

PROPUESTA INTEGRAL ANTE LA EMERGENCIA ECOLÓGICA DE BARICHARA Y VILLANUEVA

Bases Técnicas, Jurídicas y Estratégicas para la Revisión del Esquema de Ordenamiento Territorial

Autor: Juan M. Gómez G.

Institución: Fundación Eonaria

Lugar: Barichara, Santander, Colombia

Fecha: Julio de 2026

Versión: 3.0 — Documento integral para presentación ante el Comité Comunitario del EOT, el Concejo Municipal y la Alcaldía de Barichara y Villanueva

© 2026 Fundación Eonaria. Todos los derechos reservados.

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización escrita del autor.

RESUMEN EJECUTIVO

Los municipios de Barichara y Villanueva (Santander, Colombia) atraviesan una **emergencia ecológica de carácter sistémico** que amenaza de forma irreversible su base natural, su seguridad hídrica y la sostenibilidad de sus actividades económicas y culturales. El presente documento integra los resultados de **diez análisis cartográficos de alta precisión** —ejecutados entre 2025 y 2026 sobre la base del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC-IDEAM), el catastro rural del IGAC, el sensor SAR ALOS PALSAR de 12,5 m (JAXA), la zonificación ambiental determinante del POMCA Río Suárez (CAS) y el modelo de valoración de servicios ecosistémicos InVEST (Natural Capital Project) — para construir un diagnóstico territorial integral. Incorpora, además, el análisis comparativo crítico de los insumos generados por la **Fundación Barichara Regenerativa** a través de su proceso participativo multiactor y el Foro Ciudadano sobre el EOT, así como las estrategias operativas de Justicia Socioambiental y la ruta completa de implementación de los Pagos por Servicios Ambientales (PSA) desarrollados por Eonaria.

Los hallazgos centrales se resumen en cinco dimensiones críticas: (1) pérdida y fragmentación acelerada del bosque seco tropical, con 15,7 ha netas perdidas en Barichara entre 2012 y 2024 y un pico de deforestación de 11,6 ha entre 2021 y 2024 coincidente con el boom inmobiliario post-pandemia; (2) colapso de la infraestructura hídrica natural, con un déficit de bosque protector del **85,6% en las 970,2 ha de rondas de drenajes permanentes** (30m) y del **95,6% en las 2.818,0 ha de fajas de drenajes intermitentes** (30m obligación predial), para un déficit consolidado disuelto del **93,3% en 3.705,5 ha** de zonas de protección hídrica, en violación directa del Decreto 2811/1974 y Decreto 1076/2015 (Art. 2.2.1.1.18.2); (3) erosión hídrica crítica en el 53% del territorio, con tasas de pérdida de suelo entre 60 y 235 veces superiores a la capacidad de regeneración natural; (4) presión urbanística estructural por micro-loteo rural en el 82% del área, con 7 de 31 veredas en estado Crítico; y (5) pérdida de servicios ecosistémicos por valor de USD 6,2 millones anuales y un stock de carbono de 1.180.983 tC que no son reconocidos en el proceso de ordenamiento territorial.

Frente a esta evidencia, la propuesta articula una **estrategia de blindaje jurídico, restauración territorial y justicia socioambiental** en cuatro ejes: (i) declaratoria formal de Emergencia Ecológica; (ii) incorporación integral de todos los determinantes ambientales al EOT revisado; (iii) implementación de PSA, Transferencia de Derechos de Construcción (TDC) y esquemas REDD+; y (iv) adopción de un régimen de Justicia Socioambiental que distribuya equitativamente las cargas y beneficios de la conservación, priorizando a las comunidades campesinas como primeras beneficiarias.

