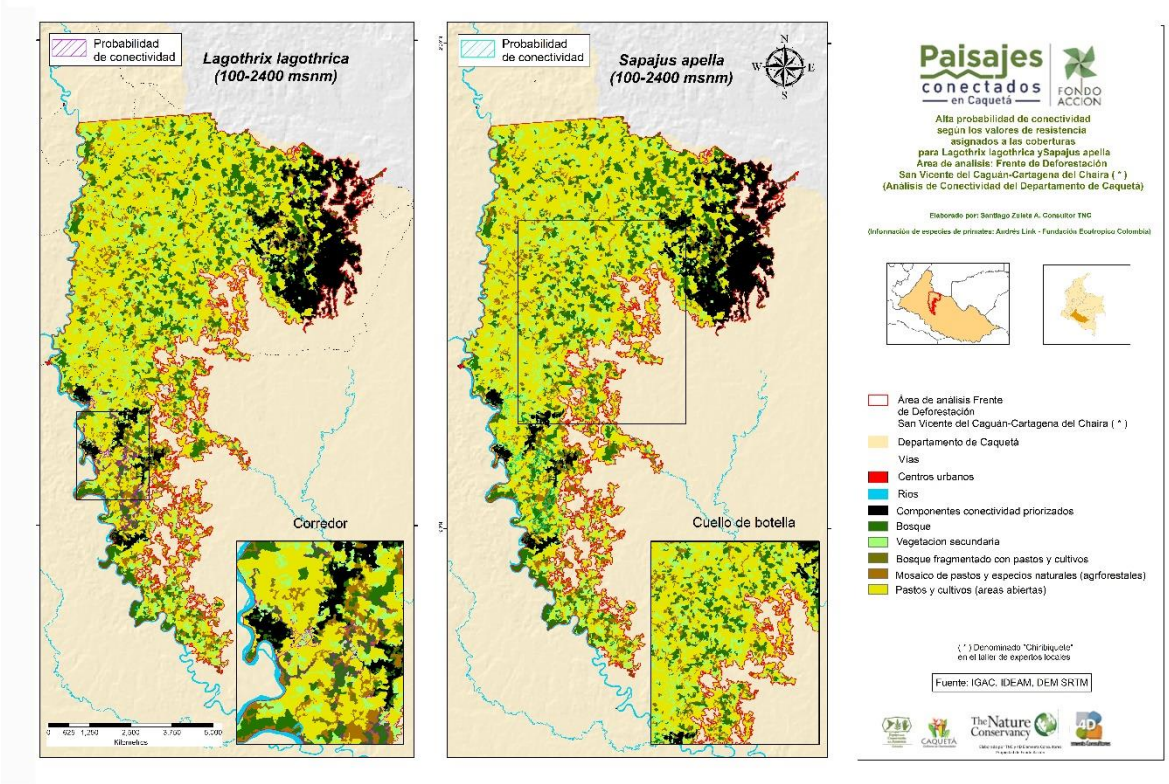


Figura 29. Zonas núcleo, rutas de optimización de conectividad y cuellos de botella según la probabilidad de conectividad derivada de los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el escenario Frente de deforestación Yarí-Caguán del área de análisis *Chiribiquete*.

En cuanto a el área de análisis Andino-Amazónica se identificaron tres corredores de gran importancia, dónde enfocar los esfuerzos de conservación y el manejo sostenible para mantener y recuperar la conectividad en el departamento y sus zonas aledañas al norte y al sur: *Cordillera*, *Picachos-Tinigua-Macarena-Chiribiquete* y *Alto Fragua-La Paya-Chiribiquete.*

Los mapas de corriente de todos los escenarios priorizados en el taller de expertos y actores locales, se sumaron para conformar el mapa integrado de conectividades a nivel departamental que se aprecia en la figura 30. En este mapa convergen las zonas núcleo (verde), las rutas de optimización de conectividad (probabilidad de conectividad alta en amarillo) y los cuellos de botella (probabilidad de conectividad baja en rojo) identificados a múltiples escalas, que en conjunto describen un arreglo general de las alternativas identificadas para que el departamento pueda alcanzar las metas previstas.

MAPA INTEGRADO DE CONECTIVIDADES A NIVEL DEPARTAMENTAL (producto 3.1)

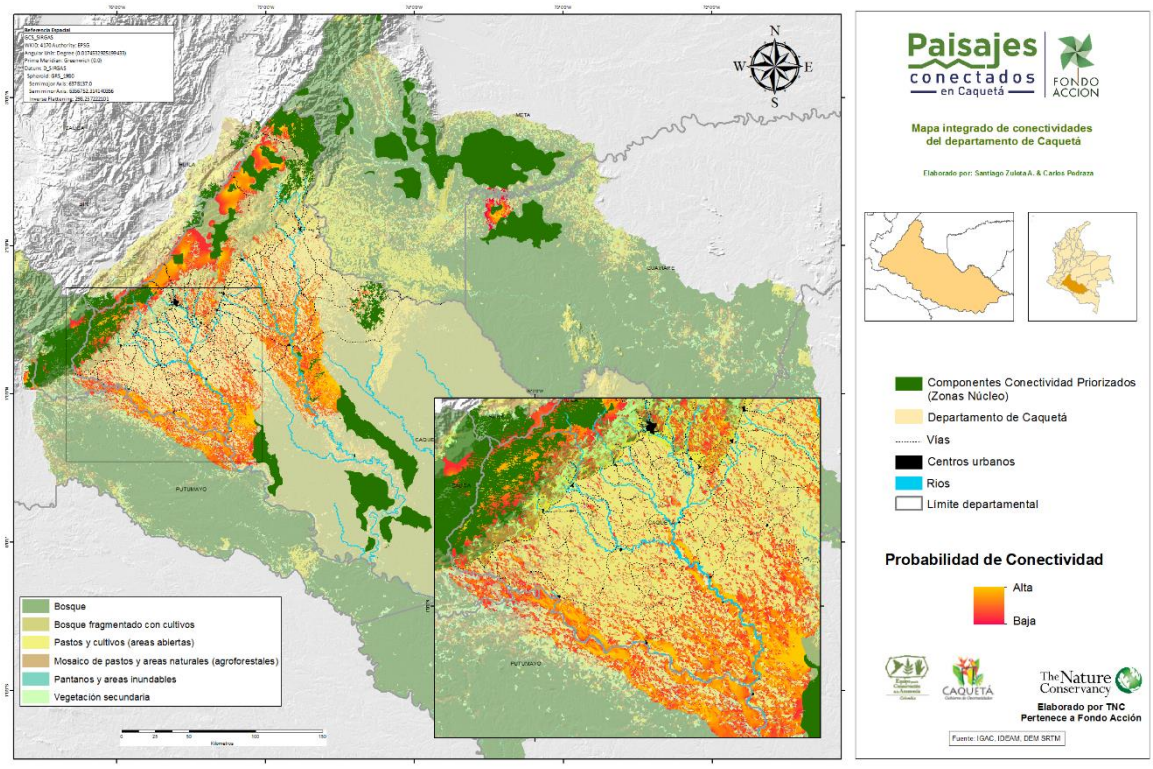


Figura 30. Mapa integrado de conectividades del departamento de Caquetá

ANALISIS MULTICRITERIO DEL NIVEL DEPARTAMENTAL

El análisis multicriterio íntegro criterios los resultados de los análisis de conectividad (zonas que contribuyen a la conectividad) (figuras 24 a 26) junto con el mapa de riqueza relativa de aves vulnerables y endémicas (zonas importantes para la biodiversidad) (figura 16) y los modelos de servicios ecosistémicos, esta integración derivo en el mapa modelo final de conservación-conectividad.

El mapa modelo final de conservación-conectividad a nivel departamental (figura 31) se elaboró a partir de la interpolación de los resultados de los modelos de servicios ecosistémicos, los análisis de conectividad y el mapa de la ocurrencia de aves en estado crítico desarrollado a partir de los Biomodelos del Humboldt.

Normalización de las variables

Cada una de las variables se normalizó para que todos los datos quedaran en una misma escala. Para esto, al raster de cada variable se dividieron todos sus valores sobre el valor más alto que presentara.

Balanceo de los datos

Mediante la herramienta Focal statistics del Software ArcGIS (versión 10.2.2) se aplicó un re muestreo al raster de cada variable con el fin de equilibrar los valores. La herramienta Focal statistics, calcula para la ubicación de cada celda de entrada una estadística de los valores vecinos en un cuadrante específico. Dentro de los criterios de la herramienta, se utilizó la opción de Suma, para tener en cuenta la totalidad de valores vecinos de cada celda. También se corrió con una ventana de 3x3 celdas ver figura 31.

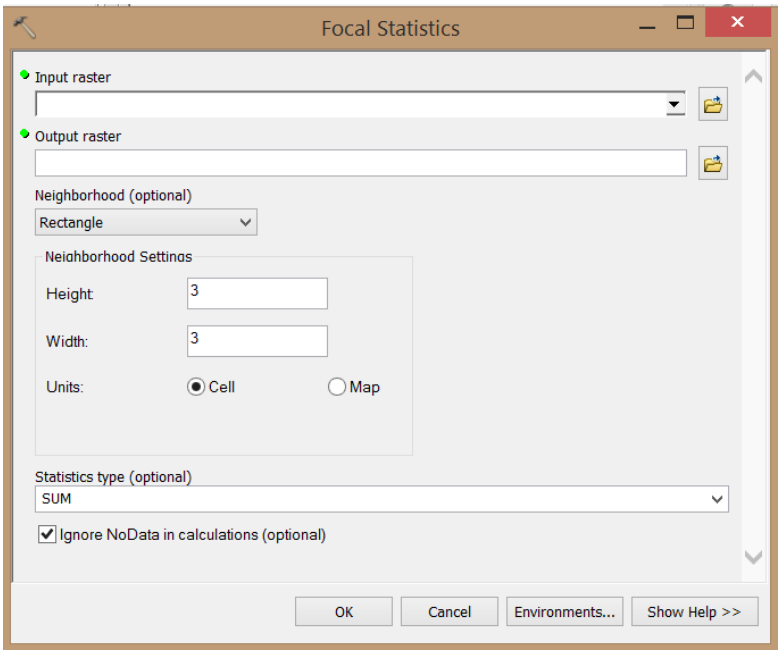


Figura 31. Detalle de parámetros de la herramienta “Focal statistics” del arctoolbox. Software ArcGIS.

Suma de las variables

Finalmente, se sumó el resultado de la herramienta Focal statistics de todas las variables. Previamente se pasó por un filtro a cada resultado, utilizando una máscara con el fin de que todas las capas tuvieran la misma extensión, tamaño de celda y sistema de coordenadas.

MAPA MODELO FINAL DE CONSERVACION-CONECTIVIDAD A NIVEL DEPARTAMENTAL (producto 3.3)

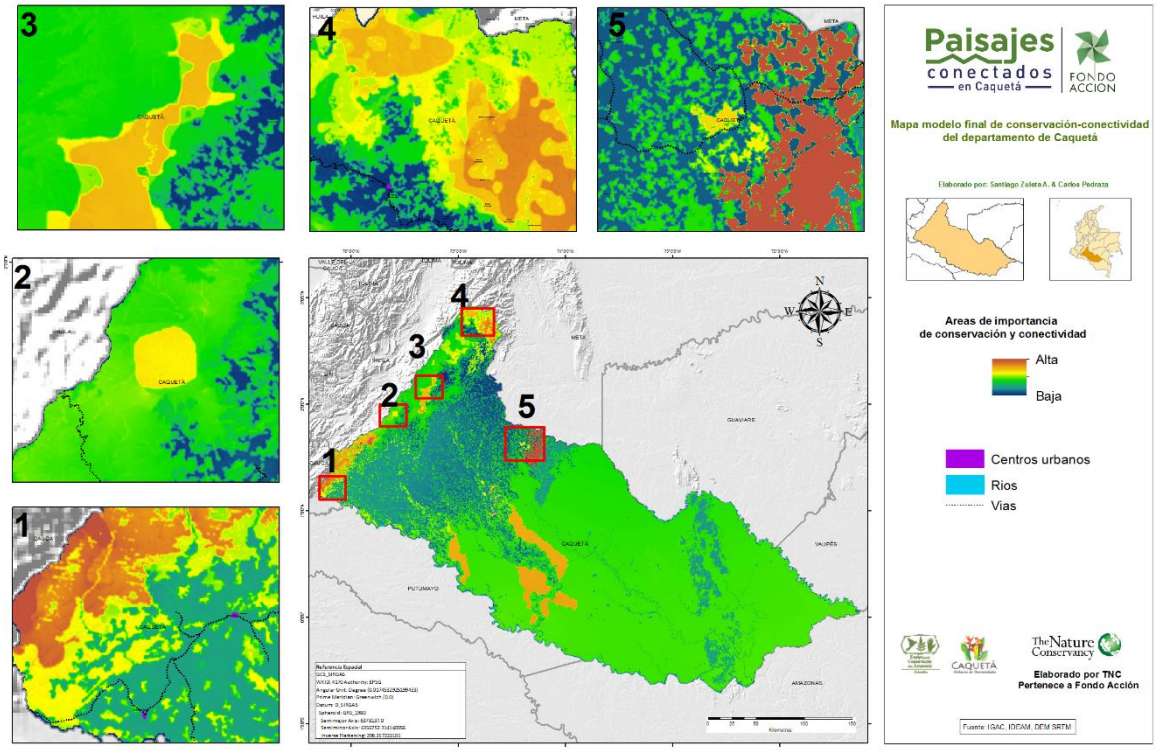


Figura 32. Mapa modelo final de conservación-conectividad para el nivel departamental.

DOCUMENTO ESTRATEGIAS DE CONSERVACION Y MANEJO A NIVEL DEPARTAMENTAL (ESTRATEGIAS DE TRANDFORMACIÓN DEL PAISAJE) ASOCIADO AL MAPA MODELO FINAL DE CONSERVACION-CONECTIVIDAD A NIVEL DEPARTAMENTAL (producto 3.4)

La gestión integrada de conservación y conectividad del territorio del departamento de Caquetá en los corredores propuestos aumentaría su resiliencia y la de las diferentes áreas protegidas, fortaleciendo su manejo como Sistema Regional de Áreas Protegidas. En este contexto, el Parque Nacional Natural Chiribiquete constituye el núcleo y componente articulador principal de los corredores Picachos - Macarena y Alto Fragua - La Paya. El área de análisis o corredor *Cordillera* completa el circuito de conectividad, ayudando a mantener quizás la zona de mayor biodiversidad en Colombia y el mantenimiento de sus servicios ecosistémicos.

En general, la fragmentación de la matriz de paisaje del departamento está llevando al aislamiento de las poblaciones silvestres (metapoblaciones) y la pérdida de su flujo genético. Para evitarlo, se requiere incrementar la conectividad como medida a lo largo de bosques riparios y aumentando la permeabilidad de la matriz con la reconversión de pastizales a sistemas silvopastoriles o agroforestales. La información recopilada, evaluada y priorizada sobre aves, escarabajos coprófagos y anfibios también permitió identificar las especies más vulnerables y con mayor riesgo a la extinción por pérdida y fragmentación de sus hábitats. En conjunto, los resultados obtenidos constituyen la línea base para avanzar hacia una estrategia integral de gestión de conservación y manejo sostenible de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

Las acciones en campo deben ser concertadas con las autoridades pertinentes, tales como Gobernación, municipios, territorios indígenas y campesinos, parques nacionales, SINCHI, CORPOAMAZONIA y, desde luego, con los propietarios locales, para diseñar y gestionar corredores de conservación, restauración ecológica, y reconversión productiva. En varios sectores del departamento ya se están trabajando pilotos enmarcados en estos objetivos. Es importante que estas acciones no se hagan al azar, sino que estén enmarcadas en una estrategia de gestión integral del territorio del departamento. El departamento ya tiene problemas de provisión de agua en varios sectores del piedemonte y la planicie amazónica, debido a la deforestación y fragmentación del paisaje. Es esencial la recuperación de bosques riparios y planicies inundables con el fin de recuperar la calidad de aguas y la capacidad de regulación de los ríos. El estudio logró ajustar los límites de estos ecosistemas, con ayuda de imágenes de radar. Es importante que el departamento incluya estos ecosistemas dentro de sus determinantes ambientales y los incluya explícitamente en los instrumentos de ordenamiento territorial (EOTs, POTs y POMCAs). En este sentido, los mapas de servicios ecosistémicos generados son de gran ayuda, ya que identifican áreas prioritarias para la conservación del recurso hídrico y de

alto aporte de sedimentos que deben ser reforestadas o reconvertidas a coberturas vegetales productivas y, finalmente, áreas en dónde se pueden retener más eficientemente los nutrientes provenientes de los sistemas productivos tradicionales. En resumen, los resultados obtenidos no solo son importantes para los actores regionales, sino también para las organizaciones que trabajan en la región, como base de concertación para construir una estrategia conjunta para la gestión integral sostenible del territorio del departamento de Caquetá.

El mapa integrado de conectividades (figura 31) resaltan las por su alta importancia para la conservación y conectividad, restauración/regeneración y reconversión productiva. La primera está localizada en el sector de los altos ríos Caquetá y Orteguaza, encierra fragmentos de bosque inundable que podrían reconectarse con corredores de regeneración a lo largo de la planicie inundable. La viabilidad de esta opción radica en que estas planicies hacen parte de los determinantes ambientales del departamento (rondas de río) y pueden ser objeto de acuerdos de conservación que involucren áreas de regeneración natural y reconversión productiva a sistemas silvopastoriles o agroforestales. En la ventana 1 de la figura 32 se aprecian los puentes entre los fragmentos núcleo a reconectar. Los posibles corredores en el sector más alto de esta ventana, también se pueden ver en más detalle en el análisis del paisaje Alto Fragua - Churumbelos.

Las posibilidades de conectividad que se observan en las ventanas 2 (veredas Tarquí, Sucre y alto Paraíso), 3 (veredas Aguas Claras, San Nicolás y Yarumal Alto), y 4 (veredas Roble y Libertad) son más detalladas y requieren de trabajo de campo y concertación con las autoridades y propietarios de los predios involucrados (Figura 32). La ventana 5 (Frente de Deforestación San Vicente del Caguán-Cartagena del Chairá) es otra prioridad identificada en consenso con los actores regionales, no tanto por su importancia como corredor de conectividad, sino más bien como corredor para la estabilización, amortiguación y mitigación de la colonización ganadera que involucra y que avanza sobre las sabanas del Yarí y, más al sur, hacia el Parque Chiribiquete. Como sus suelos son muy pobres, la degradación de pastizales es muy rápida y la capacidad de carga animal es baja a menos de una vaca por hectárea en menos de 10 años. De nuevo los sistemas silvopastoriles en un mosaico con sistemas agroforestales son la única vía para lograr incrementar la sostenibilidad productiva.

Área de análisis Cordillera

Aun cuando este corredor cuenta con buenas oportunidades de conectividad, dada la presencia de numerosas áreas protegidas de orden nacional, regional y municipal, el distrito de conservación de suelos y aguas (creado hace más de 30 años proteger los bosques por encima de la cota de los 700 msnm) y resguardos, la conectividad longitudinal se está perdiendo, principalmente debido a los frentes de colonización

asociados, las dos vías interdepartamentales que cruzan desde el Huila al Caquetá por la Cordillera Oriental. Cabe resaltar que la colonización que avanza sobre las vertientes amazónicas y huilense también está perforando la conectividad andina en varios sectores, impulsada en gran medida por el desarrollo de cultivos ilícitos, así como por el desplazamiento de campesinos en busca de tierras donde implementar ganadería, café y cultivos de pancoger, entre otros sistemas productivos. También se identificó la carretera que viene desde Acevedo en el departamento del Huila como una fuente principal de presión, teniendo en cuenta que llega hasta el Parque Municipal Andaquí.

Corredor Picachos-Tinigua-Macarena-Chiribiquete

La conectividad andino-amazónica a lo largo del corredor Picachos, Tinigua, Macarena y Chiribiquete se encuentra amenazada entre estos dos últimos parques, debido principalmente a la colonización sobre el río Guayabero y las dinámicas de ocupación asociadas a la construcción de la Marginal de la Selva (actualmente en fase de análisis de alternativas de trazado para el correspondiente estudio de impacto ambiental). Dado que la vía se va a constituir en barrera de conectividad habría que declararla “Vía Parque” en algunos de sus tramos, además del diseño de puentes de fauna en puntos críticos, y considerar el establecimiento de puentes amplios sobre los bosques riparios de los cursos de agua afectados.

La existencia de trochas carreteables en el Parque Nacional Natural Tinigua, entre Picachos y Macarena, puede estar afectando la movilidad y dispersión de las especies. Es importante considerar su eliminación, dado que se encuentra en un área protegida.

Corredor Alto Fragua-La Paya-Chiribiquete

Otra ruta de conectividad andino-amazónica es el corredor de los parques Alto Fragua, La Paya y Chiribiquete, a través del interfluvio Caquetá - Putumayo. De nuevo, allí la carretera “Marginal de la Selva”, a lo largo del piedemonte, constituye el sector más crítico. Su construcción ya generó una franja de deforestación y potrerización en ambos lados de la vía, constituyéndose en un frente de colonización muy activo. A pesar de las fracturas en la matriz boscosa, hay oportunidades para recuperar su conectividad tanto por el departamento del Cauca, como dentro del departamento de Caquetá, a lo largo de las planicies inundables del alto río Caquetá y río Orteguaza.

Otra franja crítica es la vía La Tagua - Puerto Leguízamo, en el interfluvio Caquetá – Putumayo, donde la deforestación ya ha reducido drásticamente las oportunidades de conectividad. La continuidad de la matriz boscosa es mayor en el departamento de Caquetá, pero es importante considerar que el río Caquetá constituye en barrera geográfica para el flujo de muchas especies, como por ejemplo de primates.

Como se mencionó anteriormente los macro corredores propuestos deben mantener su integridad-conectividad ya que se observan varias fracturas causadas principalmente por la deforestación asociada a la colonización. Hay que recordar que la estrategia de conservación a nivel departamental se debe tomar como una guía sobre cuales ejes deben enfocarse las acciones de conservación, pero no puede dar los detalles para logarlo a escala local. En la ventana alto Fragua-Churrumbelos se avanzó en el diseño de conectividades que pueden discutirse en terreno a nivel de finca e integrase a corredores *meso* y *macro*.

Las estrategias de conservación giran alrededor de estas acciones:

- Consolidar y ampliar el sistema de áreas protegidas ya existente con áreas importantes por su valor de biodiversidad, conectividad y oferta de servicios ecosistémicos.
- Identificación, delimitación y manejo efectivo de determinantes ambientales
- Incrementar la conectividad a lo largo de bosques riparios y aumento de la permeabilidad de la matriz con la reconversión de áreas de pastizales a sistemas silvopastoriles o agroforestales
- Incorporar efectivamente prioritarias de conservación en los instrumentos de planificación ambiental tales como EOT, POT, POMCAS, Distritos de manejo se suelos y aguas, etc.
- Generar incentivos para la conservación, mediante mecanismos como la exención al impuesto predial, pago por servicios ecosistémicos (hídricos, carbono, entre otros), etc.
- Fortalecer la planificación predial para que incorpore áreas importantes de conservación en su uso.

Como se ha mencionado estas estrategias son una guía general y dependen de las condiciones regionales y locales de cómo se puedan instrumentar.

PORTAFOLIO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE A NIVEL PAISAJE (Producto 4)

Este portafolio comparte los enfoques conceptuales, desarrollos metodológicos y herramientas expuestas detalladamente en la construcción del portafolio departamental, para una aproximación geográfica a escala 1:25.000. Este paisaje está compuesto por

los municipios de San José del Fragua y Belén de Los Andaquíes, al noroccidente del departamento del Caquetá, y limita con los departamentos de Cauca, Huila y Meta (Figura 1). Sólo se detallan los componentes que son propios de este nivel y los procedimientos que se abordaron desde diferentes métodos y herramientas. En particular, la construcción de este portafolio contó con la retroalimentación y priorización de áreas para la conservación y el manejo sostenible, por parte de los actores locales, durante tres talleres desarrollados con la metodología CAP (*Conservation Action Planning*) de TNC (2005).

Documento descriptivo del proceso de priorización de áreas de conservación y servicios ecosistémicos (producto 4.3)

Insumos

La cartografía inicial se constituyó por las áreas de conservación y manejo sostenible a nivel de paisaje (Figura 32), ya que contiene las figuras legales en la región como límites políticos, ríos, cascos urbanos, resguardos indígenas, figuras nacionales de protección y estrategias regionales de conservación y planes de ordenación y manejo de cuencas (POMCAS) provenientes de distintas fuentes como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC, Parques Nacionales Naturales de Colombia, el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural –INCODER, la Gobernación del departamento de Caquetá, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia – CORPOAMAZONIA, los municipios de Belén de Los Andaquíes y San José del Fragua y los Resguardos Indígenas Yurayaco, San Antonio, San Miguel, San Rafael y Las Brisas.

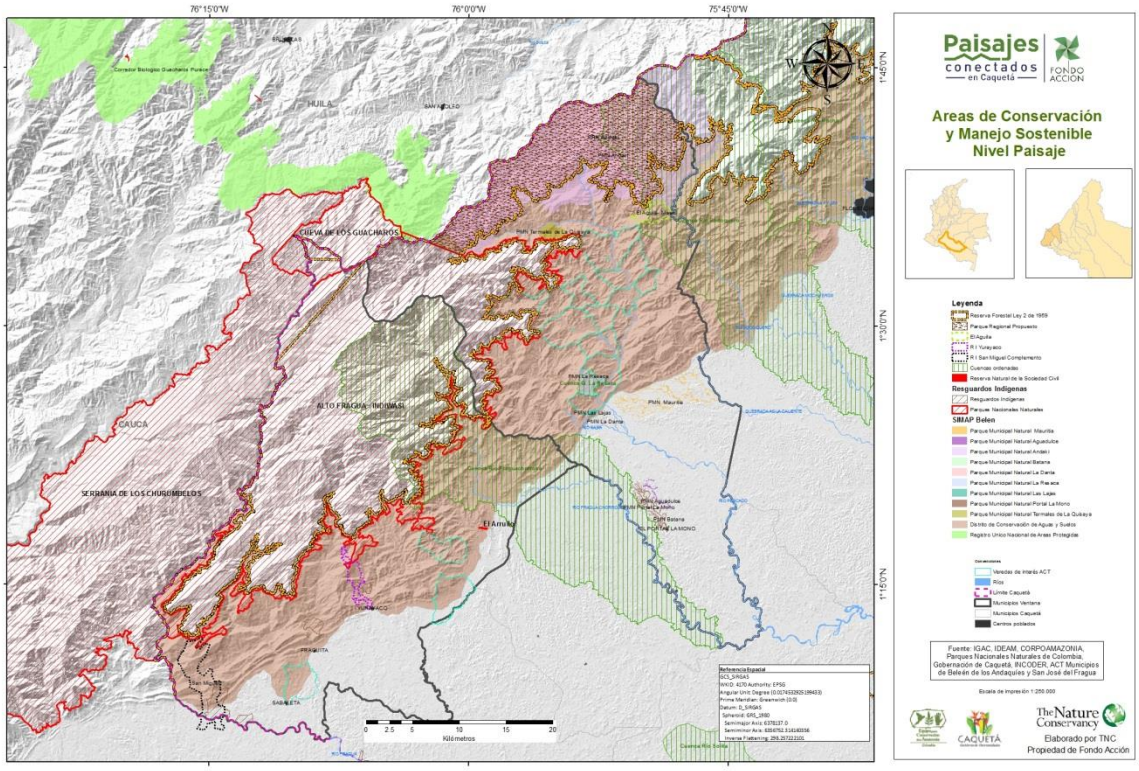


Figura 33. Ubicación del Paisaje Fragua Churumbelos

El ejercicio también se ha basado en la capa de cobertura por el método de Corine (Figura 34) producto de la interpretación por 4D Elements a escala 1:25.000 en la zona denominada Paisaje Fragua Churumbelos, cuya leyenda está adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – Ideam[1] y el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi [2] .Sinchi. [3]

[1] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

[2] Murcia, U., Medina, R, Rodríguez, J. M., Castellanos, H., Hernández, A. y Herrera, E. (2014). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana, a escala 1:100.000. Datos del periodo 2012. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 190 p., 2 Anexos.

[3] Murcia, U., Medina, R, Rodríguez, J. M., Castellanos, H., Hernández, A. y Herrera, E. (2014). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazonia Colombiana, a escala 1:100.000. Datos del periodo 2012. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C., 190 p., 2 Anexos.

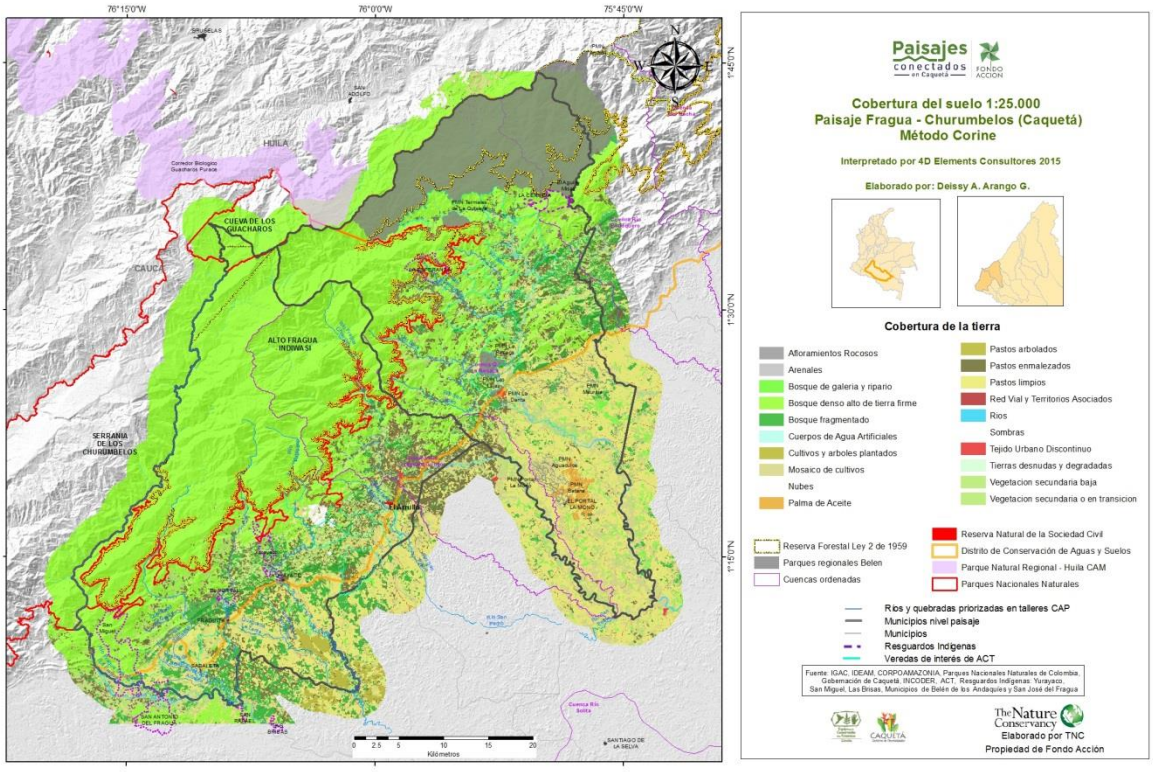


Figura 34. Cobertura para el paisaje Fragua Churumbelos

Se tuvo en cuenta además, los resultados de los tres CAP (Conservation Action Plannig) realizados en el Resguardo Indígena Yurayaco, San José del Fragua y Belén de los Andaquíes (Figura 40), cuyo objetivo fue identificar lugares por tener en cuenta para la conservación.

Los programas utilizados fueron Arc Gis 10.3[4], Guidos Toolbox 2.1[5], Circuit Scape 4.0.5[6], Export to Circuitscape Tool for ArcGis 10[7]

[4] Copyright © 1995-2014. Esri. All rights reserved.Published in the United States of America
[5] Copyright © Peter Vogt, EC-JRC, July 2014
[6] Copyright © 2008-2009..Brad McRae, Viral B, Shah, and Tanmay K. Mohapatra. Licensed under LGPL
[7] Jeff Jenness, Wildlife Biologist, GIS Analyst, Jenness Enterprises.
http://www.jennessent.com/arcgis/Circuitscape_Exp.htm

Método

Definición de zonas núcleo

El método para definición de componentes o zonas núcleo puede resumirse en tres pasos:

1. Elaboración de ejercicio previo de reconocimiento de núcleos o componentes[8]
2. Realización de los talleres CAP en donde los actores municipales y de los Resguardos Indígenas señalaron zonas de importancia para la conservación
3. Retroalimentación del ejercicio previo con los resultados de los CAP

Ejercicio Previo (priorización preliminar)

La cobertura Corine que se hallaba en formato vector se pasó a raster y posteriormente se reclasificó así (Figura 35):

0 para las celdas llamadas NoData

1 para las coberturas de vías, centros poblados, cultivos, pastos y sus mosaicos, tierras desnudas o degradadas y cuerpos de agua (niveles Corine 1, 2, 3.3 y 5)

2 para el bosque denso de tierra firme, el bosque de galería o ripario, el bosque fragmentado y la vegetación secundaria

[8] definidos como parches de bosque o vegetación secundaria a partir de la cobertura de la tierra por el método Corine

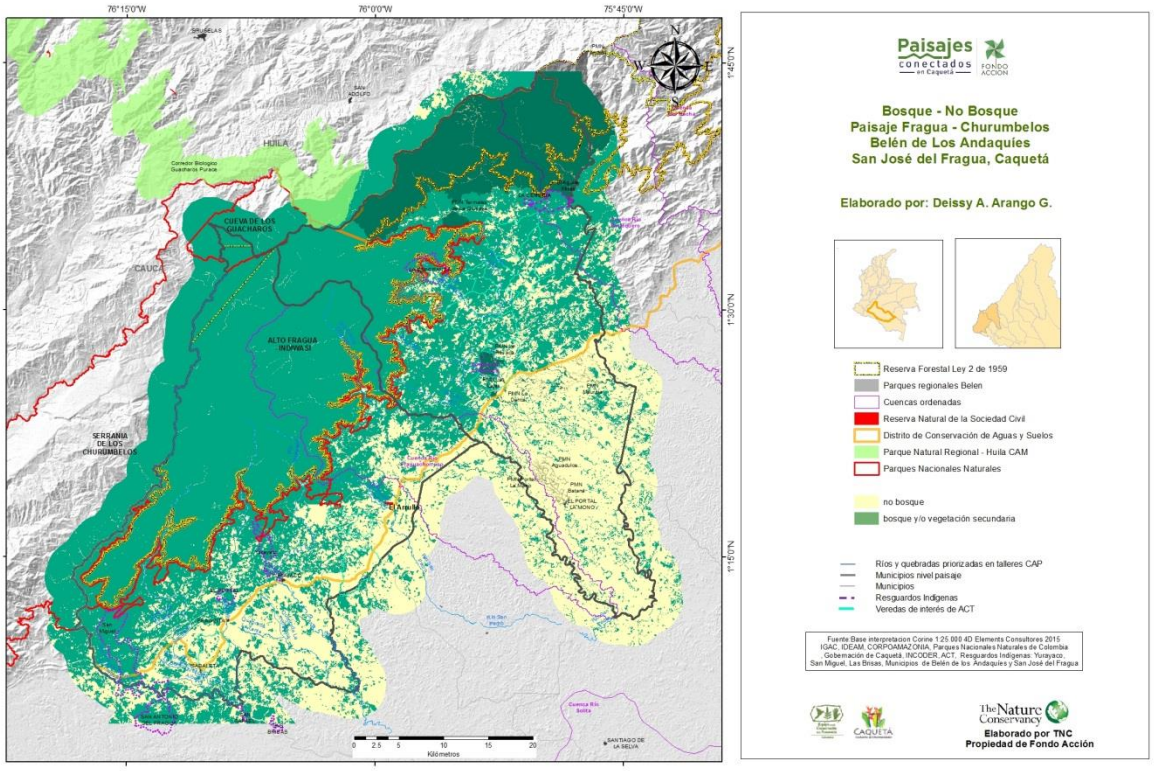


Figura 35. Reclasificación raster en el Paisaje Fragua Churumbelos

Esta reclasificación es la entrada para el uso del programa GUIDOS cuyo primer análisis es el Análisis de Patrones Morfológicos Espaciales - MSPA (Figura 36), que se pueden resumir en la tabla 5.

Referencia	Tipo	Descripción
	núcleos	Parche de bosque o vegetación secundaria excluyendo el perímetro
	islas	Áreas discontinuas o desarticuladas muy pequeñas para contener un núcleo
	perforación	Perímetro interno dentro del núcleo
	perímetro	Perímetro del núcleo
	rama	Conexión a uno de los extremos a un borde, perforación puente o bucle
	bucle	Conexión a más de un extremo en el mismo núcleo
	puente	Conexión a más de uno de los extremos a diferentes núcleos

Tabla 5. Patrones morfológicos en el Paisaje Fragua Churumbelos

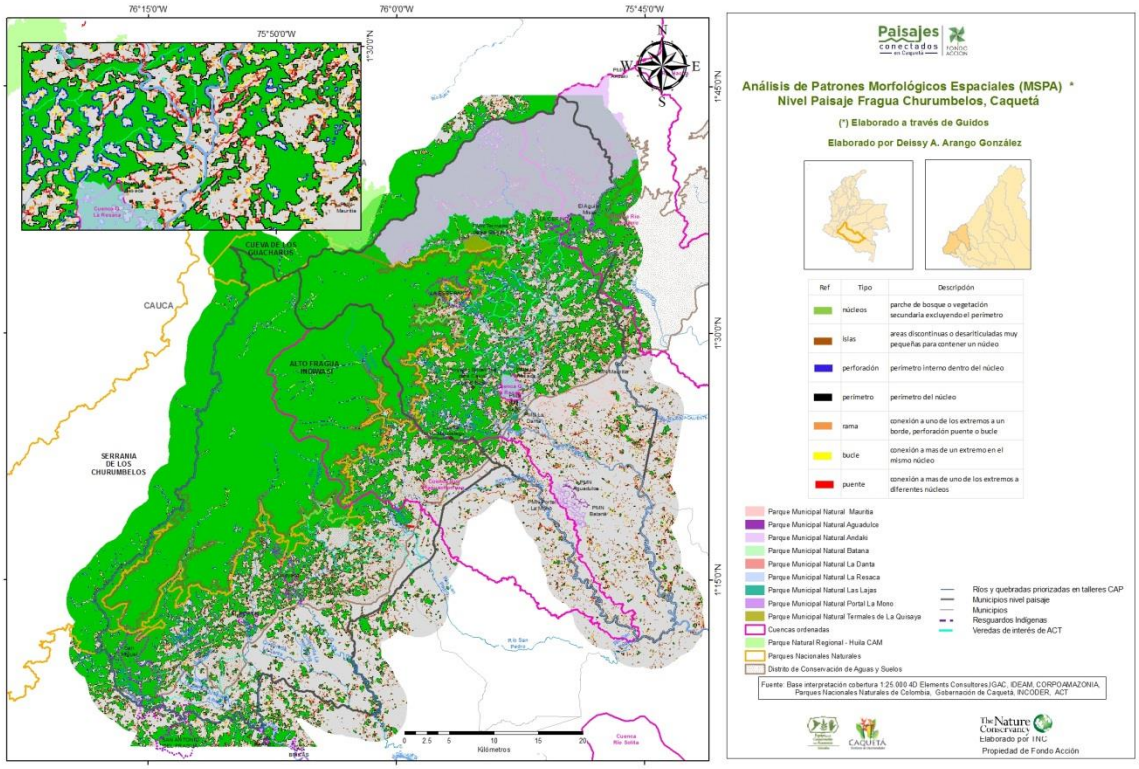


Figura 36. Patrones morfológicos en el Paisaje Fragua Churumbelos

Teniendo la anterior cartografía se señalan los núcleos o componentes sin tener en cuenta los conectores descritos anteriormente (figura 37).

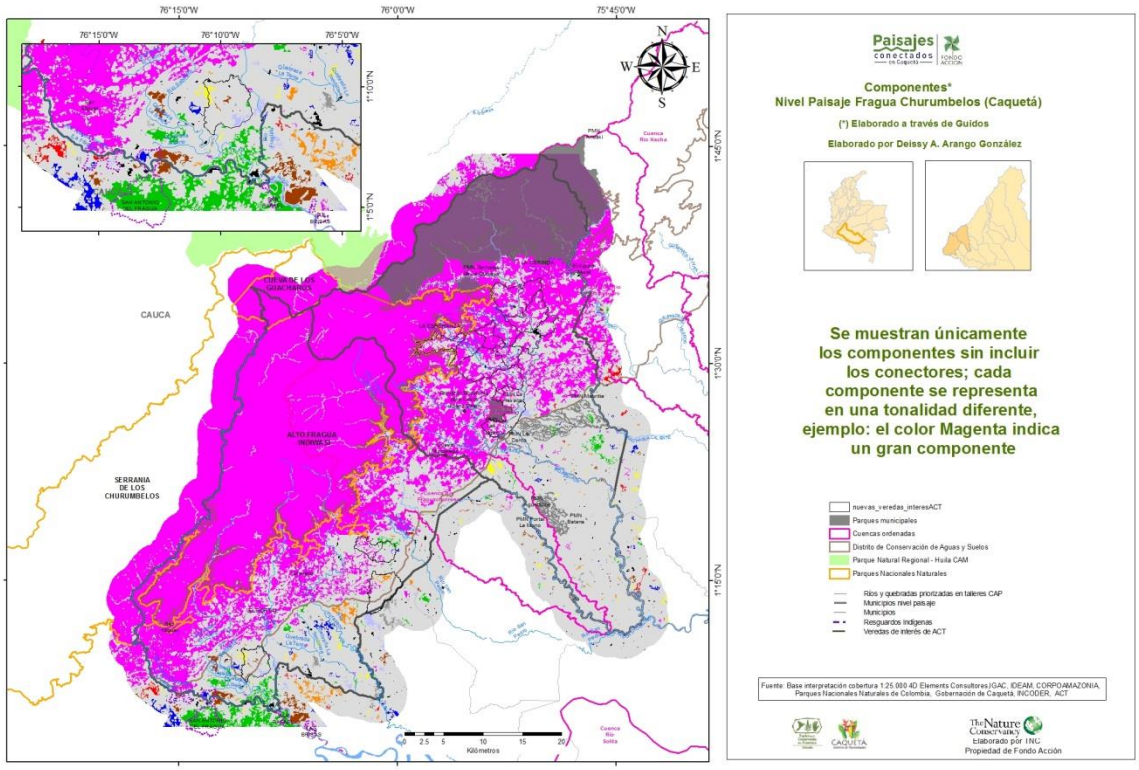


Figura 37. Componentes en el Paisaje Fragua Churumbelos

A continuación se muestran los componentes con los índices de probabilidad de conectividad (dPC) más altos, estos mapas sirvieron de insumo para los talleres Cap en los municipios (figura 38).

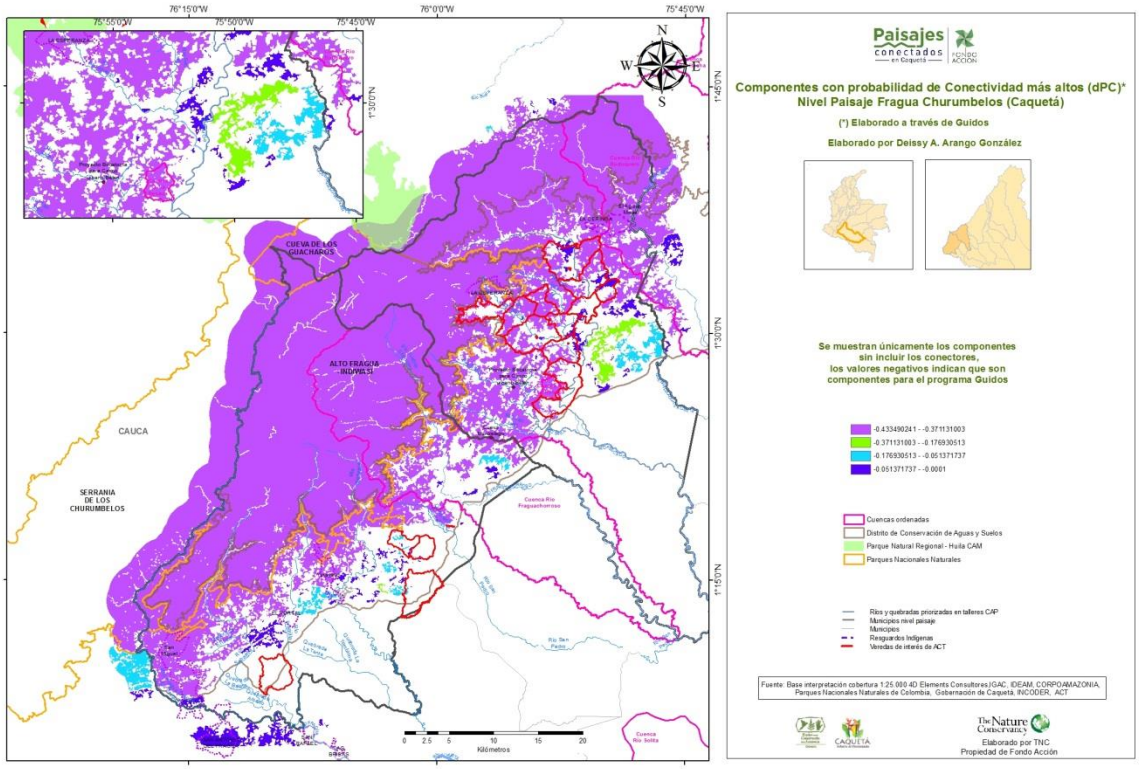


Figura 38. Componentes con los dPC más altos en el Paisaje Fragua Churumbelos

Se realizó también un ejercicio de fragmentación (Figura 39) con Guidos en el que se observa en tonos oscuros el núcleo o componente principal; en rojo y verde las zonas fragmentadas pero que tienen significancia para la conectividad.

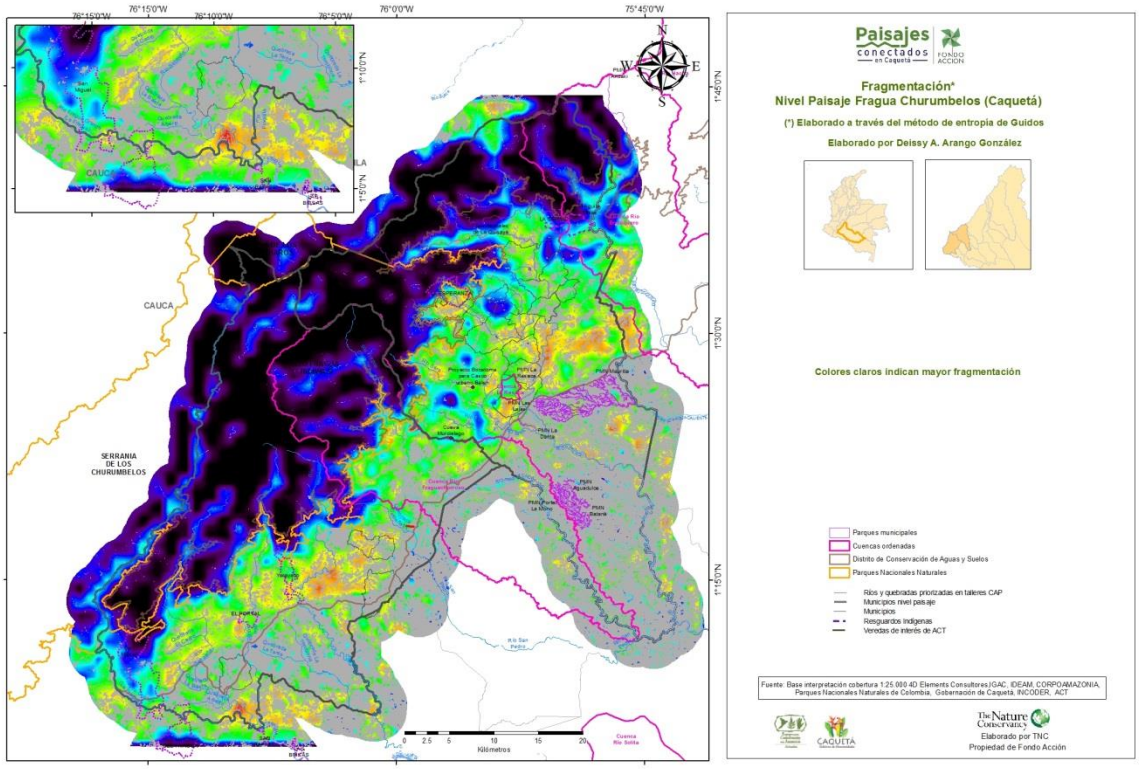


Figura 39. Fragmentación en el Paisaje Fragua Churumbelos

Realización de los talleres CAP en donde los actores municipales y de los Resguardos Indígenas señalaron zonas de importancia para la conservación (priorización participativa)

Producto de los talleres CAP se obtienen una serie de áreas señaladas por los actores locales por su relevancia en temas de conservación (Figura 40). En la tabla 6, se detallan estas zonas. Se aclara que aquellas cuyo código empieza en un dígito, en 1 o 2 fueron señaladas por los Resguardos Indígenas, aquellas que empiezan por código 3 fueron señaladas por el municipio de San José del Fragua y aquellas señaladas con código 4 son las indicadas por el municipio de Belén.

En los talleres también se observó que la población resalta la importancia del agua y por eso las áreas mayoritarias son cuencas y nacimientos; también indicaron la importancia de los bosques como lugar de provisión de medicinas y lugar donde viven los animales que les sirven para caza.

Representación espacial de las áreas prioritarias de conservación a nivel de paisaje (producto 4.2)

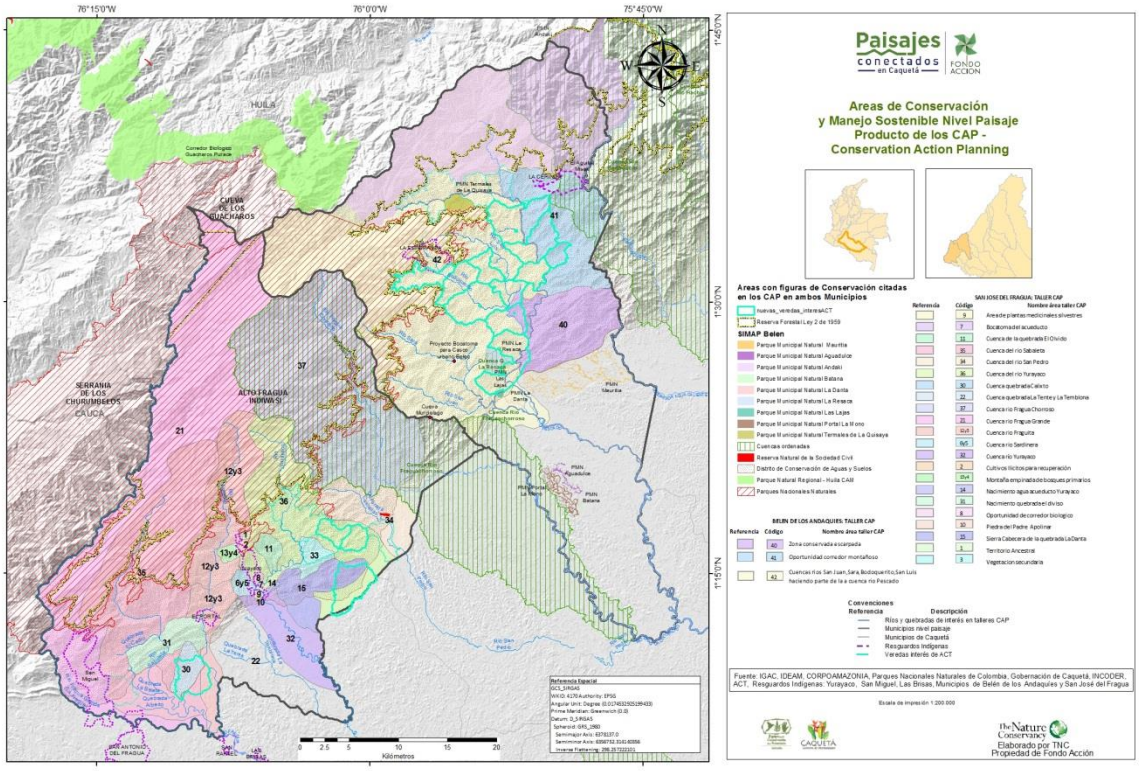


Figura 40. Zonas de importancia producto de los CAP en el Paisaje Fragua Churumbelos. Este mapa es el equivalente a la representación espacial de las áreas prioritarias de conservación a nivel de paisaje

SAN JOSE DEL FRAGUA: TALLER CAP	
Código	**Nombre área taller CAP**
9	Área de plantas medicinales silvestres
7	Bocatoma del acueducto
11	Cuenca de la quebrada El Olvido
35	Cuenca del río Sabaleta
34	Cuenca del río San Pedro
36	Cuenca del río Yurayaco
30	Cuenca quebrada Calixto
22	Cuenca quebrada La Tente y La Temblona
37	Cuenca río Fragua Chorroso
21	Cuenca río Fragua Grande
12y3	Cuenca río Fraguita
6y5	Cuenca río Sardinera
32	Cuenca río Yurayaco
2	Cultivos Ilícitos para recuperación
13y4	Montaña empinada de bosques primarios
14	Nacimiento agua acueducto Yurayaco
31	Nacimiento quebrada el diviso
8	Oportunidad de corredor biológico
10	Piedra del Padre Apolinar
15	Sierra Cabecera de la quebrada La Danta
1	Territorio Ancestral
33	Vegetación secundaria
BELEN DE LOS ANDAQUIES: TALLER CAP	
Código	**Nombre área taller CAP**
40	Zona conservada escarpada
41	Oportunidad corredor montañoso
42	Cuencas de los ríos San Juan, Sara, Bodoquerito y San Luis que hacen parte de la cuenca del rio Pescado

Tabla 6. Áreas priorizadas en los CAP en el Paisaje Fragua Churumbelos

Retroalimentación del ejercicio previo con los resultados de los CAP

Observado que las zonas consideradas por los actores locales, abarcan la mayor parte de las áreas de los municipios, se procedió a resaltar las áreas de importancia común entre los ejercicios realizados a través de Guidos y los talleres CAP.

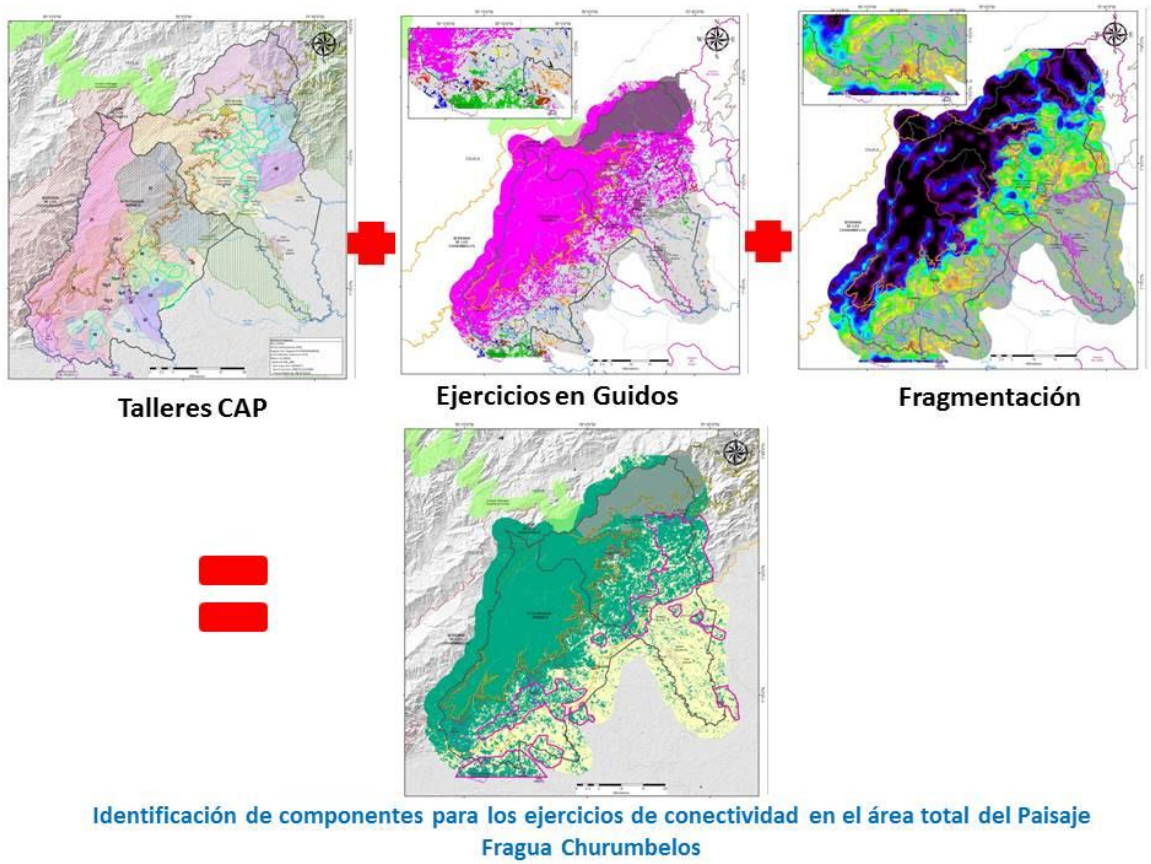


Figura 41. Componentes o Zonas núcleo producto de la revisión de las diferentes fuentes.

En la figura 41 en color magenta puede observarse que son nueve componentes o zonas núcleo que aunque algo fragmentados presentan un buen estado de conservación y fueron señalados por la comunidad y por los análisis previos (Comunidad, GUIDOS y fragmentación) y que incluso salen de los límites municipales debido a la participación de Resguardos Indígenas de la zona sur, sin embargo no se fue más allá porque la interpretación Corine no abarca más que un buffer (zona de excedencia) de 3 Kilómetros.

Se aclara que en esta elección de áreas no entró el componente principal, es decir, aquel componente que va desde el Parque Nacional Serranía de Los Churumbelos al parque

municipal Andaquí, ya que al realizar los ejercicios de conectividad este componente arrastra los resultados hacia su área, debido a su gran tamaño y buen nivel de conservación.

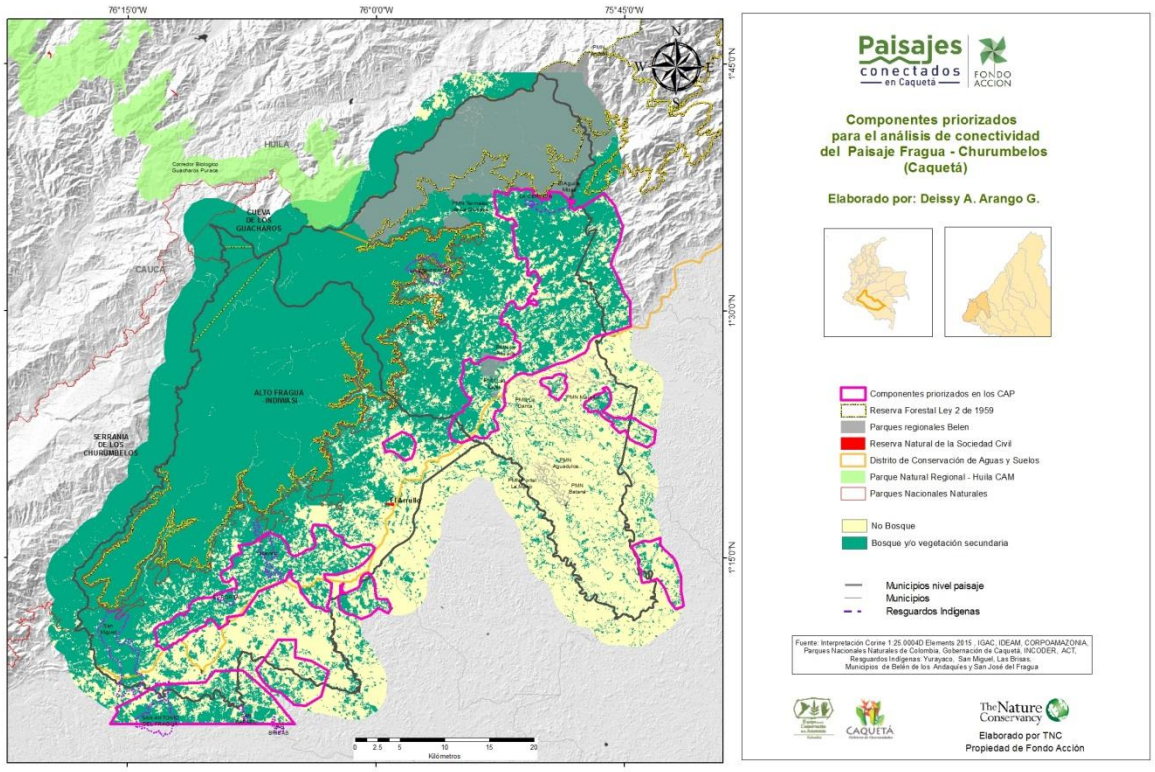


Figura 42. Componentes para correr el análisis de conectividad

Mapas de Corriente

Una vez definidos los componentes (figura 42) se procedió a realizar los mapas de corriente en Circuitscape cuyas entradas son mapas de resistencia que consisten en una reclasificación de la cobertura de acuerdo con particularidades de las dos especies escogidas para el ejercicio, *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella,* estas particularidades se describen en las tablas 3 y 4, la otra entrada son los componentes o zonas núcleo elegidos, ambas entradas en formato raster.

Se obtienen los mapas de corriente, que muestran el posible movimiento de las especies representados en flujos de energía de acuerdo con sus características de resistencia. En

la figura 43 se muestran los mapas de corriente para las especies *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella.*

En el mapa se observa dónde puede haber cuellos de botella, es decir lugares donde se está perdiendo la conectividad entre los componentes (colores más oscuros) y los sitios donde hay corredores de conectividad (colores más claros) como se observa en la figura 42. Se aclara de nuevo que no entró el componente principal, es decir, aquel componente que va desde el Parque Nacional Serranía de Los Churumbelos al parque municipal Andaquí, ya que al realizar los ejercicios de conectividad este componente arrastra los resultados hacia su área, debido a su gran tamaño y buen nivel de conservación.

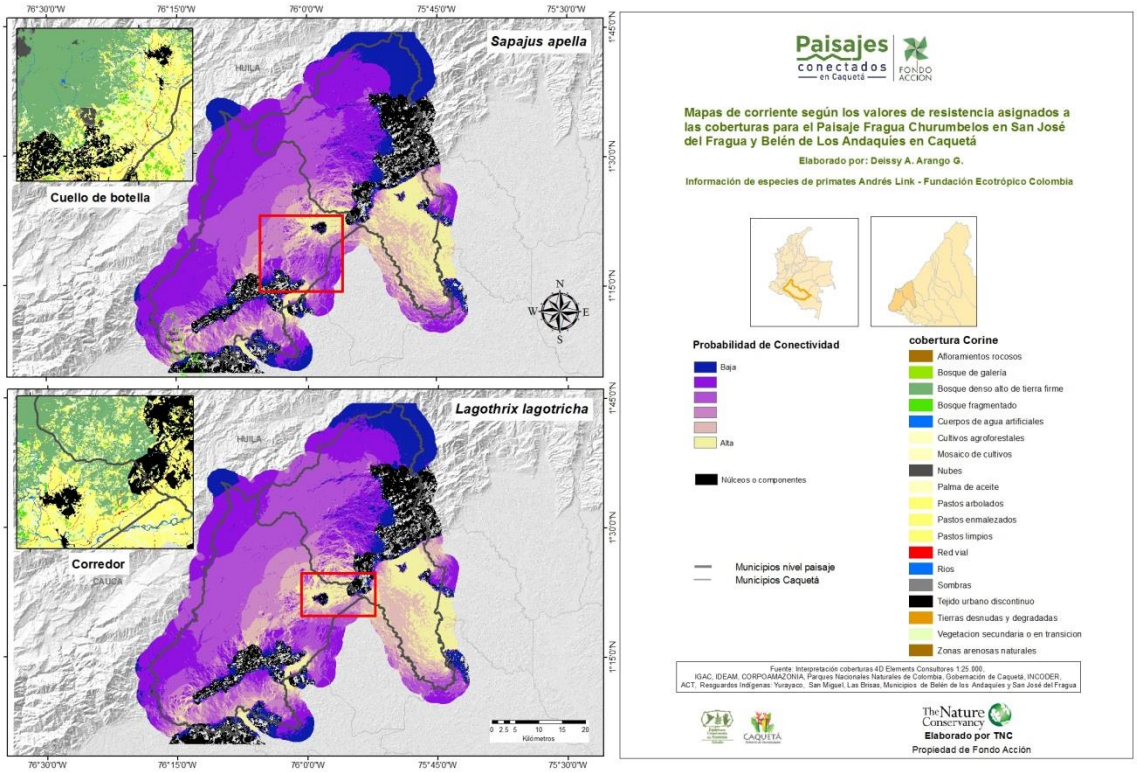


Figura 43. Mapas de corriente según los valores de resistencia asignados a *Lagothrix lagothrica* y *Sapajus apella* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

Modelación de servicios ecosistémicos (producto 4.1)

De acuerdo al plan de trabajo se debía hacer una priorización se servicios ecosistémicos con el programa Paisajes conectados, sin embargo por motivos de tiempo de satisfacción del plazo del contrato (3 meses) no se realizó. Se destaca que para el mes de marzo del 2015 se asistió a un evento de la Universidad de la Amazonía en Florencia (Caquetá)

sobre *servicios ecosistémicos* promovido por el grupo de investigación GISAPA[9], en el que se destacó la importancia de los servicios de Almacenamiento de Carbono y Agua (Rendimiento Hídrico), estos se han tenido en cuenta para el presente proyecto más Calidad de hábitat, Retención de Nutrientes y Retención de Sedimentos que fueron escogidos porque se podían implementar con la información disponible.