TABLA DE CONTENIDO

1. Marco Conceptual y Epistemológico
2. Marco Normativo
3. Antecedentes: El Proceso Participativo Multiactor y la Evaluación Crítica de Propuestas
4. Metodología General
5. Resultados: Diagnóstico Territorial Integrado
 - o 5.1 Mapa 01 — Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural
 - o 5.2 Mapa 02 — Cambio de Cobertura Boscosa 2012–2024
 - o 5.3 Mapa 03 — Déficit de Rondas Hídricas (Franja 30 m)
 - o 5.4 Mapa 04 — Vulnerabilidad Hídrica (IVH)
 - o 5.5 Mapa 05 — Zonas de Amenaza por Erosión (SRTM 30 m)

- o 5.6 Mapa 06 — Condición de Amenaza por Erosión (ALOS 12,5 m)
 - o 5.7 Mapa 07 — Zonificación Ambiental Determinante POMCA Río Suárez
 - o 5.8 Mapa 08 — Conectividad Ecológica
 - o 5.9 Mapa 09 — Pérdida de Suelo RUSLE 12,5 m
 - o 5.10 Mapa 10 — Serie Histórica de Deforestación 2012–2024
6. Análisis InVEST: Valoración de Servicios Ecosistémicos
 7. Cruce Catastral de Amenaza de Erosión
 8. Síntesis del Diagnóstico: Indicadores Maestros
 9. Propuesta Estratégica
 - o 9.1 Eje 1 — Declaratoria de Emergencia Ecológica
 - o 9.2 Eje 2 — Instrumentos de Ordenamiento Territorial
 - o 9.3 Eje 3 — Financiación: PSA, TDC y REDD+
 - o 9.4 Eje 4 — Justicia Socioambiental
 10. Conclusiones
 11. Referencias
 12. Anexos
-

1. MARCO CONCEPTUAL Y EPISTEMOLÓGICO

1.1 El Territorio como Sistema Socioecológico

El presente trabajo adopta el paradigma de los **Sistemas Socioecológicos (SSE)** desarrollado por Elinor Ostrom (2009) y el marco teórico de la **Ecología del Paisaje** (Forman y Godron, 1986; Turner, 1989) como lentes analíticos para comprender la crisis territorial de Barichara y Villanueva. Desde esta perspectiva, el territorio no es un simple espacio geográfico susceptible de ser lotificado y vendido por metros cuadrados, sino un sistema complejo en el que los procesos ecológicos —ciclo del agua, formación de suelo, flujo de energía y biodiversidad— y los procesos sociales: sistemas de tenencia, normas de uso, economías rurales y cultura— se coproducen de manera indisociable. La degradación de uno de estos subsistemas retroalimenta y acelera la degradación del otro: cuando se deforesta una ronda hídrica para construir una cabaña de alquiler, no solo se pierde cobertura vegetal, sino que se rompe el contrato social tácito mediante el cual los usuarios aguas abajo dependían de esa cobertura para su acceso al agua.

Esta perspectiva sistémica tiene una implicación metodológica y política fundamental: no es posible resolver la crisis ecológica de Barichara y Villanueva

mediante intervenciones sectoriales aisladas —una campaña de siembra de árboles aquí, un decreto de prohibición allá— sin atacar simultáneamente las fuerzas estructurales que la producen. El micro-loteo campestre, que aparece en los mapas como un fenómeno urbanístico, es en realidad la expresión territorial de una economía política particular: la de la especulación inmobiliaria rural subsidiada por la omisión regulatoria del Estado municipal. Comprenderlo como tal es el primer paso para diseñar respuestas que vayan a la raíz del problema. La fragmentación del paisaje por micro-loteo rural documentada en este diagnóstico no es simplemente un problema de densidad urbanística: es la destrucción de la **Estructura Ecológica Principal (EEP)**, entendida como la red de espacios naturales interconectados que sostiene la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los cuales depende la vida humana en el territorio (Van der Hammen y Andrade, 2003).