La modelación se llevó a cabo mediante la herramienta InVEST desarrollado por la organización Natural Capital Project10, en el anexo 4 se puede observar la información de soporte sobre las entradas, procesos y salidas de los modelos implementados.

Las capas raster que se emplearon como insumo fueron en general de un tamaño de celda de entre 30 a 90 metros según los datos nacionales provistos. Se utilizó la cobertura vegetal escala 1:25.000 generada por el proyecto para crear la capa raster (pixel 10x10m) con la que se corrieron los 5 modelos.

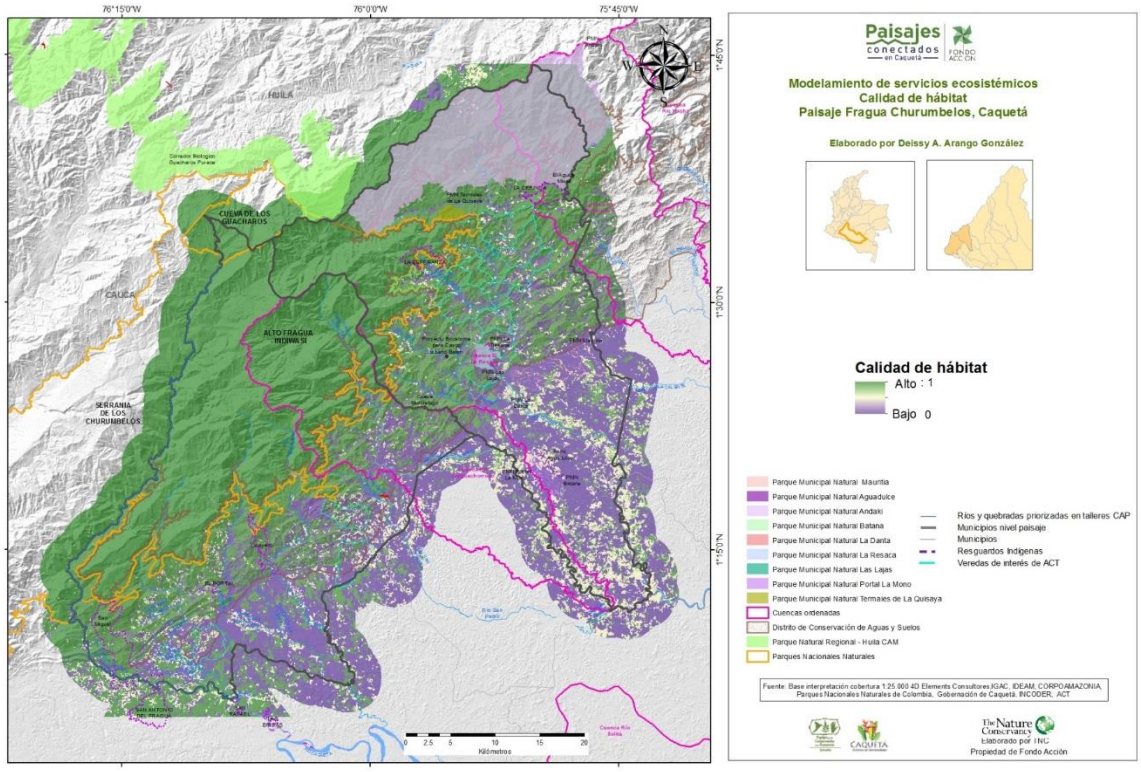
Calidad de Hábitat

Para definir las coberturas que corresponden a hábitat se utilizó la cobertura 1:25.000 de los municipios, donde las áreas naturales se consideran hábitats y las áreas transformadas se consideran no hábitat, incluyendo áreas dedicadas a la producción agropecuaria, para generar una tabla donde se califica la sensibilidad de cada tipo de hábitat a las amenazas que se tuvo en cuenta.

[9] Seminario Internacional sobre Valoración de Servicios Ecosistémicos en la Amazonia Colombiana. Universidad de la Amazonia y el Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales (GISAPA). Participación de ponentes internacionales: la organización Bioversity International y Departamento de Control y Monitoreo de Servicios Ambientales (FONAFIFO) de Costa Rica. Participación nacional de Corpoica, Corpoamazonia, Uniamazonia,Sena, La Contraloría, Amazon Coservation Team y Parques Nacionales entre otros.

[10] http://www.naturalcapitalproject.org/

La calidad del hábitat del Paisaje Fragua - Churumbelos es mayor en las áreas con cobertura de bosque que se encuentran dentro en los límites de los parques naturales Alto Fragua-Indiwasi, Serranía de Los Churumbelos y Cueva de Los Guacharos, y menor en áreas transformadas cercanas a las zonas urbanizadas y territorios artificializados (Figura 44). Al sur del área de estudio, en paisajes dominados por una matriz transformada con coberturas dedicadas a la producción agropecuaria, principalmente pastos, existen pequeñas áreas con valores altos y medios de calidad de hábitat que corresponden a bosques de galería y riparios y manchas boscosas aisladas. La distancia y magnitud de estas áreas, con respecto de las amenazas identificadas, determinan su valor estimado de calidad y degradación. También se infiere que las áreas con calidad de



hábitat media y alta en el curso de los ríos o cursos de agua de las principales cuencas hidrográficas, aportan a la conectividad funcional y estructural de los ecosistemas del área de estudio.

Figura 44. Mapa del servicio ecosistémico *Calidad de hábitat* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

Calidad de hábitat (Degradación de hábitat)

El mapa de la Figura 45 muestra la degradación del hábitat en el paisaje del área de estudio. Un valor alto en la celda significa que la degradación relativa es mayor, en cuanto

a las otras celdas (Sharp *et al.* 2014). En general el modelo considera que las coberturas de la tierra que son resultado de la modificación humana, causan fragmentación, degradación y efectos de borde en los parches de coberturas boscosas consideradas hábitat.

Es necesario aclarar que por la simplicidad del modelo y sus limitaciones, se recomienda complementar la información con análisis de modelos de distribución de especies, que ayuden a definir estrategias de conservación para el área. Otra alternativa para aumentar la calidad del hábitat y disminuir su degradación es la disminución del contraste entre las coberturas en el paisaje, por medio de reconversión de sistemas productivos y prácticas productivas sostenibles. El análisis combinado de los mapas de calidad de hábitat y de degradación permite identificar áreas importantes para la implementación de iniciativas de restauración ecológica que redunden en un posible aumento en el suministro de servicios ecosistémicos. Teniendo en cuenta esto, las áreas de ronda hídrica o bosques de galería son importantes para la restauración de procesos ecológicos que mejoren la conectividad y el flujo constante de servicios ecosistémicos.

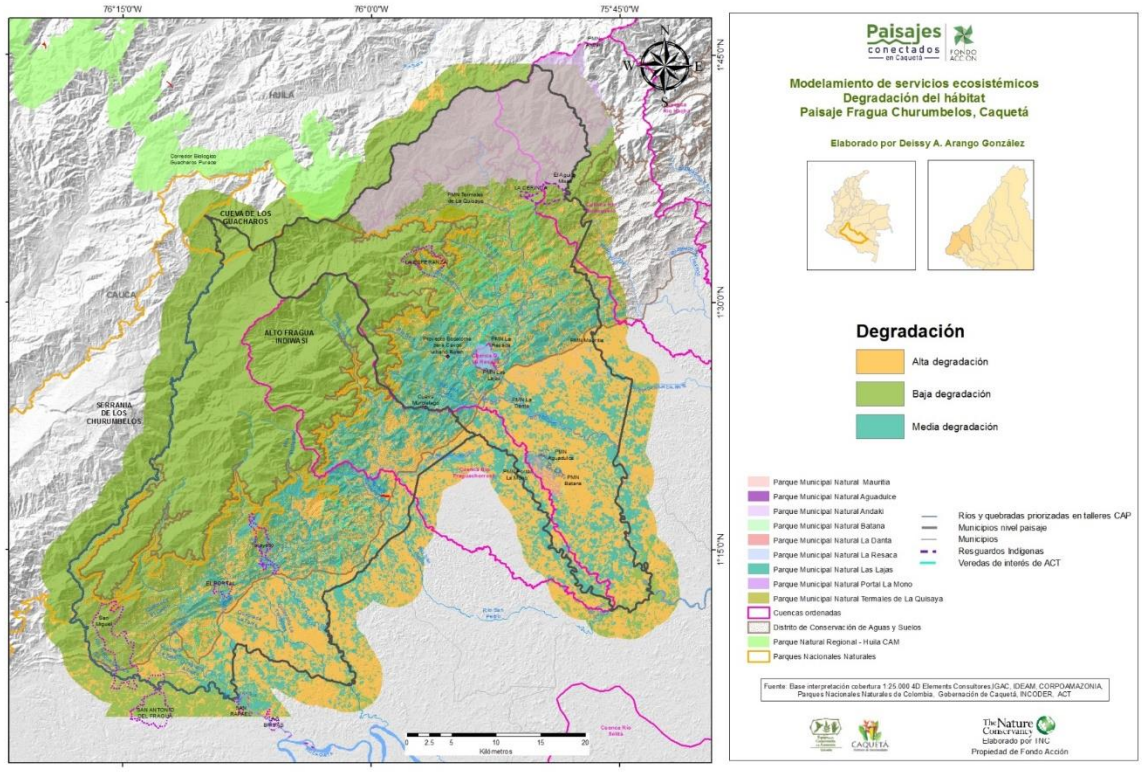


Figura 45. Mapa del servicio ecosistémico *Degradación de hábitat* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

Almacenamiento de Carbono

El modelo de almacenamiento de carbono (Figura 46) implementado tiene como entradas principales la cobertura de la tierra, en este caso la cobertura 1:25.000 con clasificación *Corine Land Cover* construida en el marco del proyecto, y los valores de carbono almacenado en cuatro *pools* de carbono que son biomasa aérea, biomasa en suelo, materia orgánica muerta.

En el área de estudio el carbono almacenado llega a un valor de 330 toneladas métricas por hectárea (3.3Mg/100m^2) en áreas con cobertura de bosque natural principalmente, según la clasificación de *Corine Land Cover* corresponden a Bosque denso alto de tierra firme, bosque de galería, bosque fragmentado y vegetación secundaria o en transición. Las coberturas con *stocks* de carbono con valor medio y bajo corresponden a áreas abiertas y sistemas productivos, así como los territorios artificializados.

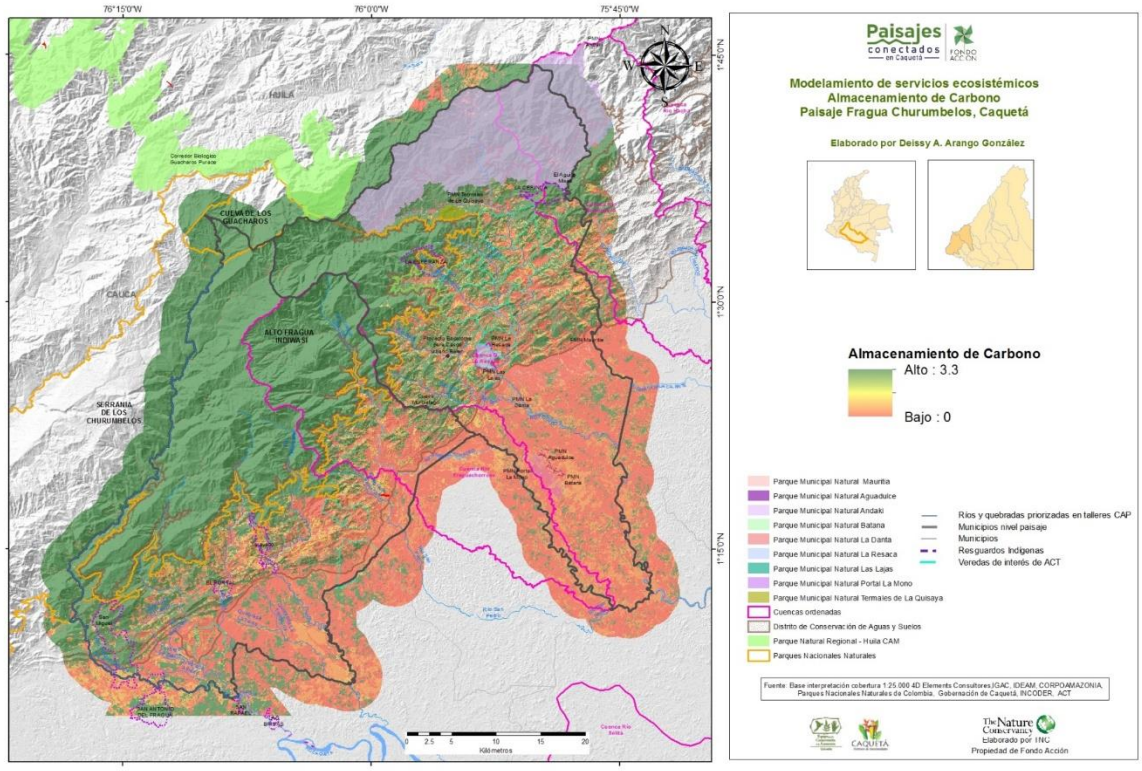


Figura 46. Mapa del servicio ecosistémico *Almacenamiento de carbono* en el paisaje Fragua- Churumbelos.

Rendimiento hídrico

Para el área de estudio el rendimiento hídrico estimado por pixel muestra un volumen bajo en algunas zonas del nor-oriente del municipio de Belén de los Andaquíes (en tonos rojizos en la Figura 47). Esto se debe a que los patrones de precipitación en la zona son menores en el norte del área y mayores al sur del área de estudio; y contrasta con los altos valores de evapotranspiración de las áreas boscosas. Por esta razón, el rendimiento hídrico es menor en áreas con cobertura de bosque. Los valores bajos en rojo corresponden a volúmenes en milímetros cercanos a 500 y los valores altos en azul hasta los 3900 mm de agua por año. Esos valores son indicativos y no deben tenerse en cuenta para definir estrategias de aprovechamiento de agua para actividades de generación de energía o riego. En general, los resultados de este modelo deben ser interpretados teniendo en cuenta que las zonas con mayor rendimiento hídrico corresponden a zonas transformadas para usos agropecuarios, que son transformadas o degradadas y, por lo tanto, con baja calidad de hábitat y que tienen valores bajos de evapotranspiración.

En el área de estudio se encuentran las siguientes subzonas hidrográficas:

- SZH del río Orteguaza
- SZH del río Caquetá Medio
- SZH del río Pescado
- SZH del río Suaza

Las SZH con mayor rendimiento son el río el río Pescado y Caquetá medio (según valores estimados de rendimiento hídrico en milímetros/año).

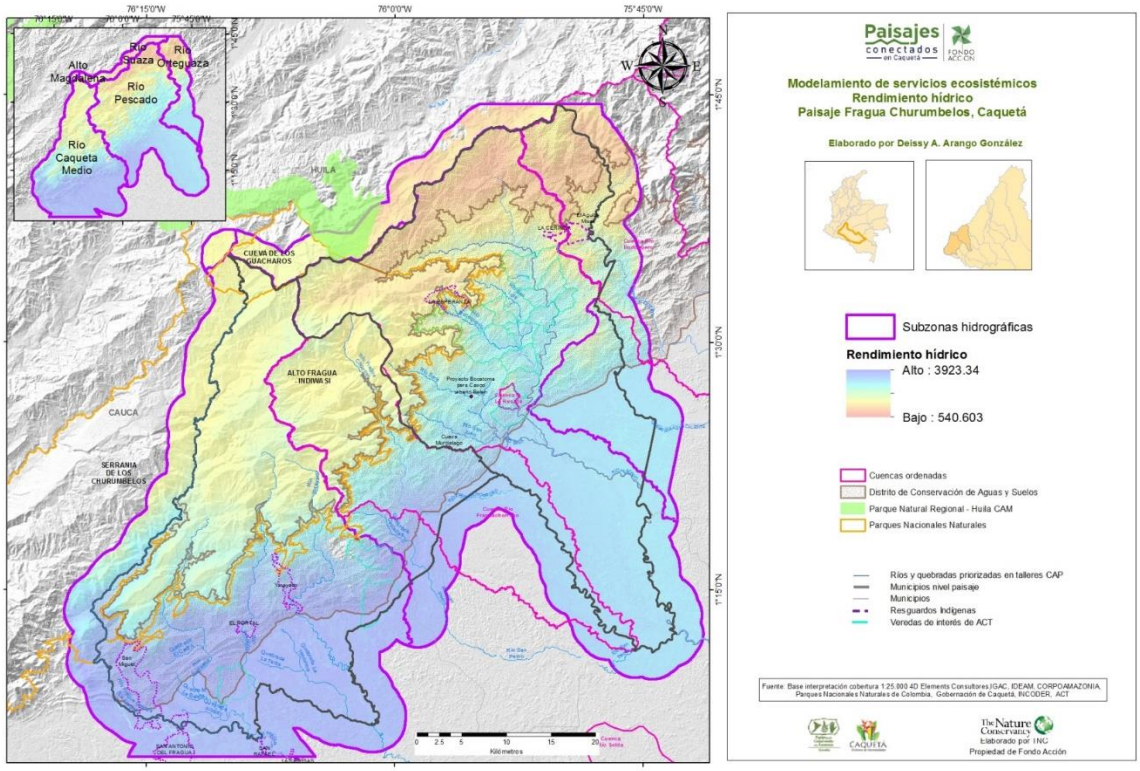


Figura 47. Mapa del servicio ecosistémico *Rendimiento hídrico* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

Retención de nutrientes

La figura 48 representa un balance de nutrientes (en este caso se trabajó con nitrógeno) donde los tonos rojizos indican que el balance entre lo exportado y retenido es casi cero beneficiando al paisaje, es decir el ciclo es mantenido, los tonos verdes indican que el paisaje no es capaz de retener los nutrientes expedidos, es decir hay un desbalance, por tanto dichos nutrientes serán exportados hacia las corrientes hídricas.

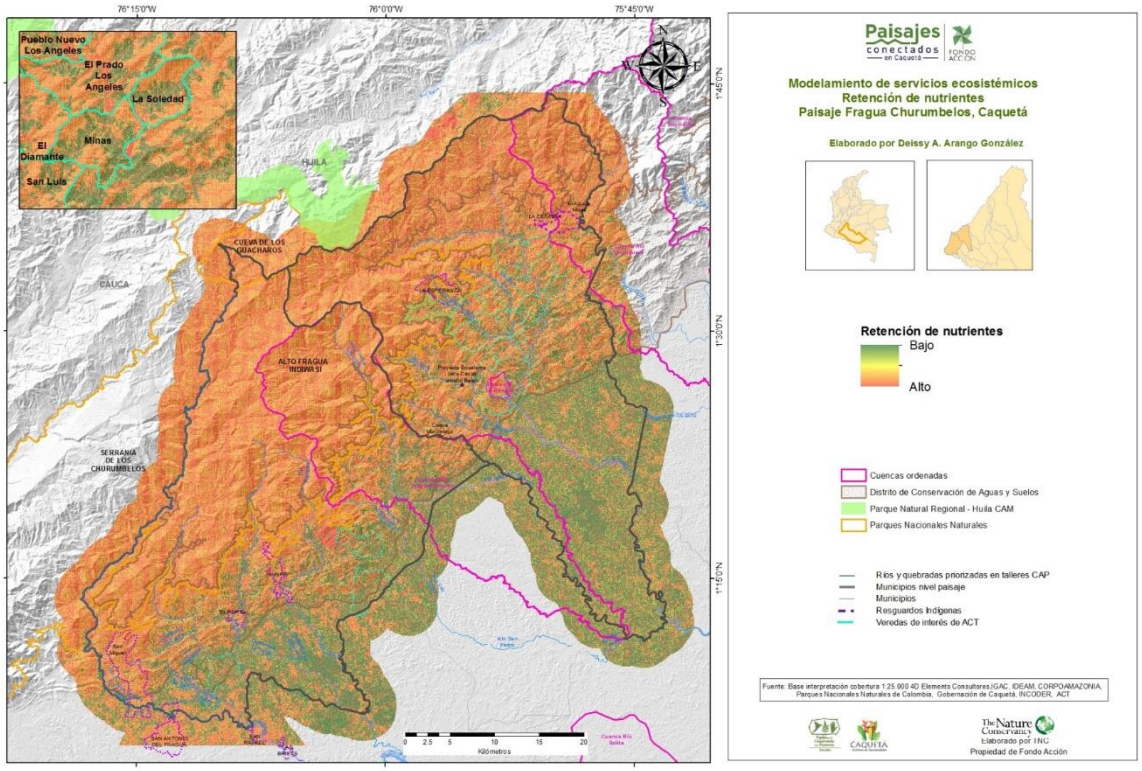


Figura 48. Mapa del servicio ecosistémico *Retención de nutrientes* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

Retención de sedimentos

La Figura 49 muestra las áreas que contribuyen a la retención de sedimentos en la zona de estudio, donde las áreas que más retienten se presentan en tonalidades rojizas, para apreciar mejor estas áreas es mejor hacer los acercamientos en el raster entregado.

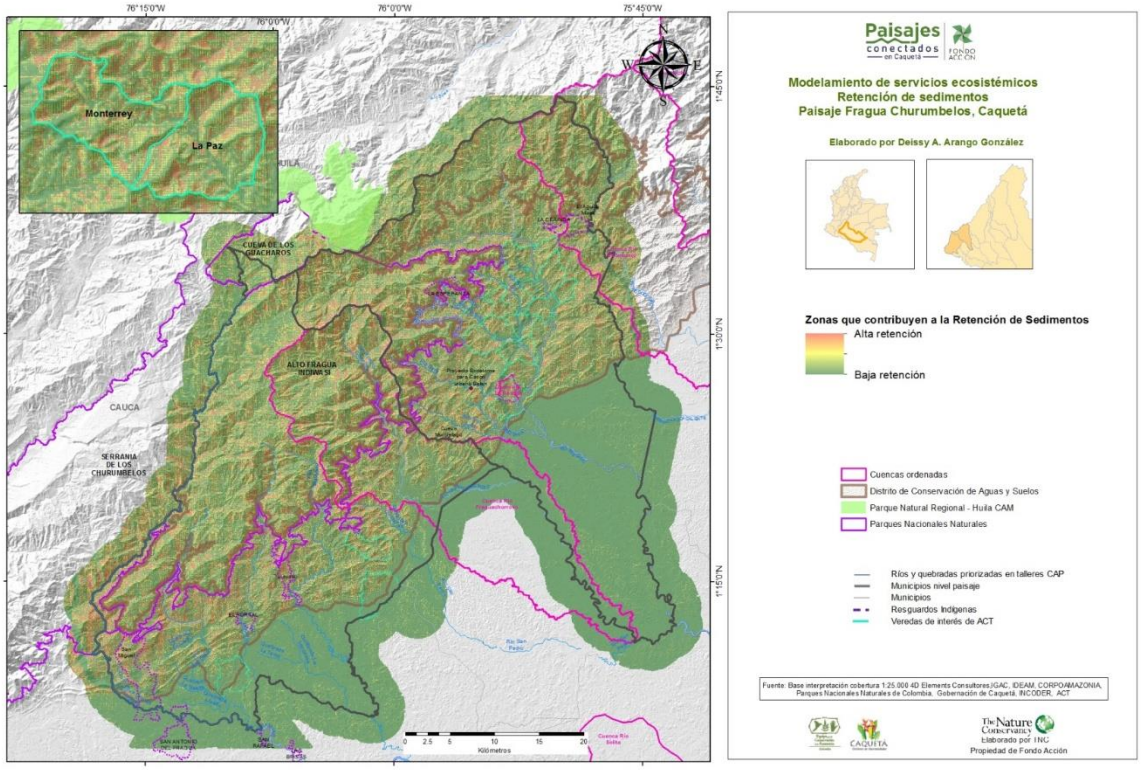


Figura 49. Mapa del servicio ecosistémico *Retención de sedimentos* en el paisaje Fragua-Churumbelos.

ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD PARA EL PAISAJE FRAGUA- CHURUMBELOS (producto 5)

Documento soporte de análisis multicriterio para el nivel de paisaje (producto 5.2)

Una vez definidos los componentes, se procedió a realizar los análisis de conductividad o corriente en el *software Circuitscape* (descrito más arriba). Como entrada se utilizaron mapas de resistencia, que se elaboraron reclasificando el mapa de coberturas de la tierra, de acuerdo con valores de resistencia asignados a las siguientes dos especies de primates: *Lagothrix lagothrica* (especie de movilidad más restringida, Tabla 3) y *Sapajus apella* (especies de movilidad menos restringida Tablas 4). Los mapas generados reflejan la probabilidad de movilidad de estas especies, representada en flujos de energía, de acuerdo a la resistencia de la matriz del territorio (Figura 42). Igualmente, evidencian

posibles cuellos de botella o lugares donde su movilidad o flujo estaría interrumpiéndose. En particular, como se destaca en el recuadro rojo de esta figura (figura 42), el fragmento remanente de bosque en el sector de influencia del río Fragua Chorroso constituye un denominado "*stepping stone*". Con base en la suma de los resultados de conectividad (mapas de corriente) se diseñaron las rutas de conectividad que se proponen en el mapa integrado de conservación-conectividad a nivel de paisaje (figura 43).
Adicionalmente a las áreas priorizadas en los CAP (figura 40) se se enfatizó en la zona de trabajo de ACT y se incorporaron tres áreas de análisis cada una con dos escenarios (Figura 50).

Áreas de análisis enfatizadas en las zonas de trabajo de ACT (Conectividad)

Área de análisis Belén de los Andaquíes

Escenarios: Margen derecha y Margen izquierda del rio Pescado.

Área de análisis San José del Fragua centro

Escenarios: Margen derecha y Margen izquierda rio Yurayaco

Área de análisis San José del Fragua sur

Escenarios: Margen derecha y Margen izquierda rio Sabaleta

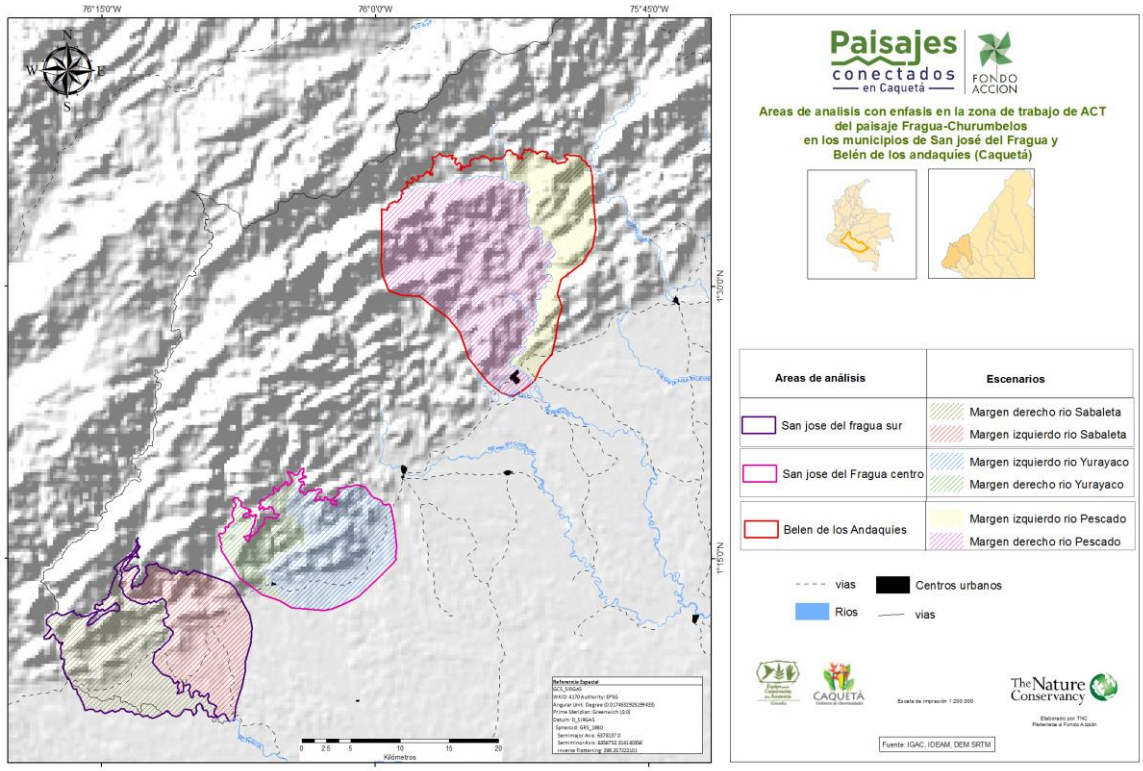


Figura 50. Mapa de áreas de análisis con énfasis en la zona de trabajo de ACT.

En la figura 51 se presentan los resultados de los análisis de conectividad en las áreas de trabajo de ACT. Estos resultados se incorporaron en el mapa integrado de conectividad (figura 53) y alimentaron junto con los modelos de servicios ecosistémicos, el análisis multicriterio a nivel de paisaje

.

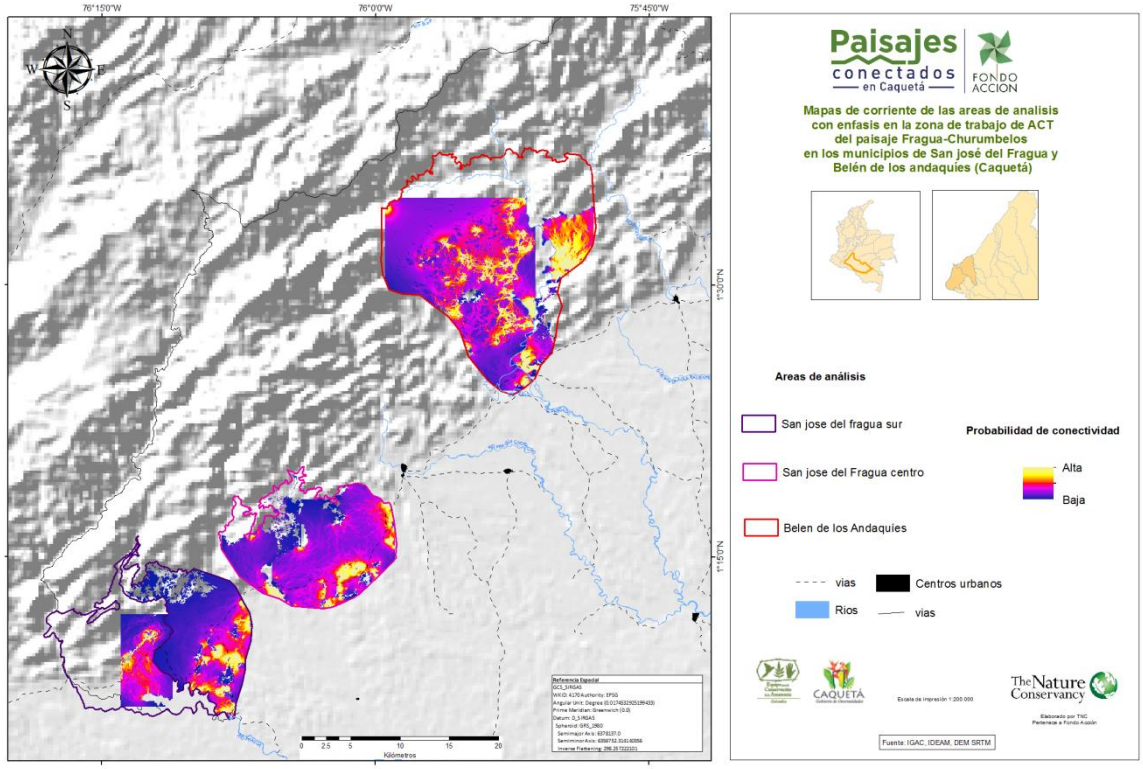


Figura 51. Mapas de corriente de áreas de análisis con énfasis en la zona de trabajo de ACT.