1.2 La Paradoja del Turismo Sostenible como Vector de Degradación

Una de las tensiones más significativas que revela este diagnóstico (y que exige un tratamiento conceptual explícito) es la que existe entre la imagen internacional de Barichara como referente de turismo sostenible y patrimonio cultural, y la evidencia empírica que demuestra que la llegada de capitales turísticos e inmobiliarios ha sido el principal vector de deforestación y degradación ecológica en el período analizado. Esta paradoja no es una anomalía local: responde a un patrón bien documentado en la literatura de ecología política del turismo (Honey, 2008; Stroma et al., 2019), según el cual los destinos turísticos de naturaleza atraen precisamente a quienes buscan apropiarse de la renta paisajística sin asumir los costos de reproducir las condiciones ecológicas que generan esa renta.

El concepto de **acumulación por desposesión** (Harvey, 2003) resulta útil aquí: el promotor inmobiliario que adquiere una finca en Barichara, la subdivide en parcelas de 1–2 ha y las comercializa como “parcelaciones campestres con vista al cañón” está, en términos ecológicos, privatizando un bien público —la regulación hídrica, la estabilidad de las laderas, el paisaje del bosque seco— mientras que los costos de su degradación se socializan sobre las comunidades campesinas que pierden acceso al agua, sobre los municipios que deben costear la gestión de riesgos y sobre las generaciones futuras que heredarán suelos erosionados. El EOT, en tanto instrumento jurídico del Estado municipal, tiene la obligación constitucional (Arts. 79–80, CP) de corregir esta asimetría.

1.3 Enfoque de Capacidades y Justicia Socioambiental

El análisis técnico se complementa con el **Enfoque de Capacidades** (Nussbaum, 2011; Sen, 2000) como marco normativo de la justicia socioambiental. La degradación ecológica documentada no es neutral: sus costos recaen de manera desproporcionada sobre las comunidades rurales más vulnerables —campesinos, mujeres jefas de hogar, comunidades con acueductos veredales— que dependen directamente de la funcionalidad de los ecosistemas para sostener sus capacidades básicas. Un campesino de la vereda Guanentá cuyo acueducto veredal se seca en los meses de enero y febrero porque las rondas de su quebrada fueron deforestadas para construir cabañas de alquiler no está experimentando un problema ambiental abstracto: está experimentando una vulneración concreta y medible de su capacidad de acceso al agua, de su integridad física y de su control sobre el entorno material del que depende su subsistencia.

Las capacidades centrales directamente amenazadas por la crisis ecológica documentada son: la **vida y la salud física**, por la contaminación de fuentes de agua y el riesgo de remoción en masa en laderas deforestadas; la **integridad corporal**, por la exposición a desastres naturales en asentamientos construidos en laderas de alta pendiente sin estudios geotécnicos previos; el **control sobre el entorno material**, por la pérdida de suelos productivos y la inseguridad hídrica que destruye la base de la economía campesina; y la **relación con otras especies**, por la destrucción de la biodiversidad del bosque seco tropical que constituye el patrimonio ecológico más singular de este territorio. Estas vulneraciones no son accidentes del proceso de desarrollo: son consecuencias previsibles y predecibles de un modelo de ordenamiento territorial que ha priorizado la renta inmobiliaria sobre la sostenibilidad ecológica y la equidad rural.

1.4 Economía Ecológica y Servicios Ecosistémicos

El diagnóstico utiliza el enfoque de la **economía ecológica** (Costanza et al., 1997; Daily, 1997) para valorar los servicios ecosistémicos que el territorio presta y que están siendo destruidos sin reconocimiento ni compensación en los procesos de subdivisión y urbanización rural. Esta valoración no tiene como propósito reducir la naturaleza a una mercancía —un riesgo epistemológico real señalado por Norgaard (2010)— sino volver visible, en el lenguaje que los tomadores de decisión orientados a la economía comprenden, el costo real de la degradación. Cuando este documento afirma que el territorio presta servicios ecosistémicos por USD 6,2 millones anuales, está diciendo que esa es la factura que la sociedad paga —en infraestructura de agua destruida, en suelos agrícolas perdidos, en

costos de gestión del riesgo de desastres— cada año que transcurre sin ordenamiento territorial efectivo.