MAPA INTEGRADO DE CONECTIVIDAD DEL NIVEL DE PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS (producto 5.1)

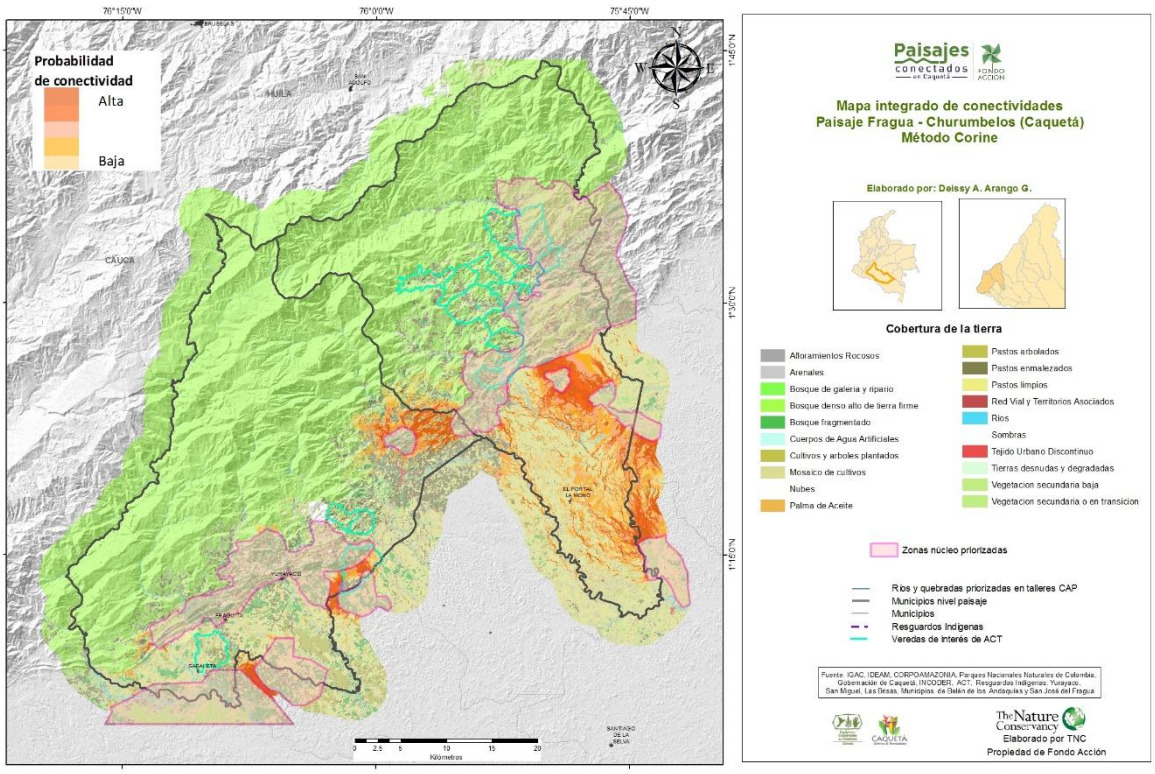


Figura 52. Mapa integrado de conservación-conectividad a nivel del paisaje Fragua-Churumbelos.

En el Mapa Integrado de Conectividades (Figura 52) se muestra que las probabilidades de conectividad entre el sector del alto río Pescado – Quebrada Agua Caliente (sector norte) y el sector río Alto Fragua Chorroso – río Alto Fragua (sector sur) son bajas. Igualmente, resalta la importancia de la conectividad a través del Parque Alto Fragua y Andaquí. El sector norte aun muestra buenas oportunidades de conexión entre sus componentes, mientras que el sector sur se rompe en dos partes, el Alto Fragua y el Alto Fragua Chorroso.

ANALISIS MULTICRITERIO DEL NIVEL DE PAISAJE FRAGUA-CHURUMBELOS

El análisis multicriterio íntegro criterios los resultados de los análisis de conectividad (zonas que contribuyen a la conectividad) (figura 54) junto con los modelos de servicios ecosistémicos, esta integración derivo en el mapa modelo final de conservación-conectividad.

Método

Normalización de las variables

Cada una de las variables se normalizó para que todos los datos quedaran en una misma escala. Para esto, al raster de cada variable se dividieron todos sus valores sobre el valor más alto que presentara.

Balanceo de los datos

Mediante la herramienta Focal statistics del Software ArcGIS (versión 10.2.2) se aplicó un re muestreo al raster de cada variable con el fin de equilibrar los valores. La herramienta Focal statistics, calcula para la ubicación de cada celda de entrada una estadística de los valores vecinos en un cuadrante específico. Dentro de los criterios de la herramienta, se utilizó la opción de Suma, para tener en cuenta la totalidad de valores vecinos de cada celda. También se corrió con una ventana de 3x3 celdas ver fig.53.

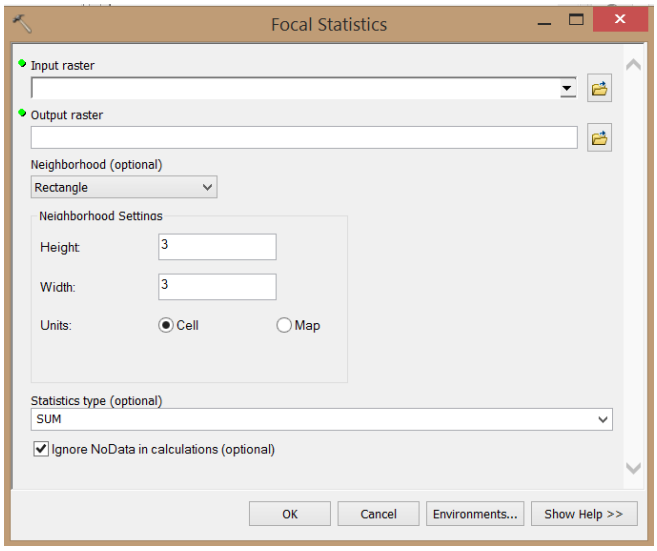


Figura 53. Detalle de parámetros de la herramienta “Focal statistics” del arctoolbox. Software ArcGIS.

Suma de las variables

Finalmente, se sumó el resultado de la herramienta Focal statistics de todas las variables. Previamente se pasó por un filtro a cada resultado, utilizando una máscara con el fin de que todas las capas tuvieran la misma extensión, tamaño de celda y sistema de coordenadas.

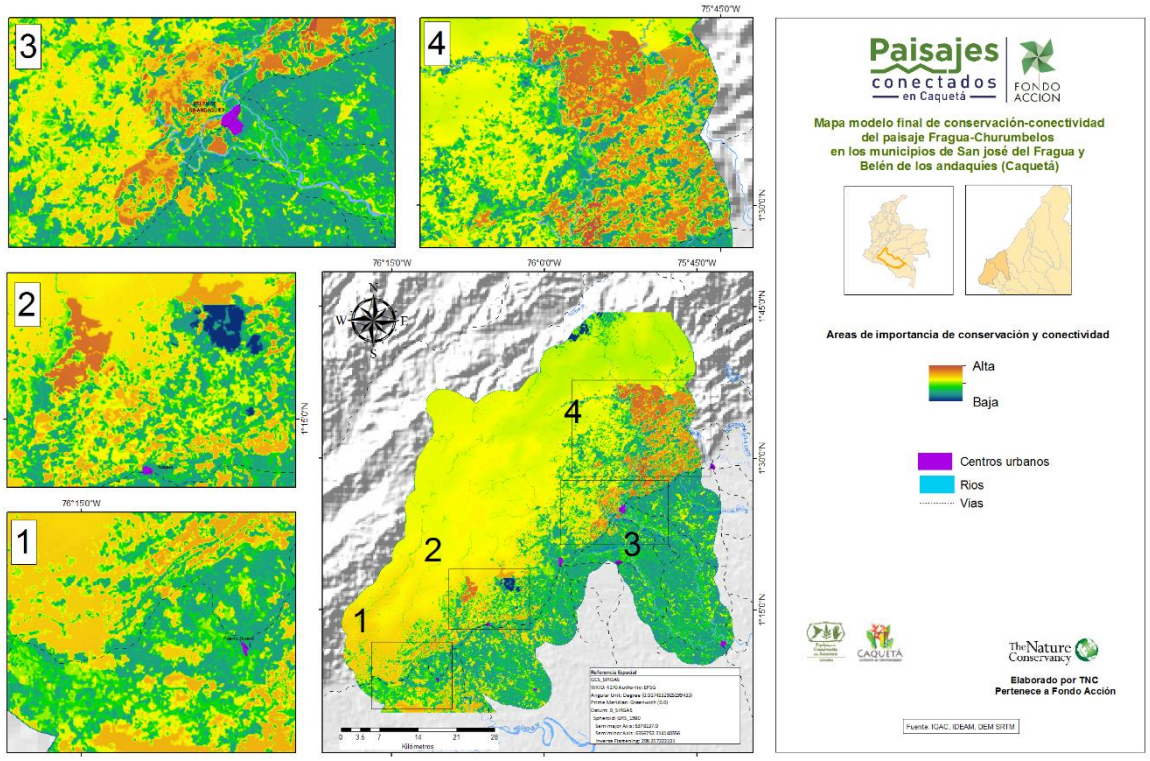


Figura 54. Mapa modelo final conservación-conectividad a nivel del paisaje Fragua-Churumbelos.

DOCUMENTO DE ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN Y MANEJO SOSTENIBLE (PRODUCTO 5.4)

La Ventana 1 en la figura 54 (Alto Rio Fragua - Río San Pedro) corresponde a las veredas La Cristalina y Sinaí, que es una de las áreas actuales de trabajo de ACT y FPAA. Se encuentra en la zona de amortiguación de Parque Natural Nacional Alto Fragua - Indiwasi. Las acciones de conservación, restauración ecológica y reconversión productiva hacia sistemas silvopastoriles y agroforestales deben priorizarse en esta ventana, por ser la zona más importante para recuperar la conectividad andino-amazónica, a lo largo del Alto río Caquetá.

La Ventana 2 (Alto río Yurayaco) también es una de las áreas de trabajo de ACT y FPAA (veredas La Esmeralda, Monterey, Alto San Isidro, Triunfo-San Pedro y La Paz). Su importancia radica en que es un frente de colonización muy activo y su estabilización es importante para consolidar el Distrito de Manejo de Aguas y Suelos, que atraviesa toda la región de estudio por encima de los 700 msnm. En consecuencia, podría considerarse como la zona de amortiguación del parque. Una oportunidad de conservación y conectividad en esta ventana es la presencia del Resguardo Yurayaco, donde los indígenas ya están recuperando la conectividad entre todos los fragmentos remanentes en su territorio. Es importante articular estos procesos del resguardo, con las acciones a implementar en los predios privados (fincas) vinculados al proyecto ACT-FPAA.

La Ventana 4, que corresponde al corredor Alto río Fragua Chorroso – Río Pescado - Quebrada Aguas Calientes, incluye varias veredas en donde ACT y el FPAA están desarrollando su trabajo de reconversión productiva y conservación. Estas veredas son: San Antonio de Padua, Minas, Aletones, San Luis, Santa Teresa, La Soledad, Pueblo Nuevo y La Primavera. Esta ventana engloba la zona de amortiguación de los parques municipales Andaquí y Termales de La Quisaya, y también coincide con el Distrito de Manejo de Aguas y Suelos. Se trata de un sector crítico, en cuanto la colonización está avanzando hacia la divisoria de aguas y podría interrumpir la conectividad del corredor departamental *Cordillera*. Los propietarios de las fincas de la zona mencionan que allí los cultivos ilícitos son todavía un motor importante de deforestación. La Ventana 3, ubicada en el medio Río Pescado todavía presenta fragmentos que podrían conectarse a esta ventana.

Los corredores propuestos deben gestionarse y construirse en consenso con los actores y propietarios locales, con el objetivo de incluirlos como elemento estructurante de los instrumentos de planificación y ordenamiento predial. La apuesta local y regional debe ser la de conectar gradualmente todos los componentes o áreas núcleo priorizadas. Por último, los corredores del Paisaje Fragua - Churumbelos deben articularse a los corredores *Cordillera* y *Alto Fragua Indiwasi-Paya-Chiribiquete* propuestos en el nivel departamental. Precisamente, la Ventana 1 (Figura 54) hace parte de la unión entre estos

dos corredores y, por lo tanto, es una pieza clave para ayudar a recuperar la conectividad andino-amazónica.

CLASIFICACIÓN ECOSISTÉMICA A NIVEL DEPARTAMENTAL (producto 6)

Clima

La región tiene un clima cálido húmedo que abarca el 90,45% en la zona centro norte del departamento (que se destaca por altos volúmenes de precipitación); el 7,27% es considerado templado muy húmedo y húmedo; el 1,74% cálido húmedo y el 0,51% frio muy húmedo y húmedo (Figura 55).

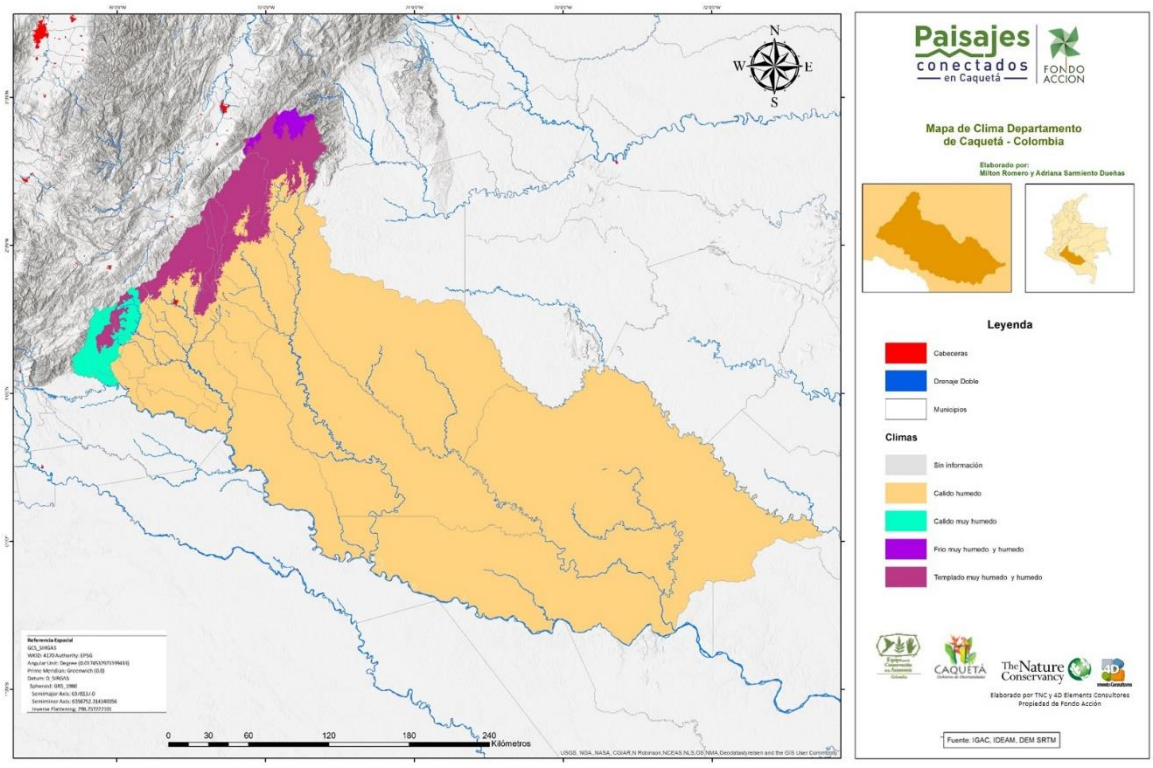


Figura 55. Mapa de clima del departamento de Caquetá.

Dominios, provincias y distritos biogeográficos

De acuerdo con la clasificación de dominio, provincia y distrito biogeográfico consolidada por Latorre *et al.* (2014), el departamento de Caquetá se encuentra en su mayoría dentro del dominio Cisandino (90%) y parcialmente en el Transinterandino (10%); en las provincias Guayana (39,27%), Amazonia (50,82%) y Norandina (9,91%); y 12 distritos,

entre los cuales sobresale el Caguán (34,28%), seguido de Yarí Miritíí – Selvas de Yarí Miritíí (26,77%).

El dominio *Transinterandino* hace referencia a zonas de valles interandinos y se caracteriza por su variabilidad geográfica y, por ende, climática (sistema montañoso andino con su conformación altitudinal), y corresponde a la provincia *Norandina*. El dominio *Cisandino* se extiende a través de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, con un relieve característico, constituido por un sistema de planicies, lomeríos, macizos, afloramientos rocosos antiguos y un vasto sistema de planicies aluviales de desborde. Su vegetación corresponde principalmente a áreas de sabanas y bosques dispersos o de galería (Figura 56).

El dominio biogeografico *Cisandino* se distribuye en dos provincias biogeográficas denominadas *Guayana* y *Amazonia* (Figura 52). La primera ocupa el 43,59% del departamento e involucra los municipios de Solano y San Vicente del Cagúan. La provincia *Amazonía* ocupa el 56,41% restante y se ubica en la zona sureste del departamento, cubriendo las áreas de selvas de transición (Tabla 7).

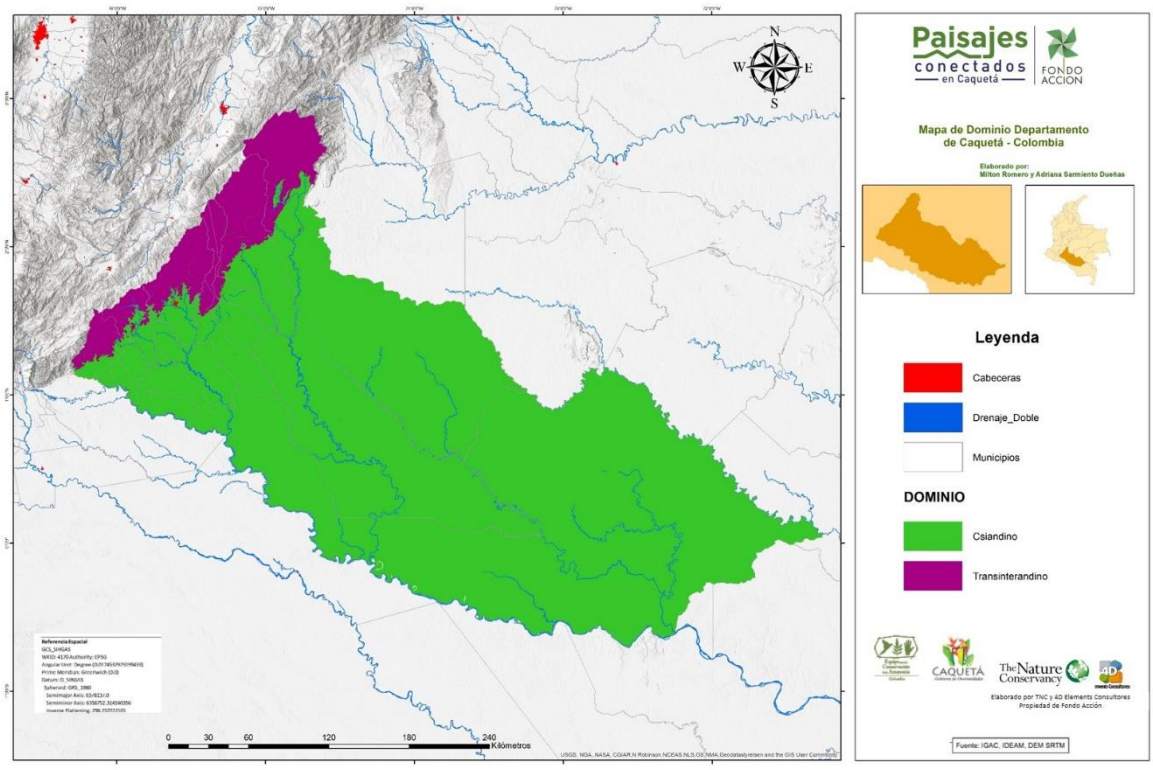


Figura 56. Mapa de Dominios biogeográficos del departamento de Caquetá. (Tomado de Latorre *et al.* 2014)

Dominio	Provincia	Distrito	Área Has
Cisandino	VII-Guayana	Complejo Cerros, Mesetas y Afloramientos del Escudo Guyanés	962.336
		Complejo Vaupés-Selvas del Vaupés y Sur del Guaviare	42.721
		Yarí Mirití-Sabanas del Yarí- Refugio	121.091
		Yarí Mirití-Selvas del Yarí-Mirití	2.412.526
		Total VII-Guayana	3.538.674
	VIII-Amazonia	Caguán	3.089.427
		Florencia	1.485.910
		Huitoto	4.730
		Total VIII-Amazonía	4.580.067
		Total Csiandino	8.118.742
Transinterandino	IX-Norandina	Andalucía. Bosques Andinos Cordillera Oriental vertiente Occidental Alto Magdalena	58
		Bosques Altoandinos Cordillera Oriental, vertiente Oriental Amazónica	302.598
		Bosques Altoandinos Nari±o Oriental. Cordillera Central y Oriental, vertiente amazónica	32.345
		Bosques Subandinos Cordillera Oriental y central. Vertiente Oriental Amazónica	556.852
		Vegetación herbácea y arbustiva alto andina de la Cordillera Oriental (Páramos cordillera oriental)	1.113
		Total Transinterandino	892.965
Total general			9.011.707

Tabla 7. Dominios, provincias y distritos biogeográficos del departamento de Caquetá.

El departamento involucra 12 distritos biogeográficos, entre los cuales sobresalen el *Caguán* (3.089.427 Has), seguido de *Yarí Mirití – Selvas de Yarí Mirití* (.412.526 Has) y Florencia (1.485.910 Has) (Figura 53). En cuanto a los tipos de bioma, en general el *Zonobioma I* de la provincia *Amazonia* domina el area de estudio (3.754.844 Has), seguido por el *Zonobioma I* de la provincia *Guayana* (2.887.863 Has). El *Orobioma I* corresponde a 892.965 Has en la provincia *Norandina* y el *Pedozonobioma* a 736.195 Has en la provincia *Amazonia* y a 650.812 Has en la provincia de la *Guayana* (Tabla 8 y figuras 56, 57 y 58).

Dominio	Provincia	Bioma	Área (Ha)
Cisandino	VII-Guayana	Pedozonobioma	650.812
		Zonobioma I	2.887.863
		Total VII-Guayana	3.538.674
	VIII-Amazonia	Hidrobioma	89.028
		Pedozonobioma	736.195
		Zonobioma I	3.754.844
		Total VIII-Amazonía	4.580.067
		Total Csiandino	8.118.742
Transinterandino	IX-Norandina	Orobioma I	892.965
		Total Transinterandino	892.965
Total general			**9.011.707**

Tabla 8. Área de los dominios y provincias biogeográficas, y tipos de bioma del departamento de Caquetá (basado en La Torre *et al.* 2014, escala 1:100.000)

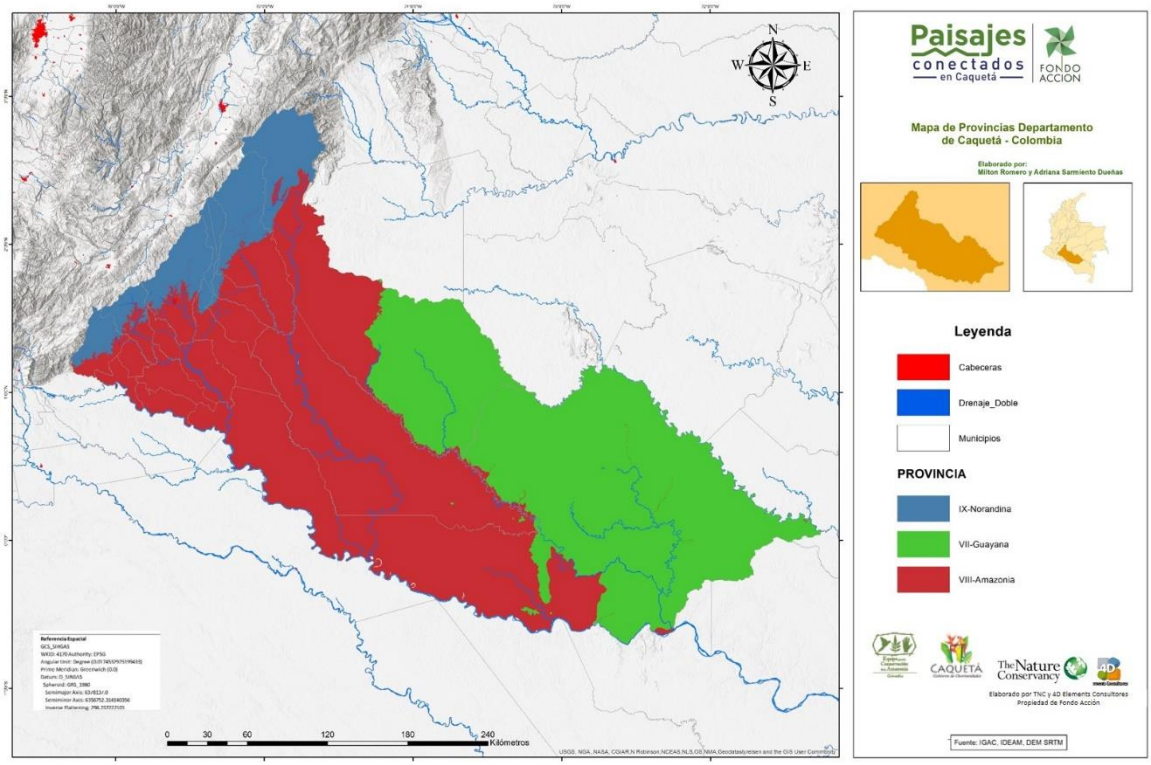


Figura 56. Mapa de provincias biogeográficas del departamento de Caquetá (tomado de Latorre et al. 2014).

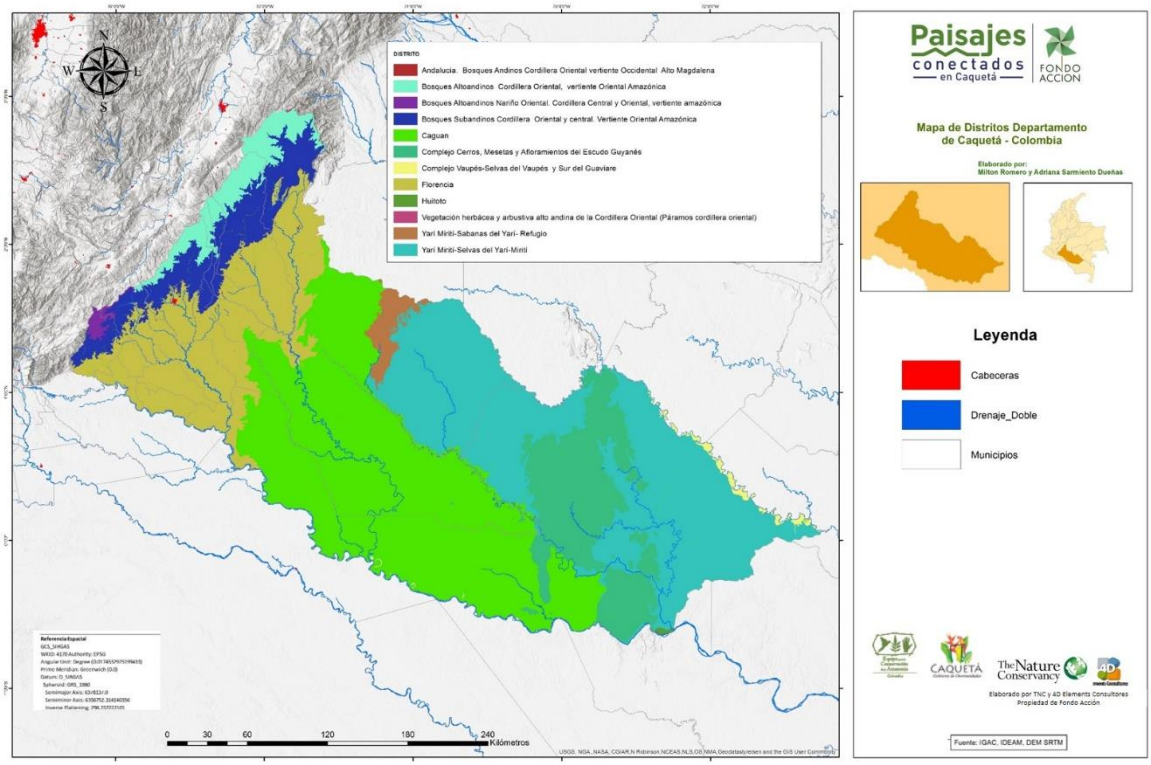


Figura 57. Mapa de distritos biogeográficas del departamento de Caquetá (tomado de Latorre et al. 2014).

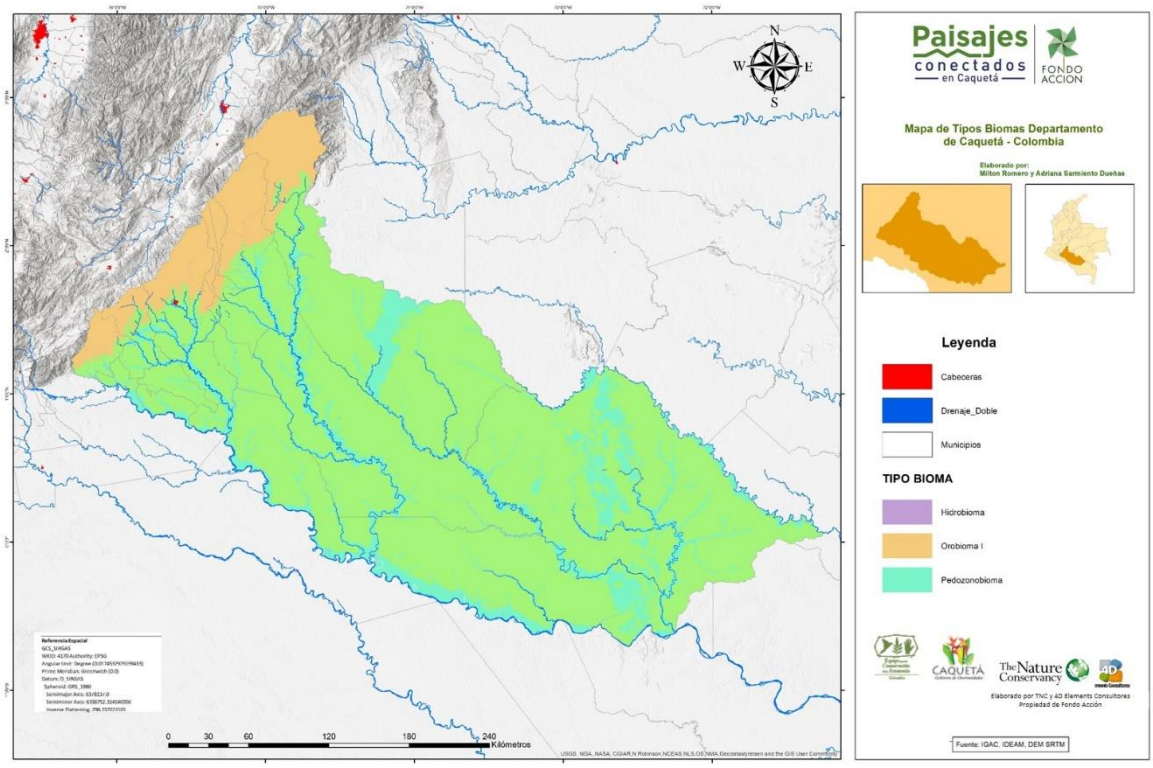


Figura 58. Mapa de biomas del departamento de Caquetá (tomado de Latorre et al. 2014).

Paisaje y relieve

El departamento presenta un total de cinco (5) tipos de paisaje con 20 tipos de relieve (sin considerar los cuerpos de agua). El lomerío corresponde al 74,7% (6.732.055 Ha); las montañas estructurales erosionales al 9,88% (889.982 Ha); los valles aluviales al 9,15% (824.784 Ha); el macizo tectónico al 4,51% (406.286 Ha) y el piedemonte aluvial al 0,80% (71.647 Ha) (Figura 59 y Tabla 9).

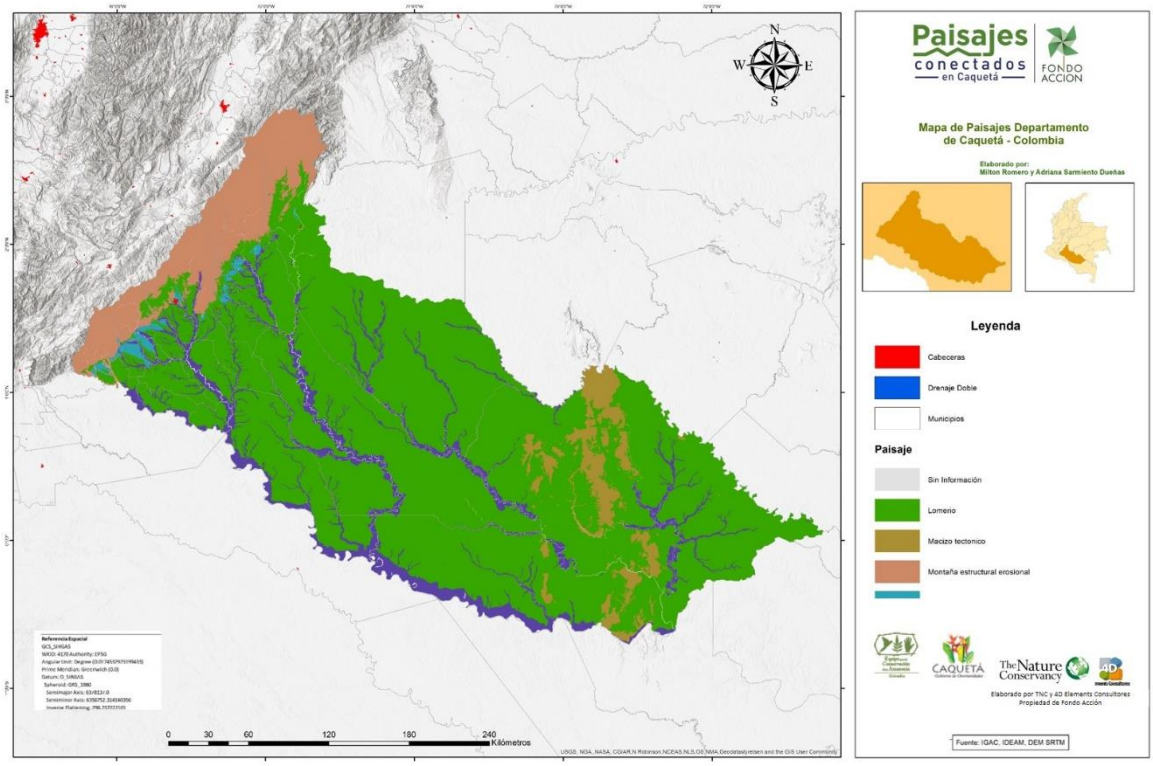


Figura 59. Mapa de Paisaje y relieve del departamento de Caquetá.

Paisaje	Relieve	Área Has	Porcentaje
Lomerío	depresión	177.182	1,97
	lomas y colina	5.143.157	57,07
	lomas y mesas	1.400.568	15,54
	Vallecitos	11.148	0,12
Macizo tectónico	Meseta	406.286	4,51
Montaña estructural erosional	Conos y glacis	6.460	0,07
	Crestones	7.604	0,08
	filas	39.830	0,44
	filas y vigas	784.070	8,70
	Hogbacks y espinazos	19.264	0,21
	lomas y Colinas	14.964	0,17
	Vallecitos	17.789	0,20
Piedemonte aluvial	Abanicos antiguos	24.602	0,27
	Abanicos recientes	13.632	0,15
	Abanicos subcrecientes	1.257	0,01
	Abanicos subrecientes	31.057	0,34

Paisaje	Relieve	Área Has	Porcentaje
	Glacis de acumulación	1.100	0,01
Valle aluvial	planos de inundación	776.108	8,61
	Terraza alta	21.701	0,24
	Terraza media	26.974	0,30
Cuerpos de agua, zonas urbanas, etc.	Cuerpos de agua, zonas urbanas, etc.	86.954	0,96
Total general		**9.011.707**	**100,00**

Tabla 9. Área de tipos de paisaje y relieve en el departamento de Caquetá.

Cobertura y uso

De acuerdo con el *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Caquetá* (IGAC 2012), su territorio se clasifica en las siguientes tres zonas: i) montaña, localizada principalmente en el oriente de la Cordillera Oriental, ii) lomerío, cubierto por selva húmeda tropical y iii) piedemonte, donde se ubican la mayoría de los centros urbanos, las principales vías de comunicación y los ríos. Geomorfológicamente, el territorio caqueteño presenta cinco unidades de paisaje, a saber: montaña, piedemonte, lomerío, valle y macizo (Serranía de Chiribiquete). En cuanto a suelos, de acuerdo a su clasificación por capacidad de uso, corresponde a cinco clases agrológicas.

De acuerdo con el mapa *Uso y Cobertura de Corine Land Cover 2007-2009* (IDEAM 2012), el 80,52% del territorio se encuentra cubierto de areas con bosques y áreas seminaturales (7.256.673 Has), el 18,26% en territorios agrícolas (1.645.763 Has) y el 0.98% en superficies de agua (88.657 Has). Las areas transformadas se ubican principalmente en la zona del piedemonte, en los municipios de Valparaiso, Milán, Montañita, Paujíl, El Doncello, Puerto Rico, y el norte de San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Solano.

La distribucion de las diferentes coberturas y uso de la tierra en el departamento (Figura 60), de acuerdo al mapa *Corine Land Cover 2007-2009*, señala que en el noreste del departamento de Caquetá predomina la vegetación secundaria o en transición, representada principalmente por la cobertura *bosques fragmentados con pastos y cultivos*. En la parte sur predominan los *bosques densos de tierra firme*, con algunos parches de *bosques fragmenados con vegetación secundaria*, principalente en las áreas inundables de los ríos (principalmente en el municipio de Solano y la parte sur del municipio de Cartagena del Chaira y San Vicente del Caguán). Cabe resaltar que el 66,1% corresponde a bosque denso alto de tierra firme y el 13,45% a pastos limpios.

En general, las áreas de bosque y áreas seminaturales cubren el 80,52%, constituidas principalmente por áreas de bosque denso (71,42%). Las coberturas de territorios agrícolas cubren el 18,26%, al interior de las cuales los pastos límpios cobran la mayor importancia (13,45%). Las categorias de superficies de agua, áreas húmedas y territorios artificializados cubren el 0,98%, 0,19% y 0,03% respectivamente (Tabla 10).

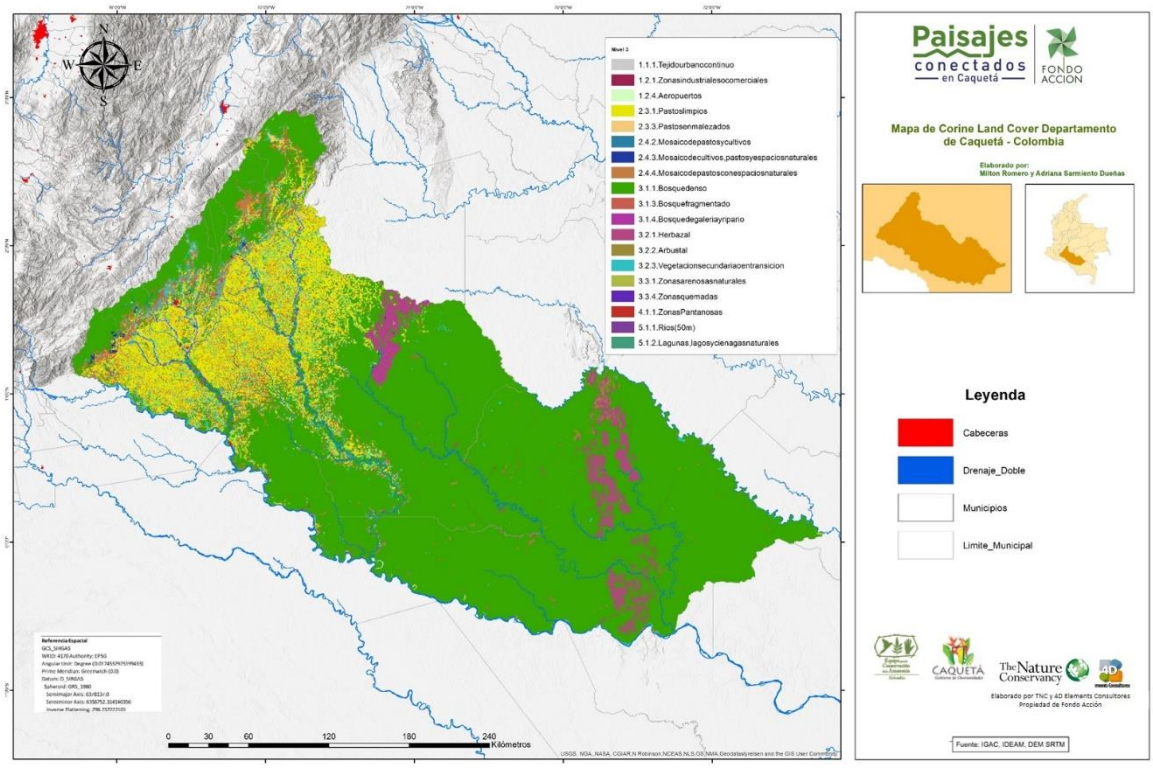


Figura 60. Mapa de cobertura y uso del suelo del departamento de Caquetá (Sinchi, 2012)

Nivel 1	Cobertura y Uso	Área Has	Porcentajes
1. Territorios artificializados	1.1.1.Tejido urbano continuo	2.609,45	0,03
	1.2.1.Zonas industriales o comerciales	227,84	0,00
	1.2.4.Aeropuertos	309,94	0,00
	Total Territorios artificializados	3.147,22	
2. Territorios Agrícolas	2.3.1.Pastos limpios	1.212.312,73	13,45
	2.3.3.Pastos enmalezados	85.408,13	0,95
	2.4.2.Mosaico de pastos y cultivos	1.348,81	0,01

Nivel 1	Cobertura y Uso	Área Has	Porcentajes
	2.4.3.Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	10.148,82	0,11
	2.4.4.Mosaico de pastos con espacios naturales	336.544,27	3,73
	Total Territorios agrícolas	1.645.762,76	
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1.1.Bosque denso	6.436.411,54	71,42
	3.1.3.Bosque fragmentado	121.977,48	1,35
	3.1.4.Bosque de galería y ripario	21.938,69	0,24
	3.2.1.Herbazal	306.048,92	3,40
	3.2.2.Arbustal	39.359,65	0,44
	3.2.3.Vegetación secundaria o en transición	329.109,82	3,65
	3.3.1.Zonas arenosas naturales	1.266,43	0,01
	3.3.4.Zonas quemadas	560,50	0,01
	Total Bosques y áreas seminaturales	7.256.673,03	
4. Áreas húmedas	4.1.1.Zonas Pantanosas	17.467,20	0,19
	Total Áreas Húmedas	17.467,20	
5. Superficies de agua	5.1.1.Rios (50m)	84.626,28	0,94
	5.1.2.Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4.030,30	0,04
	Total Superficies de agua	88.656,58	
Total general		**9.011.706,78**	**100,00**

Tabla 10. Extensión de las coberturas de uso del suelo en el departamento de Caquetá.

Ajuste de coberturas asociadas a zonas inundables, con base en imágenes de radar (ALOS-1 PALSAR)

Basado en las clasificaciones de coberturas inundables y los mosaicos de imágenes de radar Alos-Palsar para los años 2007, 2008, 2009 y 2010, se revisaron las zonas de planos de inundación asociadas a los ríos principales presentes en el departamento de Caquetá (drenajes dobles según IGAC) con el fin de ajustar los límites en sectores en donde la interpretación de imágenes ópticas subestimó la extensión de los mismos. Este ajuste contempló las coberturas de bosques, palmares y herbazales inundables, lagunas, ciénagas y ríos definidos en el mapa de ecosistemas, las cuales se redelimitaron de acuerdo con los cambios en los patrones de inundación detectados al menos durante tres de los cuatro periodos analizados (Figuras 61, 62 y 62b).

Las imágenes de radar utilizadas corresponden a aquellas imágenes disponibles a través del convenio de investigación entre el programa de Norte de los Andes y Sur de centro América de The Naure Conservancy y la Agencia de exploración Aeroespacial del Japón.

A la fecha de los análisis a través del convenio se contó con los insumos de imágenes entre los periodos 2007-2010; imágenes más recientes no se tuvo acceso por fallas del sensor entre los años 2011-2014 y ya que la información 2014-2015 de la misión ALOS-2 a la fecha no estaba disponible.

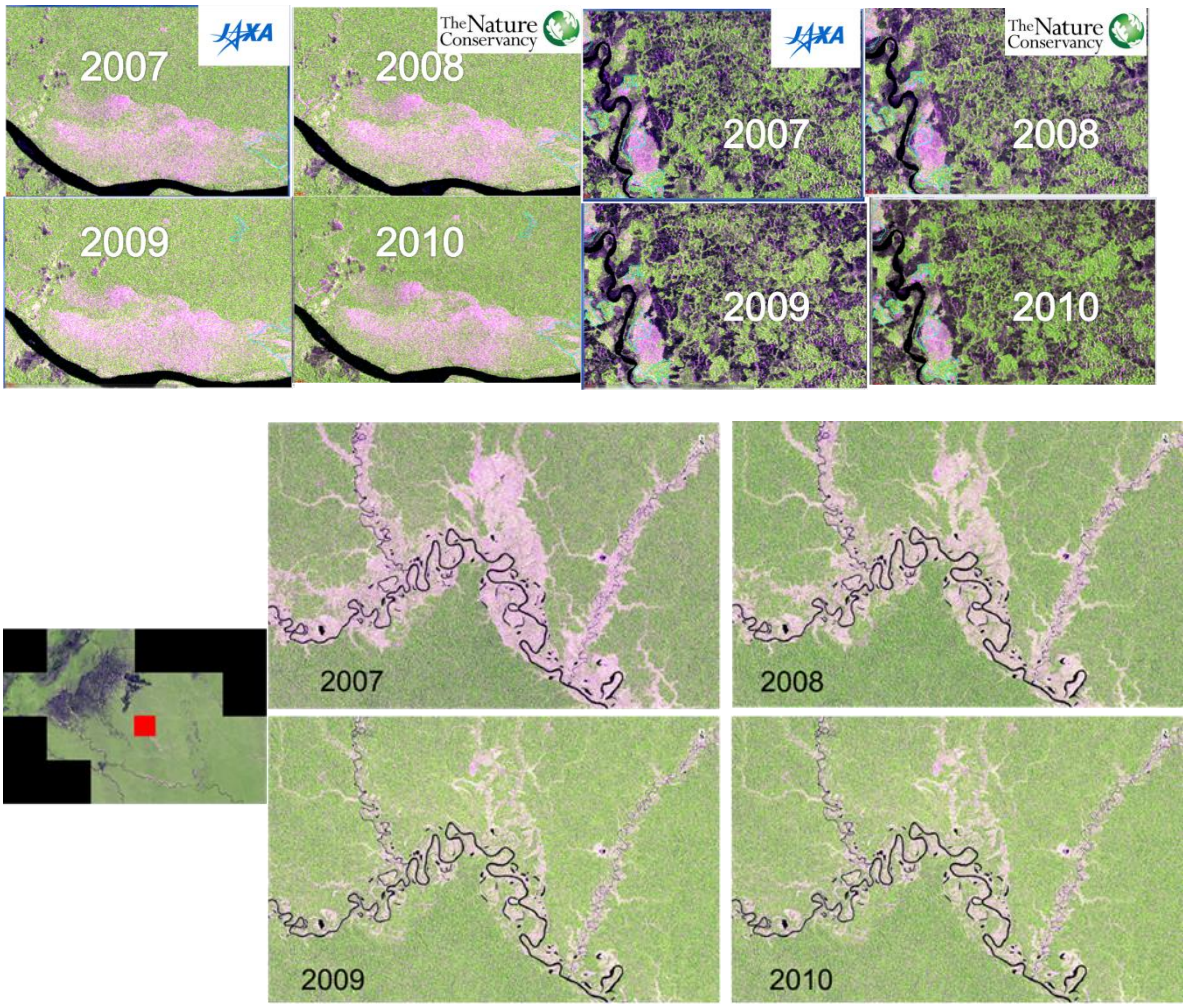


Figura 61. Detección de zonas inundables para el departamento de Caquetá (sección del rio Yarí), basado en imágenes ALOS-1 PALSAR Fine Beam (HH y HV) para los periodos 2007, 2008, 2009 y 2010 (las regiones en verde corresponden a los bosques de tierra firme, en rosado los bosques inundables según imágenes de radar, y en cyan las áreas inundables según el mapa de coberturas y uso del suelo (SINCHI 2012). R: HH, G: HV y B: HH-HV).). Imágenes JAXA/METI © 2013

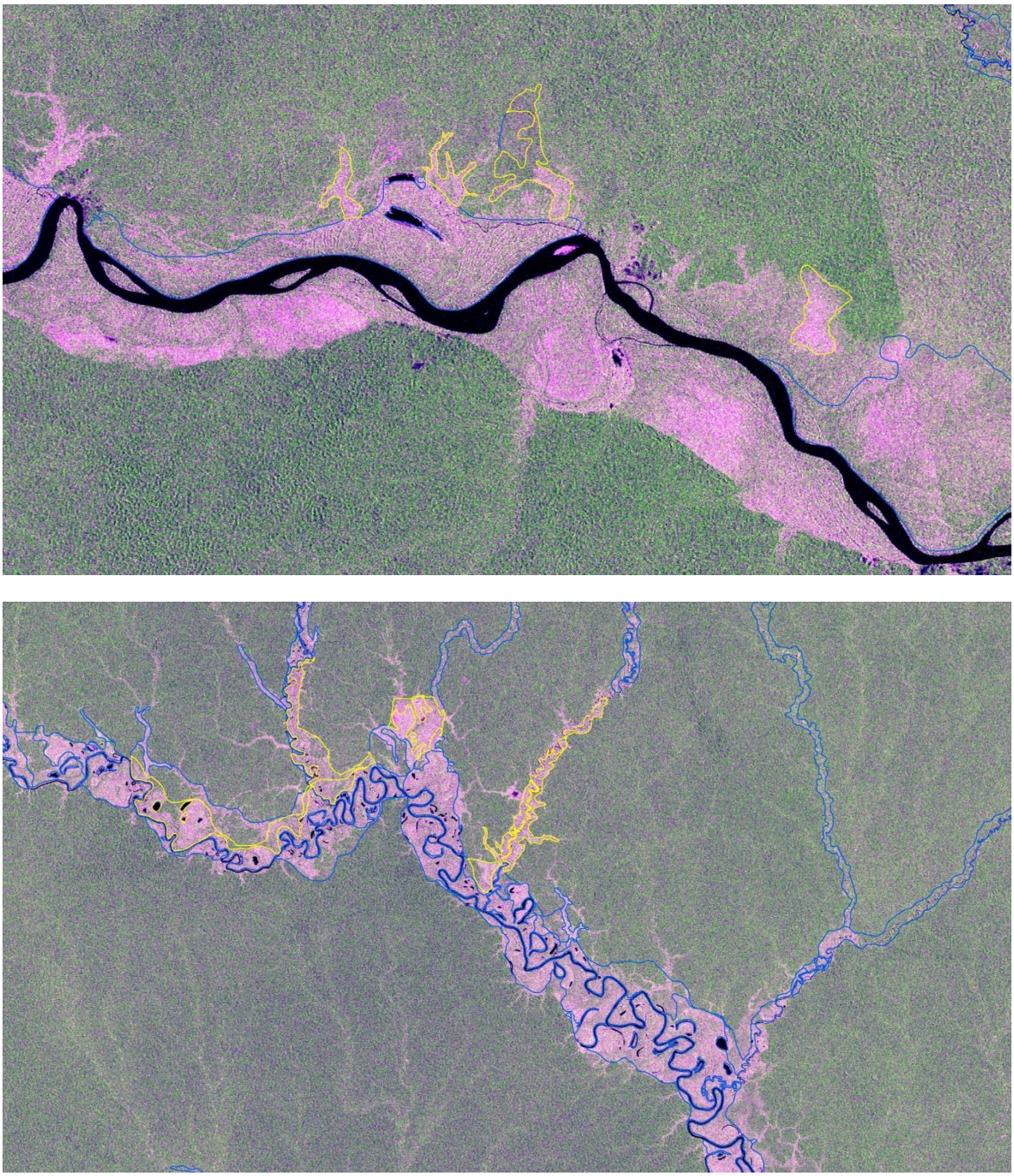


Figura 62. Proceso de ajuste de zonas inundables para el mapa de ecosistemas basado en imágenes ALOS-1 PALSAR modo fine beam. Las zonas delimitadas en azul corresponden a las áreas inundables según el mapa de ecosistemas sin ajuste de imágenes de radar. Las áreas amarillas corresponden a las áreas revisadas y ajustadas

como bosques inundables aplicando las imágenes multitemporales de radar. Arriba río Caquetá. Abajo río Yarí. Imágenes JAXA/METI © 2013

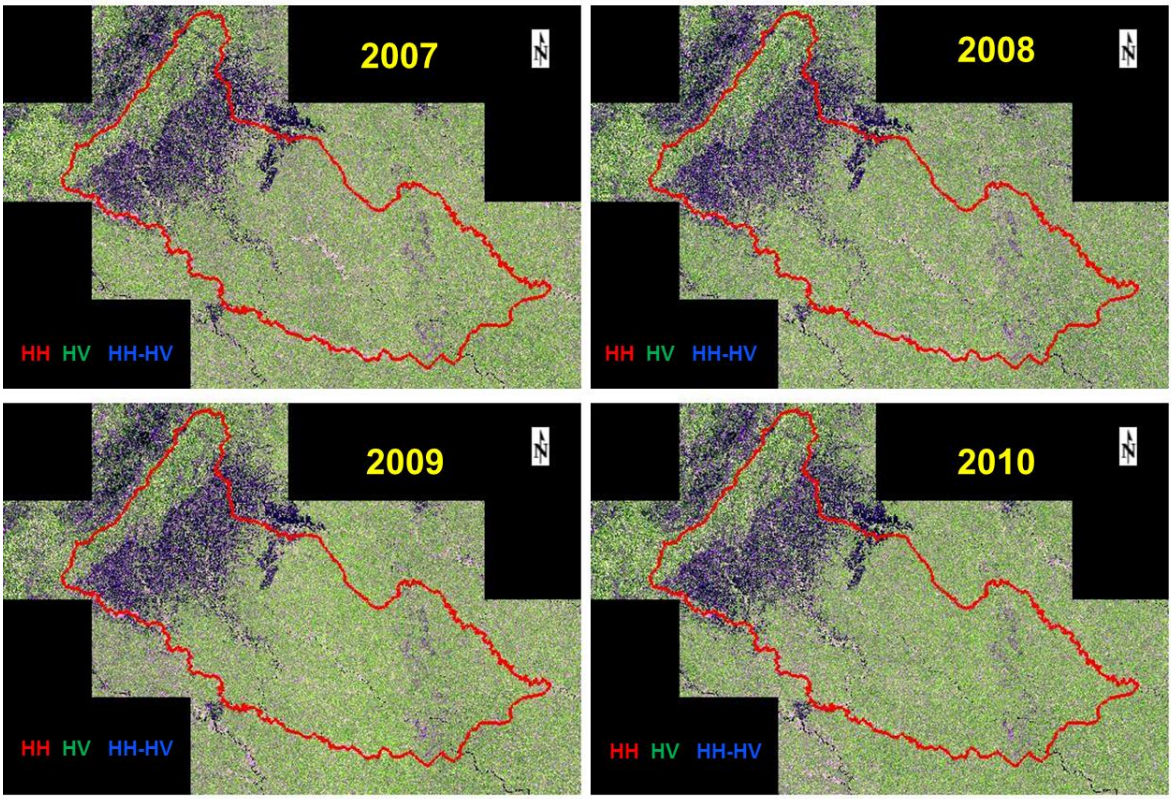


Figura 62b. Mosaico de imágenes de radar Alos-1 PALSAR Fine Beam generados para el departamento de Caquetá a partir de las cuales se realizó la revisión y ajuste de clasificación de bosques inundables. (2007-2010). Imágenes JAXA/METI © 2013

Ecosistemas

Se destaca el *bosque denso alto de tierra firme en lomerío del Zonobioma I* (53,18% o 4.792.844 Has), ubicado principalmente en la zona media y sur del departamento de Caquetá; los *pastos limpios en lomerío del Zonobioma I* (10,24% o 922.927 Has), ubicados en la zona de colonización; el *bosque denso alto de tierra firme en montaña estructural erosional del Orobioma I* (6,91% o 622.414 Has), principalmente en los municipios de San José de Fragua, Belén de Los Andaquíes, Florencia y el norte de Cartagena del Chairá; el *bosque denso alto inundable heterogéneo en valle aluvial del Pedozonobioma* (3,56% o 320.842 Has), ubicado en cercanías de los cursos de los principales ríos como Caguán y Caquetá; el *mosaico de pastos con espacios naturales en*

lomerío del Zonobioma I (2,05% o 184.774 Has), ubicados en la zona de colonización; la *vegetación secundaria o en transición en lomerío del Zonobioma I* 2,03% (183.3 Has); y el *bosque denso alto de tierra firme en valle aluvial del Pedozonobioma* (2,01% o 181.416 Has) (Tabla 11 y figuras 63 y 64).

Con el aporte de las imágenes de rdar se expresaron 8,861 ha distribuidas en los siguientes ecosistemas; Bosque denso alto inundable heterogéneo en lomerío del pedozonoioma (173 ha), Bosque denso alto inundable en lomerío del zonobioma I (1,207 ha), Bosque denso alto inundable heterogéneo en valle aluvial del zonobioma I (3,162 ha) y Bosque denso alto inundable heterogéneo en valle aluvial del pedozonobioma (4,319 ha).

Tabla 11. Clasificación ecosistémica del departamento de Caquetá, área de ecosistemas y sus porcentajes.

Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Bosque denso alto de tierra firme en lomerío del zonobioma I	4,791,636.61	53.17
Pastos limpios en lomerío del zonobioma I	922,930.81	10.24
Bosque denso alto de tierra firme en montaña estructural erosional del orobioma I	622,414.23	6.91
Bosque denso alto inundable heterogéneo en valle aluvial del pedozonobioma	324,152.75	3.60
Mosaico de pastos con espacios naturales en lomerío del zonobioma I	184,778.14	2.05
Vegetación secundaria o en transición en lomerío del zonobioma I	183,287.37	2.03
Bosque denso alto de tierra firme en valle aluvial del pedozonobioma	176,762.35	1.96
Bosque denso alto de tierra firme en macizo tectónico del zonobioma I	159,518.98	1.77
Bosque denso alto de tierra firme en lomerío del pedozonobioma	109,073.38	1.21

Ríos (50 m)	84,626.28	0.94
Herbazal denso de tierra firme no arbolado en lomerío del pedozonobioma	77,196.37	0.86
Mosaico de pastos con espacios naturales en montaña estructural erosional del orobioma I	68,668.51	0.76
Pastos limpios en lomerío del pedozonobioma	61,926.92	0.69
Herbazal denso de tierra firme con arbustos en macizo tectónico del pedozonobioma	61,154.50	0.68
Pastos limpios en valle aluvial del pedozonobioma	59,276.50	0.66
Bosque denso bajo de tierra firme en macizo tectónico del pedozonobioma	51,295.50	0.57
Herbazal denso de tierra firme con arbustos en lomerío del pedozonobioma	51,153.64	0.57
Bosque denso alto de tierra firme en valle aluvial del zonobioma I	45,465.01	0.50
Pastos enmalezados en lomerío del zonobioma I	42,394.61	0.47
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Pastos limpios en piedemonte aluvial del zonobioma I	42,237.46	0.47
Bosque denso alto inundable heterogéneo en lomerío del pedozonobioma	41,562.23	0.46
Vegetación secundaria o en transición en valle aluvial del pedozonobioma	40,926.46	0.45
Pastos limpios en valle aluvial del zonobioma I	38,899.90	0.43
Herbazal abierto rocoso en macizo tectónico del pedozonobioma	38,122.74	0.42
Pastos limpios en montaña estructural erosional del orobioma I	37,885.46	0.42
Vegetación secundaria o en transición en montaña	37,178.29	0.41

estructural erosional del orobioma I		
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en lomerío del zonobioma I	35,848.19	0.40
Herbazal denso de tierra firme no arbolado en macizo tectónico del pedozonobioma	27,913.06	0.31
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en lomerío del zonobioma I	27,663.16	0.31
Vegetación secundaria o en transición en lomerío del orobioma I	22,597.09	0.25
Pastos limpios en montaña estructural erosional del zonobioma I	20,546.26	0.23
Pastos enmalezados en valle aluvial del pedozonobioma	19,172.18	0.21
Mosaico de pastos con espacios naturales en montaña estructural erosional del zonobioma I	18,245.27	0.20
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en montaña estructural erosional del orobioma I	18,113.60	0.20
Bosque denso alto de tierra firme en montaña estructural erosional del zonobioma I	17,498.33	0.19
Vegetación secundaria o en transición en lomerío del pedozonobioma	17,283.86	0.19
Mosaico de pastos con espacios naturales en valle aluvial del pedozonobioma	17,247.25	0.19
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Mosaico de pastos con espacios naturales en lomerío del orobioma I	15,821.12	0.18
Bosque denso alto de tierra firme en lomerío del orobioma I	15,793.84	0.18
Vegetación secundaria o en transición en valle aluvial del	14,838.89	0.16

zonobioma I		
Bosque de galería y ripario en lomerío del pedozonobioma	14,555.02	0.16
Herbazal denso de tierra firme arbolado en macizo tectónico del pedozonobioma	14,175.76	0.16
Bosque denso alto inundable heterogéneo en macizo tectónico del pedozonobioma	13,980.62	0.16
Zonas pantanosas en valle aluvial del pedozonobioma	13,137.96	0.15
Bosque denso bajo de tierra firme en lomerío del pedozonobioma	12,766.41	0.14
Bosque denso alto inundable heterogéneo en valle aluvial del zonobioma I	12,087.80	0.13
Herbazal abierto rocoso en lomerío del pedozonobioma	11,741.85	0.13
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en montaña estructural erosional del orobioma I	11,681.90	0.13
Pastos limpios en lomerío del orobioma I	11,538.00	0.13
Arbustal abierto mesofilo en macizo tectónico del pedozonobioma	11,426.32	0.13
Pastos limpios en piedemonte aluvial del pedozonobioma	11,384.14	0.13
Palmar en valle aluvial del pedozonobioma	10,756.68	0.12
Mosaico de pastos con espacios naturales en valle aluvial del zonobioma I	10,726.06	0.12
Mosaico de pastos con espacios naturales en lomerío del pedozonobioma	10,540.00	0.12
Arbustal denso en valle aluvial del pedozonobioma	9,963.96	0.11
Pastos enmalezados en montaña estructural erosional del orobioma I	9,496.14	0.11
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Arbustal denso en lomerío del zonobioma I	9,241.10	0.10

Herbazal denso de tierra firme arbolado en lomerío del pedozonobioma	9,099.06	0.10
Pastos enmalezados en lomerío del pedozonobioma	7,669.18	0.09
Mosaico de pastos con espacios naturales en piedemonte aluvial del zonobioma I	7,580.21	0.08
Bosque denso bajo de tierra firme en macizo tectónico del zonobioma I	7,487.50	0.08
Bosque denso alto de tierra firme en macizo tectónico del pedozonobioma	7,392.85	0.08
Arbustal denso en macizo tectónico del pedozonobioma	6,512.61	0.07
Bosque denso bajo inundable en lomerío del pedozonobioma	5,456.83	0.06
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en lomerío del orobioma I	5,255.12	0.06
Vegetación secundaria o en transición en montaña estructural erosional del zonobioma I	4,913.82	0.05
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en montaña estructural erosional del orobioma I	4,739.16	0.05
Herbazal denso inundable no arbolado en valle aluvial del pedozonobioma	4,684.05	0.05
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en lomerío del orobioma I	4,573.87	0.05
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	4,079.04	0.05
Bosque denso alto inundable heterogéneo en lomerío del zonobioma I	3,917.29	0.04
Zonas pantanosas en lomerío del pedozonobioma	3,792.22	0.04
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en montaña estructural erosional del zonobioma I	3,761.89	0.04
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en valle	3,724.15	0.04

aluvial del pedozonobioma		
Pastos enmalezados en valle aluvial del zonobioma I	3,303.60	0.04
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en montaña estructural erosional del zonobioma I	3,090.57	0.03
Bosque de galería y ripario en valle aluvial del pedozonobioma	2,708.36	0.03
Palmar en lomerío del pedozonobioma	2,693.79	0.03
Pastos limpios en valle aluvial del orobioma I	2,590.13	0.03
Pastos limpios en montaña estructural erosional del pedozonobioma	2,563.85	0.03
Herbazal denso inundable no arbolado en lomerío del pedozonobioma	2,446.63	0.03
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en macizo tectónico del zonobioma I	2,356.59	0.03
Bosque denso alto de tierra firme en piedemonte aluvial del zonobioma I	2,332.88	0.03
Mosaico de pastos con espacios naturales en montaña estructural erosional del pedozonobioma	2,274.19	0.03
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en montaña estructural erosional del zonobioma I	2,219.34	0.02
Vegetación secundaria o en transición en macizo tectónico del zonobioma I	2,216.48	0.02
Vegetación secundaria o en transición en piedemonte aluvial del zonobioma I	2,172.74	0.02
Bosque de galería y ripario en valle aluvial del zonobioma I	2,157.87	0.02
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en lomerío del zonobioma I	2,097.50	0.02

Vegetación secundaria o en transición en montaña estructural erosional del pedozonobioma	2,043.14	0.02
Zonas arenosas naturales	1,972.70	0.02
Bosque de galería y ripario en lomerío del zonobioma I	1,964.56	0.02
Herbazal denso de tierra firme no arbolado en valle aluvial del pedozonobioma	1,758.65	0.02
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en lomerío del pedozonobioma	1,654.92	0.02
Vegetación secundaria o en transición en piedemonte aluvial del pedozonobioma	1,651.68	0.02
Tejido urbano continuo	1,616.16	0.02
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en valle aluvial del zonobioma I	1,614.09	0.02
Herbazal denso de tierra firme con arbustos en montaña estructural erosional del orobioma I	1,467.24	0.02
Herbazal denso inundable arbolado en valle aluvial del pedozonobioma	1,199.48	0.01
Pastos enmalezados en piedemonte aluvial del zonobioma I	1,146.49	0.01
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales en lomerío del orobioma I	1,100.66	0.01
Pastos enmalezados en lomerío del orobioma I	1,070.58	0.01
Herbazal denso de tierra firme con arbustos en macizo tectónico del zonobioma I	1,028.64	0.01
Bosque denso alto inundable heterogéneo Valle aluvial Pedozonobioma	1,008.25	0.01

Tejido urbano discontinuo	993.28	0.01
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en valle aluvial del pedozonobioma	970.53	0.01
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en valle aluvial del zonobioma I	963.72	0.01
Mosaico de pastos y cultivos en lomerío del zonobioma I	915.87	0.01
Bosque denso alto inundable heterogéneo en piedemonte aluvial del pedozonobioma	839.49	0.01
Arbustal denso en lomerío del pedozonobioma	824.49	0.01
Herbazal abierto rocoso en lomerío del zonobioma I	688.64	0.01
Arbustal denso en macizo tectónico del zonobioma I	684.88	0.01
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Mosaico de pastos con espacios naturales en piedemonte aluvial del pedozonobioma	667.40	0.01
Herbazal denso de tierra firme arbolado en lomerío del zonobioma I	560.54	0.01
Palmar en macizo tectónico del pedozonobioma	521.76	0.01
Herbazal denso de tierra firme con arbustos en lomerío del zonobioma I	499.49	0.01
Pastos enmalezados en piedemonte aluvial del pedozonobioma	461.13	0.01
Bosque fragmentado con pastos y cultivos en lomerío del pedozonobioma	448.58	0.00
Pastos enmalezados en montaña estructural erosional del zonobioma I	422.48	0.00
Pastos limpios en piedemonte aluvial del orobioma I	363.81	0.00
Zonas pantanosas en lomerío del zonobioma I	349.83	0.00
Herbazal denso de tierra firme no arbolado en lomerío del	324.63	0.00

zonobioma I		
Herbazal denso de tierra firme no arbolado en montaña estructural erosional del orobioma I	321.96	0.00
Zonas quemadas en lomerío del pedozonobioma	318.85	0.00
Aeropuertos	309.94	0.00
Bosque de galería y ripario en piedemonte aluvial del pedozonobioma	308.63	0.00
Mosaico de pastos y cultivos en montaña estructural erosional del orobioma I	302.11	0.00
Herbazal denso de tierra firme arbolado en macizo tectónico del zonobioma I	289.02	0.00
Pastos enmalezados en valle aluvial del hidrobioma	271.73	0.00
Bosque fragmentado con vegetación secundaria en piedemonte aluvial del zonobioma I	256.60	0.00
Bosque de galería y ripario en piedemonte aluvial del zonobioma I	244.24	0.00
Ecosistema	Área ha	Porcentaje
Zonas quemadas en valle aluvial del pedozonobioma	241.66	0.00
Zonas industriales o comerciales	227.84	0.00
Zonas pantanosas en valle aluvial del zonobioma I	187.19	0.00
Palmar en lomerío del zonobioma I	169.49	0.00
Mosaico de pastos y cultivos en montaña estructural erosional del pedozonobioma	130.82	0.00
Herbazal abierto rocoso en macizo tectónico del zonobioma I	117.12	0.00
Lagos y lagunas	60.92	0.00
Gran Total	9,011,726.15	100.00

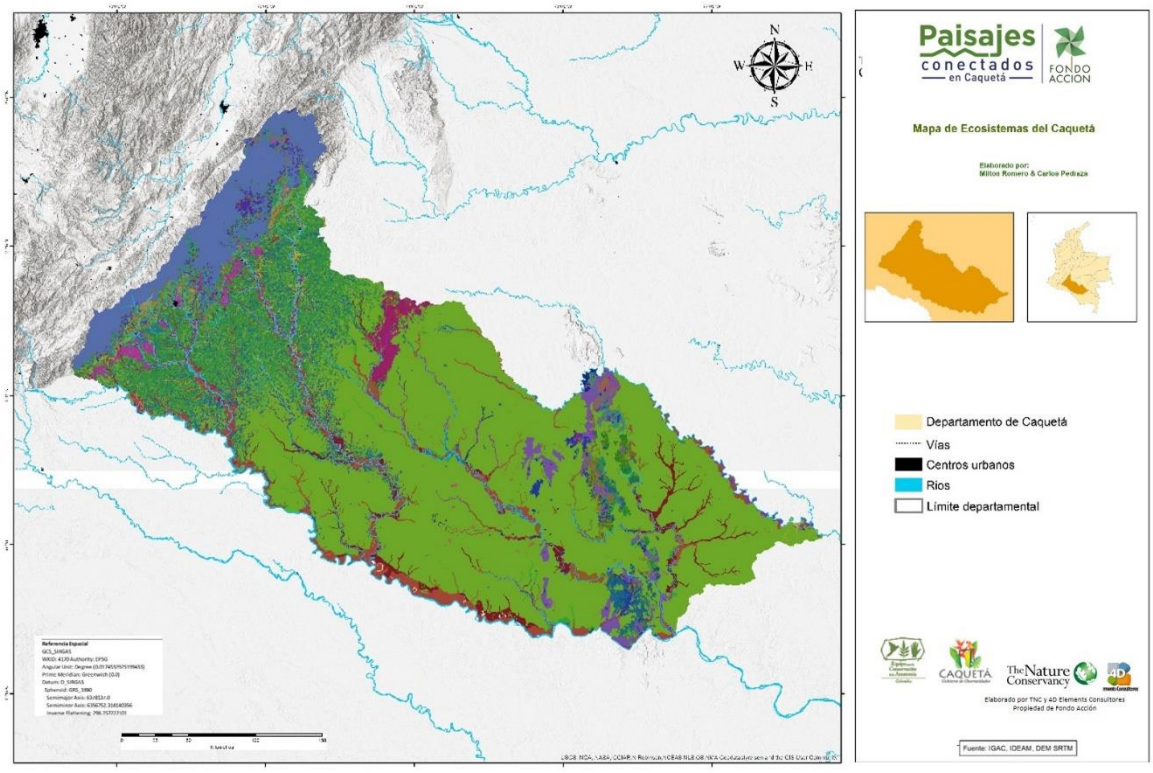


Figura 63. Clasificación ecosistémica del departamento de Caquetá

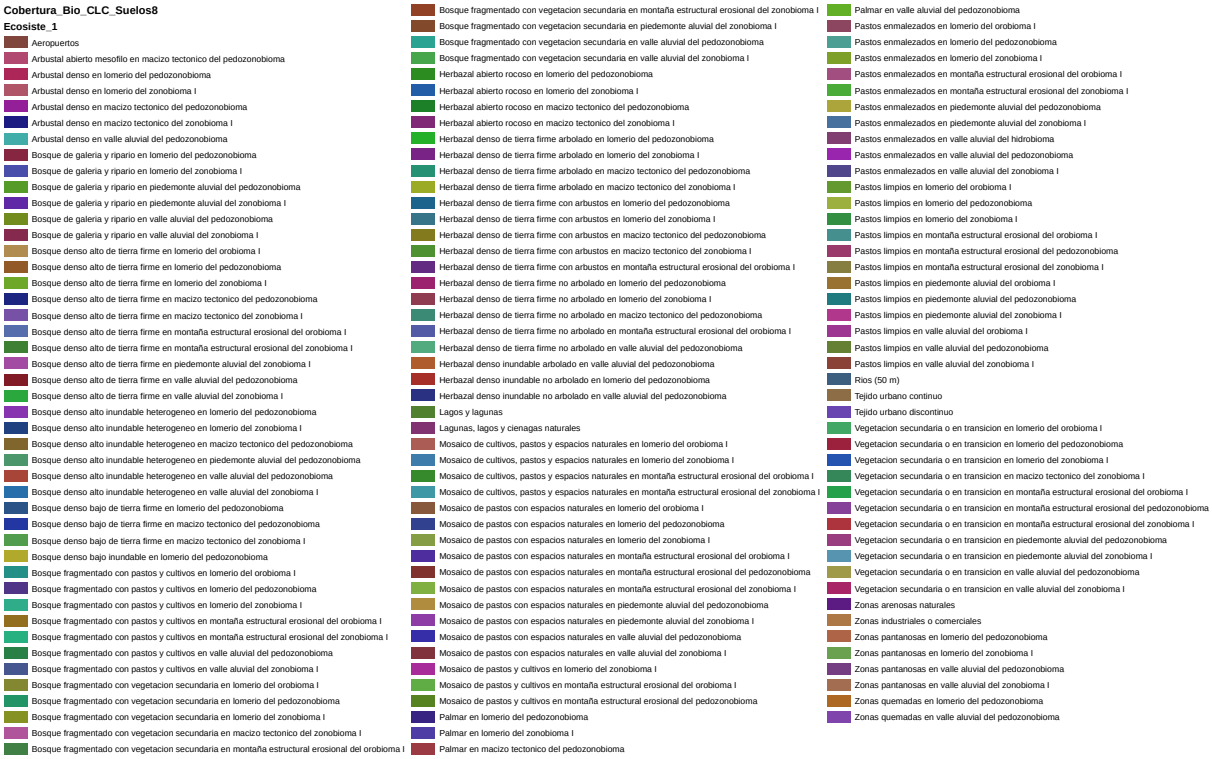


Figura 64. Leyenda del Mapa de ecosistemas del departamento de Caquetá

CLASIFICACIÓN DE LAS COBERTURAS Y USO DEL SUELO PARA EL NIVEL DE PAISAJE (PRODUCTO 6)

Procedimiento desarrollado para la interpretación de las imágenes de satélite (San José del Fragua y Belén de los Andaquíes)

La interpretación de las imágenes de satélite ópticas *RapidEYE* de un área de 2.410 Km^2 (San José del Fragua y Belén de los Andaquíes) y la elaboración del mapa de cobertura vegetal, a escala 1:25.000, con leyenda C*orine Land Cover* se basó en la leyenda de *Corine Land Cover,* aplicada para Colombia, la cual se ajustó a la escala 1:25.000, llegando en algunas coberturas al nivel 6 de la leyenda, con base en el siguiente esquema metodológico de la Figura 65.

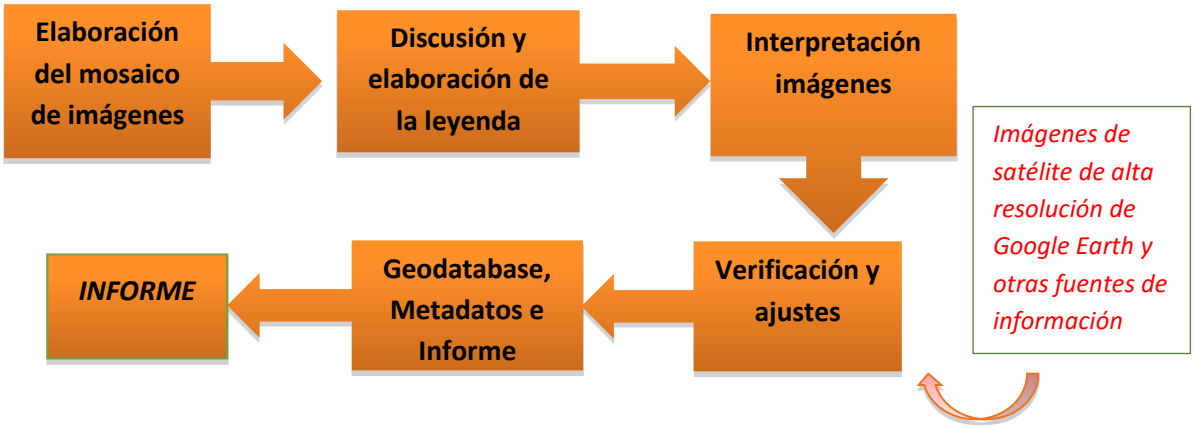


Figura 65. Esquema metodológico aplicado en la interpretación de las imágenes de satélite para la clasificación de las coberturas del Paisaje Fragua – Churumbelos.

Concretamente, la construcción del mapa involucró la siguiente secuencia:

1. ***Elaboración del mosaico de imágenes:*** con las doce escenas de imágenes RAPIDEYE tomadas entre el 2012 y 2014, se elaboró un mosaico con ayuda de la herramienta *Mosaic Data Set* de *ArcGIS 10.2*, teniendo como marco el sistema de coordenadas *Colombia Magna Bogotá*, la cual se aplica para toda la cartografía oficial el país. *Mosaic Data Set* permitió realizar un balance de color entre las diferentes escenas, para homogeneizar el resultado del mosaico, y estandarizar el proceso de interpretación en toda el área de estudio.

2. ***Discusión y elaboración de la leyenda*:** con base en la leyenda *Corine Land Cover* adoptada por Colombia a escala 1:100.000, se realizó una propuesta de leyenda que fue discutida con el equipo técnico del proyecto. Esta leyenda fue el punto de partida para iniciar la interpretación de las imágenes.

3. ***Interpretación de imágenes*:** con ayuda del *software IDRISI*, *ArcGIS* y sus herramientas de análisis espacial y de extracción de coberturas, entre otras, se inició la interpretación de las imágenes *RapidEYE* con dos metodologías: supervisada y no supervisada. Para esto se realizaron mejoramientos de las imágenes, aplicación de filtros de realce, índices de vegetación (NDVI), ecualización del histograma, entre otros.

4. ***Verificación y ajuste de clases:*** en el transcurso de la interpretación se realizó el etiquetado y se ajustaron las clases resultantes del análisis, con el fin de visualizar las

incongruencias y malas etiquetas que se encontraran en la interpretación. El equipo se apoyó en información secundaria existente para la zona, como mapas de *Corine Land Cover* a escala 1:100.000 e imágenes de alta resolución de *Google Earth*. Adicionalmente al uso de imágenes de alta resolución se utilizaron imágenes del sensor ALOS-1 PALSAR, convenio suscrito TNC y JAXA, para las zonas que presentaron consistentemente nubes (Figura nueva de apoyo 1) y se verifico la presencia de bosque. Solo se trabajó con la cobertura de bosques ya que por escala espacial de las imágenes y por ruido topográfico es la única cobertura que es posible identificar con respecto a las demás (Figura 66 y 67).

5. ***Elaboración de la Geodatabase*:** organizó teniendo en cuenta los lineamientos del IDEAM, en lo referente a la leyenda de *Corine Land Cover*. La *Geodatabase* está bajo el sistema de coordenadas *Magna Colombia Bogotá*, y estructurada en *ArcGIS* 10.2. Igualmente, se organizaron los proyectos en formato *MXD* y se generaron las salidas gráficas correspondientes en *JPG*. Con la *Geodatabase* organizada, se elaboraron los metadatos de la interpretación generada en el marco del proyecto, de acuerdo con los lineamientos establecidos para el proyecto.

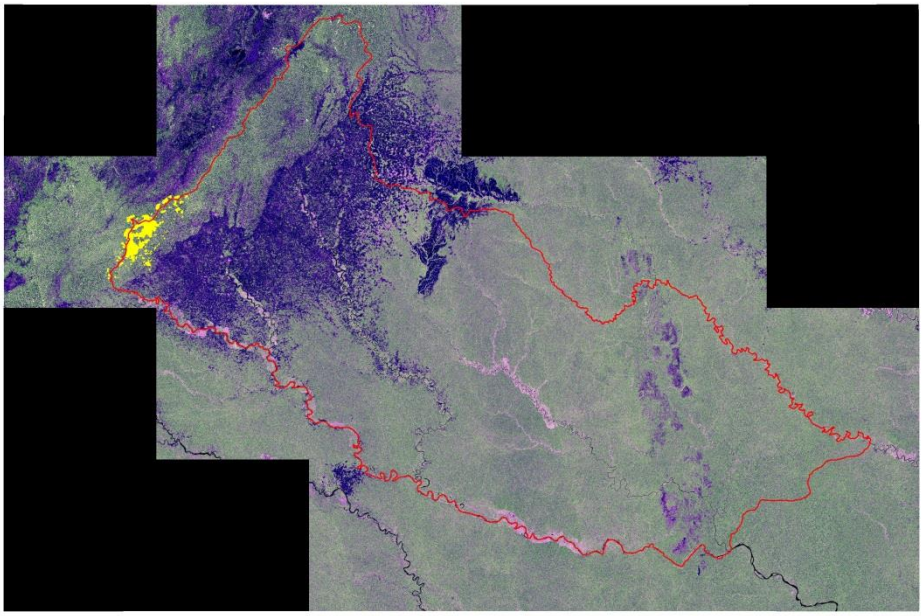


Figura 66. Zonas con limitaciones por presencia de nubes (amarillo) corregidas a partir de imágenes ópticas RapidEye.

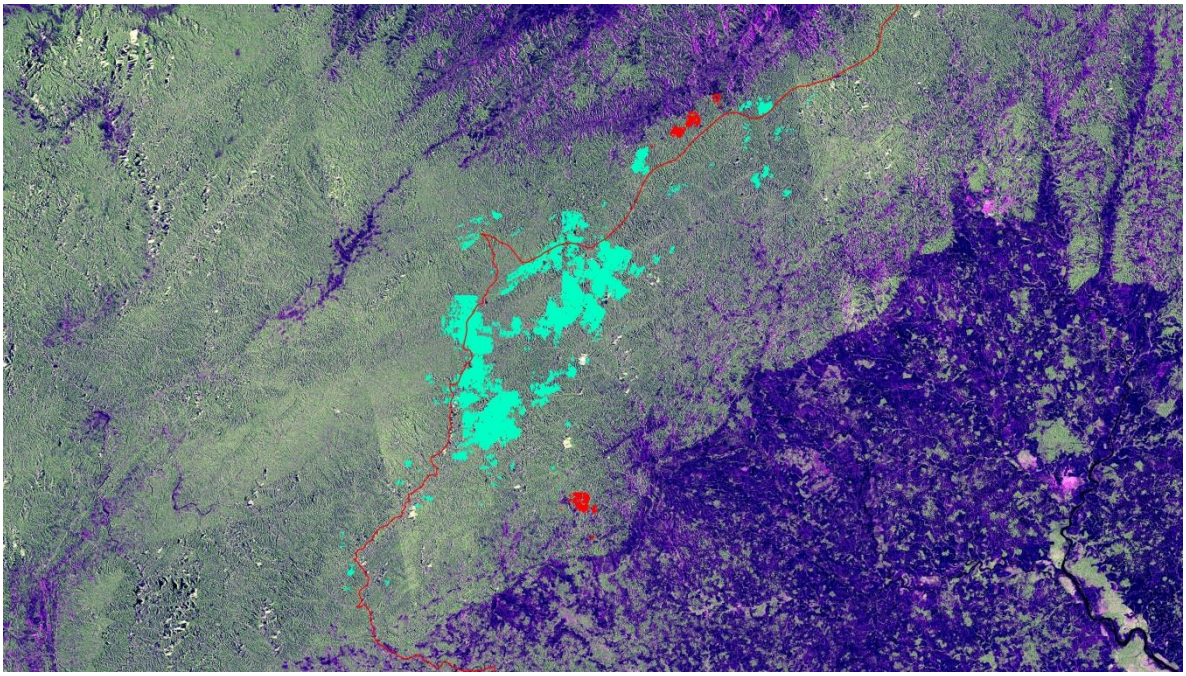


Figura 67. Áreas con presencia de nubes ajustadas a bosques (Cyan) basado en imágenes de radar ALOS-1 PALSAR. Las zonas registradas como rojo no fue posible el uso de radar debido a la complejidad en la topografía y no era posible identificar cobertura alguna.

Resultado de la interpretación de las imágenes de satélite

Como se aprecia en la figura 68, en el paisaje Fragua – Churumbelos predominan las coberturas Bosque denso alto de tierra firme (45.77%), Pastos limpios (16.27%), Mosaico de cultivos (7.73%), Pastos enmalezados (7.06%) y Vegetación secundaria o en transición (6.24%).

Cobertura de la tierra	Área Ha	Porcentaje
Afloramientos rocosos	255	0,08%
Arenales	618	0,19%
Bosque de galería y ripario	4.993	1,52%
Bosque denso alto de tierra firme	171.228	51,97%
Bosque fragmentado	19.116	5,80%
Cuerpos de agua artificiales	12	0,004%
Cultivos y árboles plantados	2.051	0,62%
Mosaico de cultivos	25.487	7,74%
Nubes	696	0,21%
Palma de aceite	1.082	0,33%
Pastos arbolados	189	0,06%
Pastos enmalezados	23.246	7,06%
Pastos limpios	53.612	16,27%
Red vial y territorios asociados	1.209	0,37%
Ríos (50 m)	4.617	1,40%
Sombras	264	0,08%
Tejido urbano discontinuo	257	0,08%
Tierras desnudas y degradadas	10	0,003%
Vegetación secundaria baja	3	0,001%
Vegetación secundaria o en transición	20.553	6,24%
Total general	**329.498**	**100%**

Tabla 12. Coberturas identificadas en la interpretación de las imágenes RapidEYE con sus respectivas áreas y porcentajes.

Estas coberturas se describen a continuación, con base en el documento *Instructivo Para el Levantamiento y Actualización de Coberturas de la Tierra en las Áreas de Parques Nacionales Naturales* (2010).

Bosque denso alto de tierra firme

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo, caracterizada por un estrato más o menos continuo, cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros, y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos. En el área de estudio se ubicaron principalmente en la zona noreste.

Pastos limpios

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; donde la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, entre otras) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. En el área de estudio se encuentran distribuidos en la zona sur, de oriente a occidente, cercanos a las áreas urbanas de los municipios de Belén de Los Andaquíes y San José de Fragua.

Mosaico de cultivos

Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En el área de estudio se encuentran distribuidos en la zona sur, de oriente a occidente, cercanos a las áreas urbanas de los municipios de Belén de Los Andaquíes y San José de Fragua. También se encuentran algunas pequeñas áreas de cultivos en la zona norte del área de estudio.

Pastos enmalezados

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas, conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o a la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. En el área de estudio se encuentran distribuidos en la zona sur, de oriente a occidente, cercanos a las áreas urbanas de los municipios de Belén de Los Andaquíes y San José de Fragua.

Vegetación secundaria o en transición

Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención, o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde, por la ocurrencia de eventos naturales, la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre. En el área de estudio se encuentran distribuidos en la zona sur, de oriente a occidente, cercanos a las áreas urbanas de los municipios de Belén de Los Andaquíes y

San José de Fragua. Específicamente se observa vegetación secundaria en parte de la zona montañosa del área de estudio, como se aprecia en la figura 67.

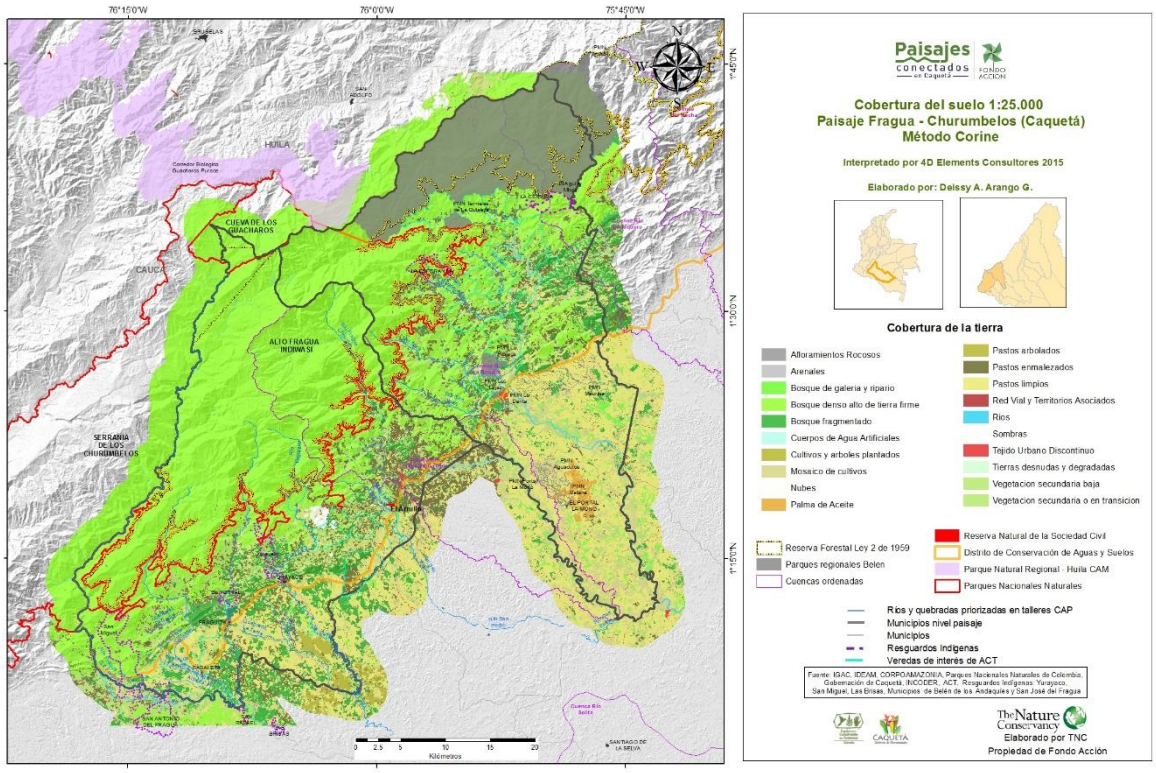


Figura 68. Mapa de coberturas y uso del suelo resultante de la interpretación de imágenes *Rapideye* para el paisaje Fragua-Churumbelos. 1:25.000.

DOCUMENTO DE RECOMENDACIONES GENERALES A NIVEL DE PAISAJE Y DEPARTAMENTO (producto 7.1)

APORTE DEL PROYECTO A LA FORMULACION DE POLÍTICA Y LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL

La experiencia y resultados del Proyecto “Paisajes Conectados” son muy significativos e importantes para el fortalecimiento, planificación y gestión del desarrollo territorial del Departamento del Caquetá, como departamento perteneciente a la amazonia colombiana, si se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

Por otra parte se enmarca en las conclusiones discutidas a nivel regional, en distintas instancias, que señalan un enfoque consistente en la restauración de áreas degradadas y la conversión de tierras a sistemas de producción sostenible como una estrategia para reducir la demanda de nuevas áreas, evitando así la deforestación. Este trabajo, junto con la planificación eficaz y estrategias de zonificación y la mejora de la capacidad de gestión de la tierra dentro de las instituciones y locales y regionales organizaciones permitiría reducir la deforestación y fortalecer la capacidad para la conservación, la resistencia y la conectividad de las áreas protegidas existentes, indígenas tierras y parches de bosque existentes.

Asimismo el estudio coincide con la propuesta preliminar del pilar agroambiental del programa Visión Amazonía, que focaliza áreas para la intervención en la primera fase de su plan de acción.

Una conclusión importante es la articulación de estos ejercicios técnicos con las propuestas de intervención de las distintas instituciones (Gobernación, autoridad Ambiental, autoridades locales, Ongs y Cooperación Internacional). Los resultados de este ejercicio realizado por TNC por encargo del Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez, deberían ser socializados con estas instituciones, para su retroalimentación y adopción en los casos pertinentes.

Este trabajo, su enfoque y resultados, es un insumo muy claro que desarrolla, lo estipulado en el Plan Nacional de Desarrollo, 2014-2018 en lo referente al abordaje de la sostenibilidad ambiental de la planificación del desarrollo, en ecosistemas frágiles, como es el caso de la amazonia colombiana, es decir, esta lectura territorial es un aporte para desarrollar todo el enfoque de política denominado “Crecimiento Verde”.

- ✓ Es una lectura territorial muy importante, realizada con un soporte científico, que permite tener una información de línea base, para una gestión sostenible y de conservación, de los ecosistemas que conforman estos territorios.

- ✓ Tomando como punto de partida el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, ya mencionado, el estudio igualmente puede considerarse como un aporte que contribuiría al Programa Nacional "Visión Amazonia", pues suministra información y conocimientos, así como metodologías y gestión en los temas de gestión y ordenamiento territorial, desarrollo productivo, fortalecimiento de la comunidades indígenas, prioridades de este Programa, desde el nivel nacional. Esta afirmación es igualmente válida para la articulación de este ejercicio con la puesta en marcha del Proyecto Piloto del Programa "Visión Amazonia", conocido como "GEF-CORAZON AMAZONIA".

- ✓ Se construyó, partiendo de la generación y apropiación de información científica, por parte de los diversos tipos de actores que habitan el territorio, bajo el enfoque de construcción social, de sus propios escenarios de vida. En este sentido, el trabajo asimila la metodología y enfoque igualmente propuesto por el ejercicio departamental de formulación de Directrices de Ordenamiento Territorial, garantizando de esta manera, resultados muy pertinentes para una gestión participativa del desarrollo sostenible de los territorios abordados.

- ✓ La interacción con las comunidades y actores que participaron en el Proyecto, permitió realizar una "gestión de conocimiento" fortaleciendo los resultados y conclusiones del ejercicio.

- ✓ Este proceso permite la generación de insumos para la formulación futura de los diversos instrumentos de planificación, con que cuentan las administraciones de gobierno, que desde sus diferentes instancias y competencias, tienen responsabilidad en la planificación y gestión del desarrollo.

- ✓ De acuerdo con lo anterior este proceso, puede considerarse como un piloto que le aportará información muy valiosa, con calidad técnica, y apropiación de los actores involucrados a los ejercicios de formulación de los Planes de Desarrollo Municipales y los instrumentos de ordenamiento territorial de las entidades territoriales involucradas en el estudio. En este sentido el aporte para la planificación de las zonas rurales del departamento es vital, en un campo donde todavía no hay claridad sobre cómo abordar este reto

- ✓ También es un ejemplo de generación de insumos, que fácilmente pueden ser tomados en cuenta para la formulación de los Planes de Manejo de fuentes

Hídricas (POMCAS), o los Planes de Mitigación y Gestión del Riesgo, así como el fortalecimiento de la planificación e implementación de toda la estrategia del Distrito de Conservación de Aguas y Suelos del Caquetá, entre otros temas. En general se puede afirmar que, este trabajo es un interesante y valioso aporte para la consolidación de la gestión de la mayoría de las 22 determinantes ambientales con que cuenta el Caquetá, definidas por la Corporación Autónoma Regional Corpoamazonia, ya que todas de ellas necesitan de una lectura y apropiación del territorio, donde están incidiendo para su planificación y desarrollo sostenible.

- ✓ Adicionalmente el ejercicio puede ser tomado como una herramienta que claramente contribuye a la estrategia y los objetivos de “apropiación territorial” ya que es una fuente de conocimiento y apropiación de los lugares donde habitan los diferentes actores que son protagonistas para la formulación y puesta en marcha de un proceso de desarrollo sostenible, como apuesta de vida, que contribuye a la conservación de los ecosistemas amazónicos.

- ✓ También es una importante contribución a la construcción de una “identidad amazónica” gracias al grado de conocimiento que proporciona sobre el tipo de paisaje en que se habita, y que se podría hacer para contribuir a su sostenibilidad ambiental. La construcción de esta “Identidad Amazónica” es una de las prioridades de política en el proyecto de Directrices de Ordenamiento Territorial departamental ya mencionado.

- ✓ En conclusión, es claro que estos resultados por su valor y alcance son muy importantes para el fortalecimiento de la gobernabilidad y gobernanza ambiental que la política amazónica busca implementar, en la búsqueda de lograr frenar la deforestación, e implementar proyectos productivos sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, A. R. 2000. Ranas, salamandras y caecilias (Tetrapoda: amphibia) de Colombia. Biota Colombiana 1(3): 289-319.

Acosta, A. R. 2012*.* Anfibios de los enclaves secos en la ecorregión de La Tatacoa y su área de influencia, alto Magdalena, Colombia. Biota Colombiana 13 (2): 182-210.

Acosta, A. R. 2015*.* Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.05.2015.0 (Enero de 2015). Página web accesible en http://www.batrachia.com; Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

Arellano, L., Leon-Cortes, J.L. & O. Ovaskainen. 2008. Patterns of abundance and movement in relation to landscape structure: a study of a common scarab (*Canthon cyanellus cyanellus)* in Southern Mexico. Landscape Ecol (2008) 23:69–78.

Chan, K. M. A., Hoshizaki, L. & Klinkenberg. B. 2011. Ecosystem services in conservation planning: Targeted benefits vs. Co-Benefits or Costs? *PLoS ONE*, *6*(9), e24378. doi:10.1371/journal.pone.0024378.

Conte, M; Nelson, E.; Carney, K.; Fissiore, C.; Olwero, N.; Plantinga, A.J.; Stanley, B. & T. Ricketts. 2011. Terrestrial carbon sequestration and storage. In: Kareiva, P.; Tallis, H.; Ricketts, T.H.; Daily, G.C. and Polasky, S. (Eds) Natural Capital. Theory and Practice of mapping ecosystem services (111-128 pg). New York. Oxford University Press.

CORPOAMAZONIA. 2014. Determinantes y Asuntos Ambientales para el Ordenamiento Territorial en el Departamento del Caquetá.

Defler, T. R. 2003. *Primates de Colombia* (Vol. 4). Conservación Internacional Colombia.

Di Fiore, A., Link, A., & Campbell, C. J. 2011. The atelines: behavioral and socioecological diversity in a New World radiation. *Primates in perspective, 2nd edn. Oxford University Press, Oxford*, 155-188.

Escobar, F., Lobo, J.M. & Halffter. G. 2005. Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in the Colombian Andes. *Global Ecology and Biogeography, (Global Ecol. Biogeogr.)* (2005)14, 327–337.

Espinosa Menéndez N, González Vélez, E, & Ramírez, Erika A. 2012. Etnografía, territorio y conflicto armado. Metodología de una investigación sobre la construcción regional de los llanos del yarí (Caquetá, Colombia). El Ágora U.S.B., 12(2), 329-348. Retrieved March 01, 2015, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-80312012000200004&lng=en&tlng=es.

Génier, F. 1996. A revision of the neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae) *Memoirs of Entomological Society of Canada* 170:169 pp.

González, A. A., F. Molano, C. & Medina. A. 2009. Los subgéneros *Calhyboma*, *Hybomidium* y *Telhyboma* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: *Deltochilum*) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 35 (2): 253-274.

González, A. A. & F. Z. Vaz-de-Mello. 2014. Taxonomic review of the subgenus Hybomidium Shipp 1897 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilum). Annales de la Société entomologique de France (N.S.), 2014 Vol. 50, Nos. 3–4, 431–476.

IAvH Instituto de InvestIGACiones en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: http://BioModelos.humboldt.org.co/models/visor

IDEAM, 2010. Mapa de Corine Land Cover para Colombia 2005-2009, Escala 1:100.000.

IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y Marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andréis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.

IGAC, 2012. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Caquetá. Escala 1:100.000.

Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia (2004 y continuamente actualizado). Colecciones en Línea. Referencia en línea. (Febrero de 2015). Accesible en http://www.biovirtual.unal.edu.co

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2013. Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt, 18428 Registros, aportados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Villa de Leyva, Colombia, En linea http://ipt.sibcolombia.net/iavh/resource.do?r=scarabeidae_iavh, publicado el 13/09/2013. (accedido a través del portal de datos del SIB Colombia, http://data.sibcolombia.net/datasets/resource/13, 2015-03-27).

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, HS, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe (eds). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

Larsen, T. H. & Forsyth, A. 2005. Trap spacing and transect design for dung beetle biodiversity studies. Biotropica, 37: 322–325.

Latorre. P. Juan Pablo. Jaramillo. R. Omar. Corredor. G. Luisa. Arias, D. 2014. Condición de las Unidades Ecobiogeográficas Continentales y Sistema Nacional de Áreas Protegidas en Colombia (Base de Datos Geográfica a Escala 1:100.000). Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Link, A., & Di Fiore, A. 2006. Seed dispersal by spider monkeys and its importance in the maintenance of neotropical rain-forest diversity. *Journal of Tropical Ecology*, *22*(03), 235-246.

Mata, R., Olcina. J. 2010. El sistema de espacios libres. En: Galiana, L. y Vinuesa, J. (coords.) Teoría y práctica para una ordenación racional del territorio, pp. 87-128. Síntesis, Madrid, España.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2012. Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE). Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Bogotá, Colombia. 134 pp.

MADS, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Resolución 192 de 2014. "Por la cual se establece el litado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentra en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones". Referencia en línea. (Diciembre 2014). Accesible en https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2014/res_0192_2014.pdf

McRae, B.H. and P. Beier. 2007. Circuit theory predicts Gene flow in plant and animal populations. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA 104:19885-19890

McRae B.H., B.G. Dickson, T.H. Keitt and V.B. Shah 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. Ecology 89:2712–2724. http://dx.doi.org/10.1890/07-1861.1

Michalski, F., & Peres, C. A. 2005. Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. *Biological Conservation*, *124*(3), 383-396.

MEA. 2005b. Ecosystems and human well-being: Scenarios. Washington, DC: Island press. World Resources Institute.

Medina C. A., A. Lopera-Toro, A. Vítolo. y B. Gill. 2001. Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Biota Colombiana* 2 (2):131-144.

Murcia, U; Medina, R; Rodríguez, J.M., Castellanos, H., Hernández, A. y Herrera, E. (2014). Monitoreo de los bosques y otras coberturas de la Amazónia Colombiana, a escala 1:100.000. Datos del período 2012. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Bogotá, D.C., 190 p., 2 Anexos.

Noriega, J.A., Moreno, J. & S. Otavo. 2011. Quince años del arribo del escarabajo coprófago *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae) a Colombia: proceso de invasión y posibles efectos de su establecimiento. Biota Colombiana 12 (2):35-44.

Natural Capital Project. 2006 - actual .http://data.naturalcapitalproject.org/invest-releases/documentation/current_release/carbonstorage.html#references

Opdam, P. and D. Wascher, 2004. Climate change meets habitat fragmentation: linking landscape and biogeographical scale levels in research and conservation. Biological Conservation 117 (2004) 285–297.

Parques Nacionales. Consulta en línea Marzo 2 de 2015: URL http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.0111

PNUMA-CMCM (Comps.) 2014. Lista de especies CITES. Secretaría CITES, Ginebra, Suiza, y PNUMACMCM, Cambridge, Reino Unido. CITES. Referencia en línea. (Enero 2015). Página web accesible en http://www.cites.org/esp/disc/species.php

Pulido, L. A., R. Riveros., F. Gast. & P. Hildebrand. 2003. Escarabajos coprófagos (Coleóptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) del Parque Nacional Natural "Serranía de Chiribiquete", Caquetá, Colombia (Parte I). En Escarabeidos de Latinoamérica: estado del conocimiento. G. Onore, P. Reyes-Castillo & M. Zunino (comps.). m3m: Monografías Tercer Milenio vol. 3, SEA, Zaragoza: 51-58.

Rodríguez, N, D. Armenteras, M. Morales, M. Romero. 2006. Mapa de Ecosistemas de los Andes Colombianos. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.

Romero M., G Galindo, J. Otero, D. Armenteras. 2004. Mapa de Ecosistemas de la Cuenca de la Orinoquia Colombiana. Instituto Alexander von Humboldt – Instituto Geográfico Agustin Codazzi. Bogota, Colombia.

Sharp, R., Tallis, H.T., Ricketts, T., Guerry, A.D., Wood, S.A., Chaplin-Kramer, R., Nelson, E., Ennaanay, D., Wolny, S., Olwero, N., Vigerstol, K., Pennington, D., Mendoza, G., Aukema, J., Foster, J., Forrest, J., Cameron, D., Arkema, K., Lonsdorf, E., Kennedy, C., Verutes, G., Kim, C.K., Guannel, G., Papenfus, M., Toft, J., Marsik, M., Bernhardt, J., Griffin, R., Glowinski, K.,

Strier, K. B. 1992. Atelinae adaptations: behavioral strategies and ecological constraints. *American Journal of Physical Anthropology*, *88*(4), 515-524.

Tischendorf, L. and Fahrig, L. 2000. On the usage and measurement of landscape connectivity. – Oikos 90: 7–19.

Chaumont, N., Perelman, A., Lacayo, M. Mandle, L., Hamel, P. &A. L. Vogl. 2014. InVEST User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford.

SIB. Referencia en línea. Noviembre 2014. (accedido a través del portal de datos del SIB Colombia, Registros biológicos Colombianos repatriados: GBIF Occurrence Download 0000134-130617162047391, http://data.sibcolombia.net/datasets/resource/64).

Soille, P. & P. Vogt. 2009. Morphological segmentation of binary patterns. Pattern Recognition Letters. DOI: 10.1016/j.patrec.2008.10.015.

Tallis, H., & S. Polasky. 2009. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1162*, 265–83. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.04152.x

Tallis, H., Polasky, S., Lozano, J. S., & S. Wolny. (n.d.). Inclusive wealth accounting for regulating ecosystem services, (1).

TNC, The Nature Conservancy. 2005. Conservation Action Planning: Developing Strategies, Taking Action, and Measuring Success at Any Scale--Overview of Basic Practices. The Nature Conservancy. Available in English and Spanish. http://conserveonline.org/workspaces/cbdgateway/cap/resources/1/TNC_CAP_Basic_Practices.pdf http://conserveonline.org/workspaces/cbdgateway/cap/resources/1/TNC_CAP_Basic_Practices_Spanish.pdf

Trabucchi, M., O'Farrell, P. J., Notivol, E., & F. A. Comín. 2014. Mapping Ecological Processes and Ecosystem Services for Prioritizing Restoration Efforts in a Semi-arid Mediterranean River Basin. *Environmental Management*, *53*(6), 1132–45. doi:10.1007/s00267-014-0264-4.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza-UICN. Referencia en línea. Noviembre 2014. Página web accesible en http://www.iucnredlist.org/.

Van Wijnen, H. J., Rutgers, M., Schouten, a J., Mulder, C., de Zwart, D., & A. M. Breure. 2011. How to calculate the spatial distribution of ecosystem services - Natural attenuation as example from The Netherlands. *The Science of the Total Environment*. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.05.058

Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236p.

Vogt, P. 2014. User Guide of Guidos Toolbox. Institute for Environment and Sustainability (IES).

Wallace, A. R. 1854. On the monkeys of the Amazon. *Journal of Natural History*, *14*(84), 451-454.

Wild World Foundation-WWF. Los anfibios amazónicos. 2015. (Marzo de 2015). Página web accesible en: http://wwf.panda.org/es/nuestro_trabajo/iniciativas_globales/amazonia/acerca_de_la_amazonia/vida_silvestre_amazonica/los_anfibios_amazonicos/.

ANEXOS

Anexo 1. Memoria técnica de la priorización preliminar de las áreas de conservación del portafolio a nivel departamental

El portafolio de conservación incluye en su desarrollo metodológico la priorización de objetos de conservación para la conectividad regional, que consistió en la selección de componentes para el nivel departamental, aquí denominados macrocomponentes. Este procedimiento se realizó con el *software Guidos* (*Graphical User Interface for the Description of Image Objects and their Shapes*, versión 2.1, Vogt 2014).

Es importante aclarar que, con el objetivo de incluir las oportunidades de conectividad para el departamento, que en la actualidad son principalmente posibles por fuera del mismo, se adicionó al área de estudio el sector de la Macarena (Meta) y el interfluvio Putumayo-Caquetá hasta Araracuara. Mediante algunas de las herramientas de este programa, se realizaron los siguientes dos análisis: patrones de paisaje y conectividad. Adicionalmente a los análisis de conectividad se traslaparon los macrocomponenetes estructurales con los mapas de riqueza de especies de aves y oferta de servicios ecosistémicos para que estos cumplan objetivos de representatividad de biodiversidad y oferta de servicios ecosistémicos. Hay que mencionar que los últimos mapas mencionados solo cubren el departamento de Caquetá.

Se realizó un análisis de patrones de paisaje o análisis de patrones morfológicos espaciales se utilizó la herramienta MSPA (*Morphological Spatial Pattern Analysis*), que toma como entrada una imagen binaria (valores de 1 y 0) y usa un algoritmo de morfología matemática (para más detalles ver Sollie & Vogt 2009). En síntesis, esta herramienta segmenta la entrada generando siete (7) clases de patrones espaciales que incluyen las siguientes categorías: núcleos, bordes, perforaciones, puentes, bucles, ramas e islas (Figura 69). En este ejercicio, la entrada fue la capa de Bosque/No Bosque del IDEAM (2012), adecuada según los requerimientos informáticos de la herramienta. Los parámetros utilizados fueron los establecidos por defecto en el programa.

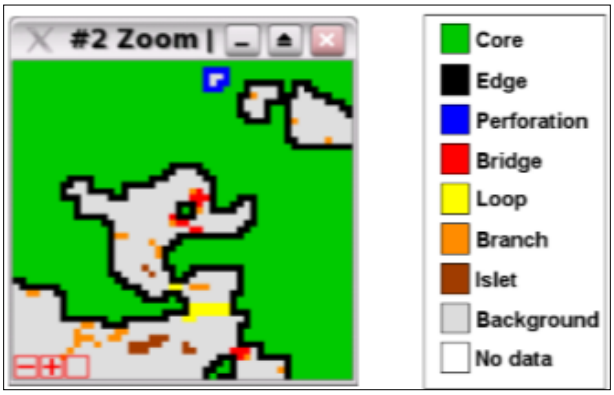


Figura 69. Visualización de las siete (7) clases de patrones espaciales identificados mediante la herramienta *MSPA* del software *Guidos* 2.1.

En cuanto al análisis de conectividad, se utilizaron las siguientes dos herramientas: *Components* y *Node/Link Importance Component Conectors* (Vogt 2014). Las dos utilizan como entrada el resultado del MSPA, convertido en una red compuesta por nodos o núcleos y conectores o puentes. Un conjunto de nodos y puentes conectados es llamado un componente. La herramienta *Components* identifica los componentes individuales de la red, los diferencia con distintos colores y genera estadísticas sobre el área que tiene cada componente sin y con conectores. La herramienta *Node/Link Importance* calcula la importancia para la conectividad o DPC (Delta de Probabilidad de Conectividad) de cada nodo y conectores, dando un valor a cada nodo y conector de la red (Vogt 2014).

Conclusiones y recomendaciones

El análisis de conectividad arrojó tres macrocomponentes, denominados así: Cordillera, Chiribiquete e Interfluvio Putumayo-Caquetá. Los tres coinciden también con áreas de alta oferta de servicios ecosistémicos y los dos últimos con áreas de alta presencia de aves endémicas y amenazadas. La conectividad entre Cordillera y planicie amazónica se lograría principalmente por dos rutas el interfluvio Putumayo-Caquetá y Macarena Chiribiquete. Ambas conectividades están amenazadas por la deforestación asociada a expansión de la frontera agropecuaria e impulsada por la construcción de la marginal de la selva. Las únicas conectividades viables dentro del departamento son los bosques presentes en las planicies inundables de los altos ríos Caquetá-Orteguaza y alto río Caguán. La conectividad alto andina en la Cordillera Oriental sólo se puede mantener a través del corredor aquí llamado Cordillera y que ya muestra varios puntos de fractura.

Los macrocomponentes propuestos deben ser vistos como elementos guía en un ordenamiento ambiental a nivel de Amazonía andina en donde el departamento de Caquetá es un articulador de estrategias importante.

Anexo 2. Información de soporte sobre las entradas, procesos y salidas de los modelos implementados de los servicios ecosistémicos

Modelo de Calidad de Hábitat

Entradas:

1. **Cobertura o uso de la tierra actual:** Capa en formato Raster con un código numérico para cada tipo de usos cobertura. La capa debe tener una proyección definida.

2. **Datos de amenazas;** Una tabla de las amenazas que se van a tener en cuenta en el modelo. La tabla contiene información sobre la importancia relativa de cada una de las amenazas y su impacto a través del espacio.

3. **Fuentes de amenazas:** Capa raster de la distribución e intensidad de cada amenaza. Se deben tener tanas para casa amenaza que se tenga en cuenta en el modelo, la capa debe cubrir el área de interés y de ser posible un área buffer con un ancho de distancia equivalente a la amenaza que se encuentra a mayor distancia. Cada celda en la capa raster contiene un valor que indica la presencia o densidad de la amenaza, por ejemplo la amenaza son las vías estas deben tener un valor de 1 y un valor de 0 para el resto del área de interés.

4. **Tipos de hábitat y sensibilidad a cada amenaza:** Es una tabla con los tipos de cobertura de la tierra considerada como hábitat y su sensibilidad específica para cada amenaza.

Salidas:

1. Capa con el resultado de la calidad de hábitat en el paisaje actual del área de estudio. Áreas en el paisaje que no fueron consideradas hábitat tendrán un valor de 0. Este valor de calidad de hábitat carece de unidades y no se refiere a ninguna medida de Biodiversidad en particular.

Modelo de almacenamiento de Carbono

Entradas:

1. Cobertura o uso de la tierra actual: Capa en formato Raster con un código numérico para cada tipo de usos cobertura. La capa debe tener una proyección definida

2. Pools de Carbono: Tabla con las clases de cobertura vegetal y un valor de carbono almacenado para cada clase de cobertura.

Salidas: Stock total de carbono (Mg/píxel) toneladas métricas.

Modelo de Provisión de agua

Entradas:

1. Profundidad del suelo: Una capa raster con un valor promedio de profundidad del suelo para cada celda.

2. Precipitación: Capa raster con un valor de precipitación promedio anual para cada celda. Para esta capa se utilizó la información proveniente de la plataforma World Clim con resolución de 100m.

3. Contenido de agua disponible en plantas: Capa raster con un valor del agua disponible en plantas por cada celda.

4. Evapotranspiración promedio anual: Capa raster con un promedio anual de evapotranspiración para cada celda

5. Cobertura de la tierra: Una capa raster con un identificador único para cada tipo de cobertura.

6. Cuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las cuencas hidrográficas en el área de estudio

7. Subcuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las subcuencas hidrográficas en el área de estudio

8. Tabla Biofísica: Tabla en formato CSV (valores separados por comas) con los parámetros biofísicos evaluados por el modelo

9. Parámetro Z: Valor de 1 a 30 que corresponde con la distribución estacional de la precipitación

Salinas:

- Mapa de Valor estimado de rendimiento hídrico por pixel.
- Mapa de valor estimado de rendimiento hídrico por cuenca hidrográfica
- Mapa de valor estimado de rendimiento hídrico por subcuenca hidrográfica

Modelo de Retención de sedimentos

Entradas:

1. Profundidad del suelo: Una capa raster con un valor promedio de profundidad del suelo para cada celda.

2. Precipitación: Capa raster con un valor de precipitación promedio anual para cada celda. Para esta capa se utilizó la información proveniente de la plataforma World Clim con resolución de 100m.

3. Contenido de agua disponible en plantas: Capa raster con un valor del agua disponible en plantas por cada celda.

4. Evapotranspiración promedio anual: Capa raster con un promedio anual de evapotranspiración para cada celda

5. Cobertura de la tierra: Una capa raster con un identificador único para cada tipo de cobertura.

6. Cuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las cuencas hidrográficas en el área de estudio

7. Subcuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las subcuencas hidrográficas en el área de estudio

8. Tabla Biofísica: Tabla en formato CSV (valores separados por comas) con los parámetros 139biofísicos evaluados por el modelo

Salidas:

- Mapa de perdida potencial del suelo

Modelo de retención de Nutrientes

Entradas:

1. Profundidad del suelo: Una capa raster con un valor promedio de profundidad del suelo para cada celda.

2. Precipitación: Capa raster con un valor de precipitación promedio anual para cada celda. Para esta capa se utilizó la información proveniente de la plataforma World Clim con resolución de 100m.

3. Contenido de agua disponible en plantas: Capa raster con un valor del agua disponible en plantas por cada celda.

4. Evapotranspiración promedio anual: Capa raster con un promedio anual de evapotranspiración para cada celda

5. Cobertura de la tierra: Una capa raster con un identificador único para cada tipo de cobertura.

6. Cuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las cuencas hidrográficas en el área de estudio

7. Subcuencas: Capa vectorial en formato shapefile con las subcuencas hidrográficas en el área de estudio

8. Tabla Biofísica: Tabla en formato CSV (valores separados por comas) con los parámetros biofísicos evaluados por el modelo

Salidas: Mapa de capacidad de la vegetación para la retención de nutrientes

Anexo 3. Revisión de grupos taxonómicos

Escarabajos coprófagos

El reciclaje de materia orgánica, principalmente excremento y en menor medida, carroña, hongos y frutos en descomposición es el principal atributo ecológico por el cual los escarabajos coprófagos son considerados como elementos importantes, especialmente en los ecosistemas boscosos. Adicionalmente la función ecológica de remover el excremento de la superficie tiene beneficios adicionales como la reducción de moscas y otros vectores infecciosos que también consumen el mismo recurso, dispersión secundaria y reducción en las tasas de predación de semillas, sobretodo de plantas pioneras, muy importantes para la regeneración de los bosques, que se encuentran en las heces de muchos mamíferos como primates y murciélagos.

La sensibilidad de este grupo a los cambios físicos y biológicos generados por la fragmentación y simplificación de los paisajes, sumada a la dependencia que sus especies tienen de estos recursos, y que la metodología para su captura es sencilla y económica (Larsen & Forsyth 2005, Villareal *et al*. 2006), permite que sean un grupo ideal para la caracterización y el monitoreo del mantenimiento, perdida o recuperación de la integridad y funcionalidad ecológica.

Base de información utilizada

Se realizó la búsqueda de información en las bases de datos del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia (SIB), filtrando la información de la Colección Entomológica de Escarabajos Coprófagos del IAvH para el departamento de Caquetá, lo que arrojó un total de 1098 registros. Adicionalmente, se visitó la Colección Entomológica de la Universidad de la Amazonia (Florencia-Caquetá), donde se encontraron 33 registros, y se revisó la literatura publicada desde el 2001 hasta la actualidad, donde se hacen reportes de especies para el departamento. Los 1131 registros compilados se presentan de forma consolidada en 145 registros en el Anexo 1, dado que muchos corresponden a series de la misma localidad.

Estado de conocimiento de las especies

El Caquetá es uno de los departamentos con mayores valores de riqueza de especies de escarabajos coprófagos a nivel nacional (66 especies de aproximadamente 300 listadas para Colombia), debido a su ubicación estratégica donde confluyen biogeográficamente la biota de los Andes y la Amazonia. De estas 66 especies, 38 cuentan con determinación confirmada a nivel de especie (que son las que se incluyeron en el presente análisis) y las

22 restantes no ya que aún se encuentran a nivel de morfo-especies; siendo importante resaltar que por lo menos cuatro de estas últimas son especies nuevas. En este contexto, el departamento tiene grandes vacíos de conocimiento, ya que de las 30 localidades que aproximadamente se han trabajado para el grupo, 16 corresponden al Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete y sus inmediaciones (SIB 2015), cinco se distribuyen en la región de piedemonte (SIB 2015) y nueve se concentran en cercanía a Florencia (según localidades revisadas en la Colección Entomológica de la Universidad de la Amazonia, Sede Florencia). En consecuencia, se desconoce por lo menos el 80% de la fauna de escarabajos del departamento, y por eso es de esperarse que, a medida que aumenten los muestreos, al menos se duplique el número de especies reportadas. A manera de ejemplo, con solo 14 localidades bien muestreadas en el departamento de Meta, representativas del mismo, se conocen más de 100 especies (Medina *et al*. 2001, Colección Escarabajos Coprófagos de Colombia, RNC 002, Lopera, com. pers.).

El listado de especies del Parque Natural Serranía de Chiribiquete de Pulido *et al*. (2003) es la única publicación disponible específicamente del Caquetá. Allí se reportan 61 especies, de las cuales 22 (36%) están como morfoespecies (determinadas sólo a nivel de género) y al menos 10 (16%) de las que tienen epíteto específico asignado están mal identificadas. El listado de especies de escarabajos de Colombia de Medina *et al*. (2001) solo reporta cinco especies en el Caquetá. Por último, en su revisión de los subgéneros de *Deltochilum* González *et al*. (2010) y González & Vaz de Mello (2014) listan las especies conocidas de este género para el departamento. De acuerdo con estas dos últimas publicaciones y la base de datos del SIB Colombia, el Caquetá cuenta con una riqueza total de diez especies.

Distribución de la riqueza

La mayoría de las especies conocidas para el Caquetá están reportadas para altitudes menores a 600 msnm. Esto se debe, en parte, a que hay más puntos de muestreo a estas alturas y, principalmente, a que la Amazonia es la región con mayor número de especies de coprófagos en América y también en Colombia. En la región Amazónica de Perú y Bolivia se han reportado hasta 120 especies (en unas pocas localidades cercanas entre sí), número que disminuye a medida que se avanza latitudinalmente hacia el norte y a medida que se asciende en el gradiente altitudinal en los Andes. Las localidades en Colombia con mayor número de especies son amazónicas (80 especies en Vaupés). Así mismo, a medida que se asciende en altitud, se reduce la riqueza a unas 15 especies a los 1000 msnm, luego un pequeño aumento a los 1500 msnm, con unas 20-25 especies (Escobar *et al*. 2005), para luego disminuir significativamente hasta los 3000 msnm, donde sólo se han reportado una o dos especies de escarabajos coprófagos.

Análisis, conclusiones y priorización de especies con criterios de vulnerabilidad para el monitoreo de la integridad del paisaje

Dentro de un ecosistema todas las especies de una comunidad son importantes, pues el conjunto articulado de las variaciones en sus hábitos ecológicos ayudan a que ésta sea resiliente y mantenga su funcionalidad, a pesar de eventos estocásticos o la aparición de disturbios. En el caso de los escarabajos coprófagos del Caquetá, el desconocimiento que se tiene de muchas sus especies, tanto de su distribución como de su dieta y preferencias de hábitat, limita su utilidad en los análisis y diseños de estrategias de conservación. Adicionalmente, los problemas taxonómicos también reducen el número de especies a evaluar y seleccionar. Debido a lo anterior, aunque la riqueza potencial de escarabajos coprófagos del Caquetá ascienda a 66 especies, sólo fue posible incluir y evaluar las 38 que cuentan con determinación taxonómica específica confirmada.

De las 38 especies evaluadas, 11 prefieren o se restringen a zonas de piedemonte (por encima de los 600 msnm), 26 ocurren por debajo de los 400 msnm y solo una (*Oxysternon conspicillatum*) se encuentra tanto en la vertiente andina como en las zonas bajas (Anexo 2). Vale la pena mencionar que en ese conjunto se encuentra una especie introducida, *Digitonthophagus gazella*, que no es nativa de América y fue importada al continente en Texas, Estados Unidos y en Brasil en la década de los 70's para el control de moscas y remoción del excremento. Desde la década de los 90's se conoce su presencia en Colombia (Noriega *et al.* 2011) y desde entonces ha avanzado rápidamente colonizando áreas de potreros y sabanas naturales donde haya ganadería. Otra especie, *Onthophagus marginicollis*, es nativa de las sabanas de la Orinoquia y al igual que *D. gazella*, ha aprovechado la creación de claros con ganado para entrar al Caquetá. Igualmente, todas las especies evaluadas son de distribución amplia y están en dos o más países, a excepción de *D. robustus* que solo se comparte con Bolivia (González *et al*. 2010), aunque es de esperarse que esté en los Andes de Ecuador y Perú y *Ontherus politus* y *O*. *incisus* que también se encuentran en Ecuador (Genier 1996). Las especies amazónicas tienen distribución más amplia que la de las andinas y, en algunos casos, también se encuentran en los bosques húmedos de Centroamérica, como es el caso de *Eurysternus foedus* o *E. caribaeus*. Las especies andinas se comparten en su mayoría con Ecuador y Perú, pero algunas están desde Venezuela hasta Bolivia.

En síntesis, se priorizaron 11 especies, todas asociadas a bosque, de las cuales cinco (*Deltochilum mexicanum*, *D. tessellatum*, *D. robustus, Ontherus politus* y *Scatimus strandi*) son de distribución andina, dos de las cuales (*D. robustus* y *S. strandi*) están restringidas a la vertiente Oriental de la Cordillera Oriental. Dicha priorizaron se realizó con base en criterios de amenaza, endemismo y distribución altitudinal restringida, complementados con criterios de funcionalidad ecológica (Anexo 2). Estos últimos, se determinaron

considerando los objetivos de conectividad del proyecto. En este contexto, se seleccionaron especies de diferente tamaño con movilidad o capacidad de dispersión superior a 1000m/día (Arellano *et al*. 2008, Obs. Per. Alejandro Lopera-T) y con la menor tolerancia o mayor restricción en su movilidad en la matriz de paisaje más transformada.

El tamaño es un atributo de relevancia, ya que entre más grande la especie, más alimento requiere para su desarrollo y, en consecuencia, mayor cantidad de excremento remueve del suelo (afectando negativamente a las poblaciones de moscas) y mayor distancia debe recorrer para encontrarlo. En escenarios de alta fragmentación, donde los bosques están muy alterados y la fauna de vertebrados grandes ha desaparecido, estas distancias se vuelven aún mayores, y se convierten en un aspecto de altísima vulnerabilidad para la especie.

En particular, las especies *Deltochilum robustus, Dichotomius podalirius, Canthon fulgidus* y *Dichotomius boreus*) sobresalen como las más vulnerables y susceptibles a desaparecer en escenarios de alta fragmentación, por su tamaño grande, mayor movilidad y capacidad de dispersión y baja tolerancia a la fragmentación. Es importante resaltar que las especies grandes que no salen del bosque, que sus densidades poblacionales son bajas, precisamente porque requieren de más área de bosque que las medianas o pequeñas para alimentarse, y que requieren de mayor presencia de mamíferos que produzcan más excremento. Por el contrario, la mayoría de las especies de tamaño mediano y pequeño tienen poblaciones grandes (a excepción de especies raras, de las que poco se conoce de su biología), aun en parches de bosque pequeños y aislados, porque pueden sostenerse con los recursos producidos por mamíferos de menor tamaño, como roedores y murciélagos. Los requerimientos de dispersión y de área de esas últimas son bajos y, por lo tanto, tienden a ser menos vulnerables frente a la transformación del paisaje.

Anfibios

La herpetofauna cumple funciones vitales en la dinámica de los ecosistemas, vinculando a los invertebrados con los vertebrados superiores en la cadena trófica. Por la poca eficiencia para regular su metabolismo debido a su condición de ectotermos, estos animales sirven como medio por el cual los contaminantes entran en la cadena trófica, pues pueden acumular residuos tóxicos en sus tejidos. Además, a diferencia de otros vertebrados y algunos insectos, los herpetos tienen una capacidad limitada para la emigración y recolonización por lo que se les dificulta adaptarse a cambios rápidos en el

hábitat. Con este rango de caracteres los anfibios y reptiles son, por lo tanto, buenos indicadores de calidad de hábitats terrestres (Lambert 2002).

En particular, los anfibios son considerados bioindicadores del buen estado de conservación del hábitat. Al estar presentes en ambientes tanto acuáticos como terrestres, son vulnerables a las perturbaciones de estos ecosistemas; esto es, baja tolerancia a la contaminación del recurso hídrico, pérdida de hábitat (por la expansión agrícola, el pastoreo, entre otros), fragmentación (que en consecuencia varía la temperatura y humedad del ambiente esenciales para su desarrollo y conservación, además de transformar el macro y microhábitat) (Angulo *et al.* 2006 y Rodríguez 2007), presencia de agentes patógenos como el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), uso de pesticidas, aumento de radiación solar (Rueda *et al*. 2004, Angulo *et al*. 2006,), entre otras. En particular, al estar asociados a ambientes húmedos y lluviosos, por sus restricciones fisiológicas y metabolismo del agua, "suelen ser los primeros en desaparecer" (Rueda *et al*. 2004).

En el territorio colombiano se ha documentado la presencia de 789 especies de anfibios que equivalen a cerca del 10% del total de especies descritas mundialmente (Acosta 2013). En cuanto a la Amazonia en general, de acuerdo con WWF (2015) la región puede albergar hasta 427 especies de anfibios; es tal la riqueza que en algunas de sus zonas de bosque de tierras bajas, al occidente de la cuenca, pueden encontrarse hasta 80 especies de anfibios.

Base de información utilizada

Para el departamento del Caquetá están reportadas 91 especies de anfibios. Esta cifra resultan de consolidar la información disponible y publicada en las siguientes fuentes consultadas en este proyecto: Acosta (2000); bases de datos del Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia - SIB Colombia (2015); base de información de especies de la Fundación Ecotrópico Colombia; base de datos del Museo de Herpetofauna del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN 2015); *Batrachia* (referencia en línea más reciente y en constante actualización, desarrollada por Acosta y Cuentas 2015); y la base de información de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2014).

Estado de conocimiento de las especies

Caquetá representa el 11% de la fauna anfibia reportada en Colombia (789 especies). A pesar de esto, cuenta con grandes vacíos de información. Como resultado de la recopilación y consolidación de información, se obtuvo un total de 1672 registros (sólo 306 cuentan con datos georreferenciados, completos) de localidades de 11 municipios (Anexo

1). A pesar de que estos registros abarcan la mayoría de los municipios, muy pocas corresponden a las zonas más conservadas del Caquetá, y una mayoría se concentra en sectores de piedemonte altamente fragmentados (San Vicente del Caguán y San José del Fragua) y en el municipio de Solano.

Distribución de la riqueza

En el contexto colombiano, el departamento de Caquetá ocupa el décimo lugar en riqueza de anfibios en el país (91 especies). Entre los departamentos amazónicos, se destacan el de Amazonas (140 especies) y Putumayo (93 especies). Comparativamente, la riqueza reportada disminuye para Vaupés (53 especies), Guainía de 23 (39 especies) y Guaviare (31 especies).

De las 17 especies endémicas de Colombia, 11 son exclusivamente amazónicas, de las cuales ocho están registradas únicamente para el departamento de Caquetá (algunas restringidas a una localidad específica, Anexo 2). Para la región amazónica de Colombia y Ecuador se reportan 9 endemismos, y Colombia comparte 47 especies con otros países amazónicos (incluyendo Bolivia, Brasil, Ecuador, Guayanas, Perú, Surinam y Venezuela).

Análisis y priorización de especies con criterios de vulnerabilidad

La priorización de especies se realizó con base en criterios de amenaza, endemismo y distribución restringida a coberturas naturales, complementados con criterios y atributos relacionados con sus hábitos reproductivos y actividad asociada a los diferentes estratos verticales del bosque. Como resultado de este ejercicio, se priorizaron 39 especies de anfibios (Anexo 2). En ese conjunto se destacan especies endémicas del departamento del Caquetá, pero que de acuerdo con UICN (2014) cuentan con DD, *datos deficientes*, demostrando así la falta de información y desarrollo de investigaciones en el departamento. Este es el caso específico de *Gastrotheca weinlandii, Phyllomedusa perinesos, Nymphargus nephelophila, Nymphargus oreonympha, Centrolene sanchezi, Centrolene solitaria, Allobates picachos, Hyloxalus saltuarius, Pristimantis epacrus* y *Centrolene medemi.* Además, sobresalen *Atelopus petriruizi, Allobates picachos* e *Hyloxalus saltuarius* por ser endémicas del sector del PNN Los Picachos, e *Hyalinobatrachium ruedai* que está restringida a la Serranía de Chiribiquete (>500 msnm).

Aves

Las aves son el grupo de vertebrados de mayor diversidad y abundancia, y cuentan con la mayor cantidad de especialistas e investigadores asociados que contribuyen a la consolidación y actualización permanente de bases de información confiable y disponible. Siendo una parte importante de la biomasa de los ambientes naturales, las aves cumplen diferentes funciones ecológicas que determinan el equilibrio dinámico en los ecosistemas. Por ejemplo, ayudan a la dispersión de especies de plantas y su polinización, controlan poblaciones de vertebrados e invertebrados, y contribuyen en el intercambio de materia y energía en los ecosistemas (Laurence *et al.* 2011). Como son relativamente fáciles de detectar, son indicadoras costo-efectivas del impacto ambiental ocasionado por la construcción de infraestructura y de los efectos de la fragmentación del paisaje y el hábitat, así como indicadoras de los efectos a largo plazo del cambio climático (Amâncio *et al.* 2008, Córdova-Avalos *et al.* 2009, Sekercioglu *et al.* 2012, Gasner *et al.* 2010, Laurence *et al.* 2011). Además, el imaginario colectivo de las comunidades humanas las asimila fácilmente y llegan a convertirse en una herramienta emblemática indispensable para la toma de decisiones relacionadas con los planes de manejo y el ordenamiento territorial.

Colombia alberga casi el 20% de las 10157 especies reportadas a nivel mundial, siendo el país con su mayor diversidad (Renjifo et al. 2002). Cuenta con 77 especies endémicas y 195 especies que tienen la mayoría de su área de distribución en territorio colombiano (especies casi endémicas, Chaparro *et al.* 2014).

Base de información utilizada

La información relacionada con las ocurrencias de las especies de aves encontradas en el Caquetá fue extraída de la base de datos en línea del SIB y la base de información de especies de la Fundación Ecotrópico Colombia, lo que arrojó un total de 9179 registros de localidades de 16 municipios del departamento (4988 de estos registros se repiten para las mismas localidades, Anexo 1).

Para estandarizar la taxonomía de las especies se tuvo en cuenta las actualizaciones del Comité de Clasificación de Suramérica (SACC, por sus siglas en inglés). Para la taxonomía a nivel de subespecie se consideró la lista de chequeo de *Clements* 6.9 (actualizada a Agosto de 2014 y apoyada por *Bird Collection* en www.ibc.lynxeds.com).

Estado de conocimiento de las especies

Vale la pena destacar que el 35% de los registros recopilados se concentran en el PNN Serranía de Chiribiquete y la mayoría de los restantes se localizan en regiones vulnerables a la deforestación y la fragmentación en el piedemonte amazónico. En

consecuencia, los mayores vacíos de información se presentan para las áreas del medio y bajo Caquetá.

Distribución de la riqueza

De acuerdo con el proyecto *Planeación Ambiental para la Conservación de la Biodiversidad en las áreas operativas de ECOPETROL* (IAvH), la avifauna del Caquetá involucra 755 especies, que representan el 40% de la totalidad de especies reportadas para Colombia (1889 especies). Estas 755 especies (la cifra incluye algunas subespecies) fueron evaluadas en el presente análisis (Anexo 2).

Análisis y priorización de especies con criterios de vulnerabilidad

El rango de distribución latitudinal y altitudinal de las especies se basó en fuentes tales como Hilty y Brown (1986), UICN (2014), lista de chequeo de *Clements* 6.9 y la base de datos desarrollada por el Instituto Humboldt (2014) en convenio con ECOPETROL. La información relacionada con el grado de amenaza de las especies encontradas para el departamento, fue determinado a nivel global con el apoyo de la Lista Roja de Aves del Mundo (UICN) y en el nivel nacional con el Libro Rojo de Aves de Colombia (Renjifo *et al.* 2002, Renjifo *et al.* 2014). Para identificar las especies migratorias se consideraron las especies incluidas en la clasificación propuesta por la estrategia para la conservación de especies migratorias de Colombia (Naranjo y Amaya-Espinel 2009). Adicionalmente, la tendencia poblacional, el hábitat y los atributos evaluados con relación a la función ecológica de cada especie fueron descritos a partir de Hilty y Brown (1986), Stiles *et al.* (1995) Álvarez *et al.* (2003), Laurence *et al.* (2004), Van Houtan *et al.* (2007), Gómez *et al.* (2008) y UICN (2014), a lo cual se sumó el criterio de experto. Por último, para la determinación de especies *sombrilla* se basó en los criterios establecidos por *Wildlife Conservation Society* (WCS) y Kattan y Naranjo (2008).

De las 755 especies y subespecies de aves, se priorizaron 79 (Anexo 2), considerando como criterios principales de vulnerabilidad los siguientes: grado de amenaza (nivel global y nacional), diferentes escalas o niveles de endemismo, especies restringidas a bosque andino (> 1000 msnm) y asociadas a coberturas naturales típicas de la Amazonía (tales como várzea o bosques inundables y tepuyes). En este contexto, vale la pena mencionar endemismos de la Serranía de Chiribiquete, tales como *Chlorostilbon olivaresii* y *Hemitriccus margaritaceiventer chiribiquetensis*, así como una subespecie endémica de la Serranía de La Macarena *(Pyrrhura melanura souancei*). De forma complementaria, se consideraron atributos de funcionalidad ecológica, movilidad o capacidad de dispersión según el grado de transformación de la matriz de paisaje, actividad asociada al dosel y sotobosque, entre otros. Para estas 79 especies se accedió a los *Biomodelos* (IAvH) disponibles, cuya sumatoria se espacializó para evidenciar zonas prioritarias por concentración de especies más vulnerables. Este resultado (Figura 14) evidencia la

importancia para la conservación y la conectividad interna del departamento de su sector suroccidental, correspondiente al interfluvio de los ríos medio y alto Putumayo-Caquetá, así como de los tepuyes de la Serranía de Chiribiquete.

Primates

Los primates del Nuevo Mundo son un grupo diverso de mamíferos que incluyen 5 familias, 19 géneros y al menos 174 especies (IUCN 2015 en prensa) y se encuentran ampliamente distribuidos desde el sur de México hasta el norte de Argentina en ecosistemas principalmente boscosos. Esta radiación de primates tiene una diversidad ecológica muy amplia con especies que basan su dieta en hojas, en frutos maduros, en frutos inmaduros, en exudados de árboles, en insectos e incluso algunos que combinan estos recursos y son principalmente omnívoros. Así mismo, su diversidad social es notable con algunas especies siendo principalmente monógamas, otras con sociedades de crianza cooperativa, grupos de tipo “harem” de un macho y múltiples hembras, e incluso grupos de muchos machos y muchas hembras que oscilan entre los 5 y los 200 individuos por grupo. A pesar de esta aparente plasticidad ecológica y social, los primates neotropicales son especies principalmente arbóreas que con muy pocas excepciones bajan al suelo de los bosques que habitan.

La poca flexibilidad que tienen los primates, con relación a otros mamíferos, para usar o habitar zonas deforestadas los hace un grupo supremamente sensible a las transformaciones de su hábitat natural. Varios estudios han mostrado que muchas especies de primates son los primeros en desaparecer en escenarios de fragmentación y destrucción de los bosques (ver Michalski & Peres 2005). Por ende, este grupo (como un todo) se ha utilizado como indicador de las primeras etapas de disminución de conectividad funcional durante los procesos de pérdida de cobertura de ecosistemas tropicales. Las implicaciones de la discontinuidad reproductiva y, en consecuencia, genética de las poblaciones de primates tiene repercusiones directas sobre la dinámica de estos bosques y sobre el mantenimiento de su diversidad en el mediano y largo plazo (Link & Di Fiore 2006). Muchos de los primates neotropicales son eficientes dispersores de semillas, ya que dispersan una gran cantidad de semillas de una amplia diversidad de árboles, arbustos y lianas, y esta razón son actores claves en los procesos de regeneración y reclutamiento de nuevas generaciones de plantas.

Cómo se mencionó anteriormente, la diversa radiación de primates en Centroamérica y Suramérica incluye especies diminutas como las “marmosetas pigmeas” (*Cebuella pygmea*), conocidas comúnmente como “monos de bolsillo”, que pesan menos de 0.1 kg y habitan (al menos temporalmente) en unos pocos árboles, de los cuales se alimentan de sus exudados, que pueden estar en menos de 1 hectárea. En el otro extremo hay primates del nuevo mundo cómo los monos araña (*Ateles belzebuth*), que pueden pesar más de 10 kg y cuyos grupos sociales pueden ocupar más de 600 hectáreas de bosque. Así mismo, hay primates que tienen estrategias de “minimizadores de gasto energético”, como los monos aulladores (*Alouatta spp*.), que se alimentan principalmente de hojas y, en consecuencia, se mueven muy poco y descansan largos periodos para fermentar y procesar las hojas que consumen (Strier 1992). En este sentido, son especies que tienden a tener movimientos diarios relativamente cortos (aprox. 500 - 1000 m). Contrariamente, hay especies que son “maximizadores de obtención de energía”, como los monos araña (*Ateles spp*.), que diariamente recorren grandes distancias (3 - 4 km) y se alimentan frecuentemente de frutos maduros que procesan rápidamente (Di Fiore *et al.* 2011). En conclusión, aunque sin lugar a dudas los primates son uno de los grupos más sensibles (y por ende buenos indicadores) a la fragmentación y pérdida de hábitat, lo que permite usarlos como objetos focales de análisis en estudios de conectividad funcional, existe una gran variabilidad en la biología, ecología y comportamiento de sus especies.

Base de información utilizada

Para el presente estudio se utilizó la clasificación taxonómica acordada por el *Primate Specialist Group* (PSG) de la IUCN (enero 2015, aun no publicada oficialmente), que hace un recuento de la lista de familias, géneros, especies y subespecies aceptadas según el criterio y conocimiento de 27 expertos en primatología neotropical, y basado en la extensa literatura sobre primates neotropicales publicada en las últimas décadas. Adicionalmente, la identificación de las especies presentes en el departamento de Caquetá y su distribución geográfica se basó en Defler (2003).

Estado de conocimiento de las especies

Aunque en el Neo trópico hay más de 200 especies de primates, no se han realizado estudios detallados sobre cada una y, en términos generales, se asume que la biología y ecología de las especies agrupadas en cada género tiende a ser relativamente similar. Hoy en día se posee un buen entendimiento de los requerimientos básicos de cada uno de los géneros de primates neotropicales, y de sus estrategias ecológicas y comportamentales. En consecuencia, el conocimiento general sobre la biología de los primates que habitan en el Caquetá (14 especies, Anexo 2) es adecuado para analizar sus posibles respuestas ante los cambios en la estructura de sus hábitats naturales y

utilizarlos como “especies *proxi*” para evaluar su flujo o capacidad de movimiento en escenarios específicos de conectividad.

Distribución de la riqueza de especies

La información sobre la distribución de las especies de primates en la Amazonía es relativamente precisa. Debido a su gran extensión y a la dificultad logística de evaluar la presencia de cada especie, las distribuciones geográficas de las especies de primates se han establecido a partir de los registros históricos y recientes de cada especie y el criterio de expertos que los extrapolan en las diferentes cuencas hidrográficas (donde no hay barreras evidentes para su dispersión como ríos (ver Wallace 1852), o a lo largo de gradientes climáticos o altitudinales. Con base en el estado de conocimiento actual de los primates en el Neo trópico, la riqueza de especies en un área determinada oscila entre 0 y 16 especies aproximadamente, siendo las zonas con mayor riqueza las ubicadas en la Amazonía occidental (Figura 70). En términos generales, se acepta que existe una correlación positiva entre la diversidad de primates y la cercanía al trópico; además, desde una perspectiva geográfica detallada, también en la Amazonía se presenta un gradiente de mayor diversidad hacia el piedemonte, probablemente dado por sus suelos más ricos en nutrientes y su mayor variación ecológica (p.e. gradiente altitudinal, convergencia de ecosistemas, entre otros).

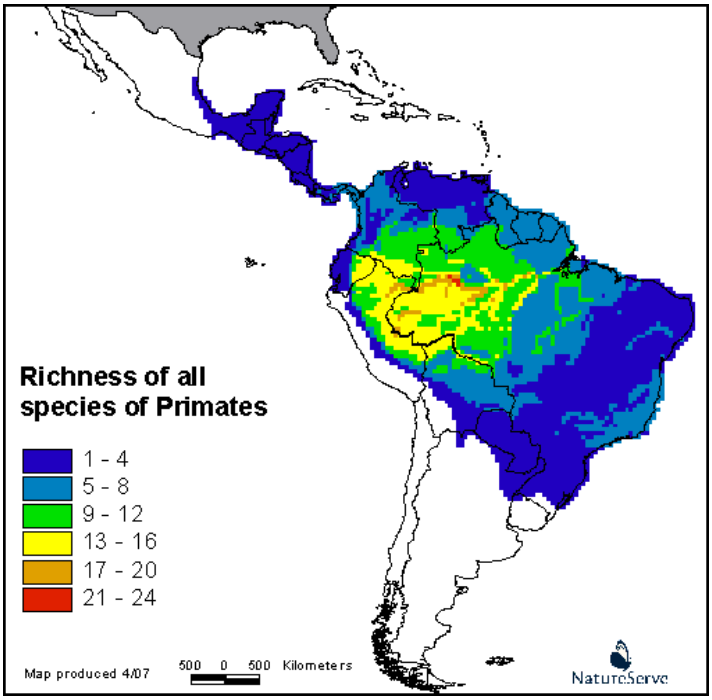


Figura 70. Riqueza de especies de primates en el Neotrópico (Tomado de: http://infonatura.natureserve.org/maps_groups_not_limited/Lmap_Primates_groups_not_limited.htm.en

Anexo 4. Información complementaria de áreas que constituyen tanto la base legal de protección, conservación y manejo sostenible declarada, o en proceso de declaración.

Sabanas del Yarí

Existe una propuesta de convertir esta área en un Parque Natural Regional. Es un ecosistema isla, llamado así por su condición azonal. Se trata de una extensión de 364 mil hectáreas aproximadamente, caracterizada por sabanas naturales intervenidas y manejadas por las comunidades campesinas e indígenas. Están localizadas al sur de la serranía de la Macarena e inmersas en el ecosistema regional de selva amazónica (Espinosa et al. 2012).

PNN Churumbelos Auka Wasi

Fue creado mediante Resolución No. 1311 de 2007 con un área total de 97,189 ha distribuidas en 4 departamentos y 6 municipios (en el departamento del Caquetá, el municipio de San José de Fragua posee 1.5 % del parque) Contribuye a la conservación de los ecosistemas de las provincias Norandina y Amazónica que se encuentran en el parque, manteniendo la conectividad andina de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental.

Las 1500 ha que corresponden al municipio de San José de Fragua corresponden a la zona intangible Fragua Grande. Según el decreto 622 de 1977, esta zona corresponde a una “zona en la cual el ambiente ha de mantenerse ajeno a la más mínima alteración humana, a fin de que las condiciones naturales se conserven a perpetuidad”.

Contribuye a la conservación principalmente de la cuenca alta del río Caquetá, favoreciendo la regulación hídrica y climática.

Contribuye a la conservación de los valores naturales haciendo posible la permanencia del patrimonio material e inmaterial tradicional de las comunidades locales.

PNN Cordillera de Los Picachos

Fue creado mediante Acuerdo No. 0018 del 2 de mayo de 1977, modificado por el Acuerdo No. 0068 del 8 de Octubre de 1987 y aprobado mediante Resolución Ejecutiva No. 048 del 16 de Marzo de 1988, con un área aproximada de 288,762 ha, distribuidas en los departamentos del Meta, Huila y Caquetá (San Vicente del Caguán con 28.7% del parque). Mediante la Resolución No. 038 del 26 de enero de 2007, se adoptó una zonificación y régimen de usos del suelo. Presenta los ecosistemas de paramo húmedo, que constituyen una muestra única de su distribución sur en la cordillera oriental.

Presenta los Ecosistemas de bosque andino del Piedemonte Amazónico y bosque húmedo tropical que son el hábitat de especies en riesgo de extinción.

Contribuye a la conservación de las cuencas altas de los ríos Guayabero y Pato, y por ende a garantizar la prestación de servicios ambientales de la región Guayabero y pato Balsillas.

PNN Chiribiquete

Fue creado mediante Acuerdo No. 0045 del 21 de septiembre de 1989 y aprobado mediante Resolución No. 120 de 1989. Inicialmente registraba una área aproximada de 1’312,304 ha, pero fue ampliada mediante Resolución No. 1038 del 21 de agosto de 2013 en 1’483,398 ha con una extensión total de 2’795,702 ha. El área para el Caquetá es de 2’373,041 ha distribuidas en los municipios de Solano (73.7 %), Cartagena del Chairá (10.9%), y San Vicente del Caguán (0.3%).

Permite la continuación de los procesos evolutivos y del flujo genético del extremo occidental de la provincia Biogeográfica de la Guyana.

Es fuente de bienes y servicios ambientales, esenciales para el desarrollo humano sostenible de la región.

La permanencia de sus espacios naturales y manifestaciones arqueológicas como fundamento de la cosmovisión indígena amazónica colombiana.

PNN La Paya

Fue declarado mediante el Acuerdo 015 del 25 de abril de 1984, y aprobado mediante la Resolución ejecutiva No. 160 del 24 de agosto de 1984. Esta área protegida cuenta complejo de humedales de 3000 ha de extensión, dentro de sus 422,000 ha principalmente de bosque húmedo tropical (UAESPNN 2015).

PNN Alto Fragua Indi Wasi

Fue creado mediante la Resolución No. 0198 del 25 de febrero de 2002, con un área de 75,815 ha distribuidas en los municipios de San José del Fragua (77.2%) y Belén de los Andaquíes (22.8%). Promueve la conservación de los recursos biológicos y culturales del área y su zona de influencia, a través de la generación de un conjunto de actores locales y regionales y propuestas de ordenamiento territorial.

Permitiría la construcción de un Régimen Especial de manejo con el resguardo Páez de la Esperanza para el territorio traslapado.

PNN Cueva de los Guacharos

Fue creado mediante el Decreto 2631 del 9 de Noviembre de 1960, ampliado mediante el Acuerdo No. 0030 del 16 de Septiembre de 1975, con un área aproximada de 9,000 ha. En 1980 fue declarado por la UNESCO como Reserva de la Biosfera. El 15.6 % del parque se encuentra en el municipio de San José del Fragua en Caquetá. Mediante la Resolución Ejecutiva No. 058 del 26 de enero de 2007 se adoptó el Plan de Manejo del parque, elaborado en el año 2005 por la UAESPNN.

Favorece la conservación del Guácharo (Steatornis sp) ya que protege la cuevas formadas por el rio Suaza, como sitios de reproducción de esta especie.

Protege muestras de los orobiomas de bosque subandino, bosque andino y páramo de la cordillera Oriental y de la Fauna y Flora asociada en un sector al sur de la confluencia Andino Amazónica.

Conserva las parte altas de las cuencas de los ríos Suaza y Fragua Grande en el área núcleo, permitiendo la regulación de la oferta del recurso hídrico en la zona de influencia del parque.

Conserva las cuevas de formaciones calcáreas y los escenarios paisajísticos existentes en la cuenca alta del rio Suaza.

Distrito de conservación de aguas y suelos

Fue creado mediante el Acuerdo INDERENA No. 020 del 29 de Septiembre de 1974, a partir de sustracción de la Reserva Forestal de la Ley Segunda Amazonia Tiene un área aproximada de 290,818 ha, distribuidas en 9 municipios del Caquetá Es una estrategia de Conservación in situ (Decreto 2372 de 2010), cuyo objetivo de conservación está determinado por la norma de creación orientado al manejo especial para la conservación de las aguas y suelos de los municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico, El Doncello, El Paujil, la Montañita, Florencia, Morelia, Belén de los Andaquíes y San José de Fragua. Tiene un área de 41,565.3.

Áreas priorizadas dentro del POMCA río Hacha

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0339 del 04 de mayo de 2007. Se encuentra en su totalidad dentro del municipio de Florencia y sus alrededores. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de Florencia. La cuenca hidrográfica del Rio Hacha tiene un área de 49,018 ha. Desempeña la función estratégica de abastecer de agua a la ciudad de

Florencia y sus alrededores. El 89% de su territorio se encuentra en la cordillera oriental y el 11% restante a la altiplanicie amazónica. Su rango altitudinal va de 240 a 2,575 msnm.

Hace parte de dos importantes áreas protegidas a nivel nacional y regional tales como la Reserva Forestal de la ley segunda Amazonia y el Distrito de Conservación de aguas y Suelos del Caquetá, además de contener una zona especial de protección declarada a nivel municipal como Zona de Protección Ambiental del Sector Nororiental de la Ciudad de Florencia. Su colector principal es el Rio Hacha, el cual nace en la Reserva Forestal cerca del límite con el Huila.

Áreas priorizadas dentro del POMCA de la quebrada La Resaca

POMCA Formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0443 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de Belén de los Andaquíes. La cuenca hidrográfica de la Quebrada La Resaca tiene un área de 376 ha y se encuentra en el municipio de Belén de los Andaquíes. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es la Quebrada la Resaca con una longitud de 3,6 km, sobre un rango altitudinal entre los 280 y 750 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA del río Doncello

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0445 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de Doncello. La cuenca hidrográfica del Rio Doncello tiene un área de 7,108 ha y se localiza en el municipio de Doncello. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es el Rio Doncello, con una longitud de 34.2 km, sobre un rango altitudinal entre 220 y 1,400 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA de la quebrada La Boruga

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0440 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de El Paujil. La cuenca hidrográfica de la Quebrada La Borugo tiene un área de 2,239 ha y se localiza en el municipio del Paujil. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal

es la Quebrada la Boruga, con una longitud de 16.3 km, sobre un rango altitudinal entre 260 y 1,250 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA Quebrada las Margaritas

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0441 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de La montañita. La cuenca hidrográfica de la Quebrada Las Margaritas tiene un área de 919 ha y se localiza en el municipio de La Montañita. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es la Quebrada las margaritas, con una longitud de 11.45 km, sobre un rango altitudinal entre 225 y 1,025 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA de la quebrada Las Damas

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0444 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de Puerto Rico. La cuenca hidrográfica de la Quebrada Las Damas tiene un área de 3,453 ha y se localiza en el municipio de Puerto Rico. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es la Quebrada las Damas, con una longitud de 1609 km, sobre un rango altitudinal entre 225 y 1,975 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA de la quebrada El Arenoso

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0442 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de San Vicente del Caguán. La cuenca hidrográfica de la Quebrada El Arenoso tiene un área de 7,314 ha y se localiza en el municipio de San Vicente del Caguán. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es la Quebrada El Arenoso, con una longitud de 34.5 km, sobre un rango altitudinal entre 220 y 850 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA del río Solita

POMCA formulado en el marco del Decreto 1729 de 2002. Adoptado mediante Resolución No. 0446 del 30 de abril de 2010. Se adoptó la zonificación ambiental en el marco del decreto 1729 de 2002, incluyendo las áreas identificadas como de amenaza y riesgo, junto al componente programático, constituyen Determinante Ambiental para el ordenamiento Territorial del Municipio de Solita. La cuenca hidrográfica del Rio Solita tiene un área de 38,831 ha y se localiza en el municipio del Paujil. Cumple la importante función estratégica de abastecer el acueducto municipal. Su colector principal es la Quebrada la Boruga, con una longitud de 61.3 km, sobre un rango altitudinal entre 210 y 295 msnm.

Áreas priorizadas dentro del POMCA del río Fraguachorroso

POMCA que se encuentra en proceso de aprobación. La cuenca hidrográfica del Rio Fraguachorroso tiene un área de 88,973 ha y se localiza en Albania, San José del Fragua y Valparaíso.

Áreas priorizadas dentro del POMCA del rio Bodoquero

POMCA que se encuentra en proceso de aprobación. La cuenca hidrográfica del Rio Bodoquero tiene un área de 101,700 ha y se localiza en Florencia, Morelia, Belén de los Andaquíes y Milán.

Reserva Natural Campesina "Pato Balsillas"

Se adoptó mediante la Resolución 0055-Dic-18-1997. Se encuentra activa y cuenta con una extensión de 88,000 ha. Es un espacio creado para solucionar conflictos de uso del suelo mediante planes y tecnologías para un aprovechamiento racional de los recursos naturales. También busca impulsar empresas campesinas de economía solidaria para el aprovechamiento forestal.

Parque Natural Regional Cerro Paramo de Miraflores

Según la Ordenanza No. 015 del 19 de Mayo de 2011 de la asamblea Departamental del Caquetá, se declaró como "Parque Natural Regional Cerro Paramo de Miraflores" en jurisdicción de los municipios de Florencia, La montañita, El Paujil, El Doncello y Puerto Rico. Tiene un área total de 56,004 ha, de las cuales 18,414 ha corresponden al Caquetá y el resto al Huila. Es susceptible de incluirse en los planes de Ordenamiento Territorial Municipal , dentro de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, subcategoría de áreas de especial importancia ecosistémica con fundamento en lo establecido en el artículo 4 numeral 1.4 del Decreto 3600 de 2007. Constituye un ecosistema estratégico por su gran potencial en la regulación y almacenamiento de agua. Está conformado principalmente por las micro-cuencas de los ríos Bravo, Anaya y Méndez, los cuales tributan en los ríos Orteguaza, Guayas, Caguán y Caquetá respectivamente.

Parque Municipal Natural Andaki

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 024 de 2009. Existe una propuesta de convertir esta área en un Parque Natural Regional. Tiene un área de 26,754.8 ha

Parque Municipal Natural Termales de la Quisaya

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 005 de 1999 Tiene un área de 370 ha

Parque Municipal Natural La Resaca

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 003 de 1995 Tiene un área de 511.5 ha

Parque Municipal Natural Batana

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 023 de 2009 Tiene un área de 20 ha

Parque Municipal Natural Portal la Mono

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 023 de 2009 Tiene un área de 20 ha

Parque Municipal Natural Aguadulce

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 023 de 2009 Tiene un área de 87.1 ha

Parque Municipal Natural Mauritia

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 010 de 1997 Tiene un área de 525. Ha

Parque Municipal Natural La Danta

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 026 de 2009 Tiene un área de 29.8 ha

Parque Municipal Natural Las Lajas

Creado a partir del Acuerdo Municipal No. 016 de 1997 Tiene un área de 53.6 ha

Reserva Forestal de la ley segunda de 1959 en la Amazonia

Creada mediante la ley 2 del 16 de Diciembre de 1959, junto a otras 6 áreas como Reserva Forestal con carácter de “Zonas Forestales Protectoras” y Bosques de Interés General” (Artículo 1, ley 2 de 1959) con un área para el Caquetá de 6’456,392 ha distribuidas en 12 municipios. La zonificación y ordenamiento territorial de la Reserva Forestal de la ley segunda de 1959 Amazonia para el Departamento del Caquetá, fue adoptada mediante Resolución No. 1925 del 30 de diciembre de 2013. Son espacios geográficos que por la riqueza de sus formaciones vegetales y la importancia estratégica

de sus servicios ambientales, fueron delimitadas y declaradas con carácter de “Zonas Forestales Protectoras” y “Bosques de Interés General”. En Caquetá de las 6’456,392 ha que la componen, el 36.6% se encuentra en el municipio de San Vicente del Caguán, el 5.6% en puerto Rico, el 1.1% en El Doncello, el 0.9% en El Paujil, el 0.4% en la montañita, el 0.4% en Milán, el 3.7% en Florencia, el0.8 en la Solita, el 0.6 en Belén de los Andaquíes, el 36.4% en Solano y el 12.9% en Cartagena del Chaira.