La valoración económica cumple también una función estratégica fundamental en el proceso de negociación del EOT: permite transformar la conservación de un “costo ambiental” que el municipio debe asumir en un “activo financiero” que el municipio puede monetizar. El stock de carbono de 1.180.983 tC valorado en USD 17,7 millones a precios del mercado voluntario REDD+ es mayor que el presupuesto municipal anual de ambos municipios combinados. Este dato transforma la pregunta de “¿cómo pagamos la conservación?” en “¿cómo capturamos el valor que la conservación ya tiene?”.

2. MARCO NORMATIVO

2.1 Jerarquía de Instrumentos de Planificación

Constitución Política (Art. 79, 80, 95 núm. 8, 313, 334)

|

▼

Ley 99/1993 (SINA) — Ley 388/1997 (POT/EOT)

|

▼

POMCA Río Suárez (Determinante Ambiental — CAS) [SUPERIOR]

|

▼

EOT Municipal (Barichara / Villanueva) [SUBORDINADO]

|

▼

Planes Parciales / Licencias Urbanísticas

El POMCA del río Suárez es un determinante ambiental de superior jerarquía al EOT municipal. Cualquier norma del EOT que contradiga la zonificación del POMCA es inaplicable de pleno derecho (Ley 388/1997, Art. 10). Esta no es una afirmación abstracta: significa que las licencias de parcelación otorgadas en zonas clasificadas como Áreas de Protección o Restauración en el POMCA son potencialmente nulas de pleno derecho, y que los funcionarios municipales que las autorizaron pueden incurrir en responsabilidad fiscal y disciplinaria. La jerarquía normativa no es una formalidad técnica: es el mecanismo constitucional mediante el cual el Estado garantiza que los intereses ambientales de largo plazo prevalezcan sobre los intereses inmobiliarios de corto plazo.

Esta jerarquía cobra importancia práctica crucial porque establece que el municipio no necesita “inventar” nuevas normas para proteger su territorio: las normas ya existen y son vinculantes. Lo que ha fallado es la voluntad y la capacidad técnica para aplicarlas. El diagnóstico cartográfico de Eonaria tiene como propósito fundamental subsanar el déficit técnico: proveer los polígonos, las coordenadas y las métricas que le permiten al municipio y a la CAS hacer valer el marco normativo vigente con precisión predial.

2.2 Tabla de Normas Aplicables

Norma	Artículo	Implicación para el EOT
Constitución Política	Art. 79	Derecho a un ambiente sano; deber estatal de proteger la diversidad e integridad del ambiente
Constitución Política	Art. 80	Planificación del manejo de RRNN para garantizar desarrollo sostenible
Ley 99/1993	Art. 111 (mod. Ley 1955/2019)	Municipios deben dedicar el 1% ICLD a adquisición de áreas de importancia hídrica o PSA
Ley 99/1993	Art. 65	Licencias rurales requieren concepto previo favorable de la CAS
Decreto 2811/1974	Art. 83 lit. d	Rondas hídricas son bienes de uso público; prohíbe urbanización
Ley 388/1997	Art. 35	Rondas y recargas de acuíferos son suelo de protección de pleno derecho
Ley 388/1997	Art. 10	Determinantes ambientales (POMCA) son de obligatorio cumplimiento
Ley 388/1997	Arts. 73–90	Plusvalías urbanísticas obligatorias en cambios de uso del suelo
Decreto 1077/2015	Art. 2.2.6.1.2.1	Amenaza alta requiere estudios detallados previos; carga de prueba al urbanizador
Decreto 870/2017	General	Marco legal de los Pagos por Servicios Ambientales en Colombia
Decreto 1007/2018	Arts. 2.2.9.5.x	Regula el uso del 1% ICLD para PSA; ruta burocrática completa
Decreto 1640/2012	Art. 4	POMCA es instrumento de planificación superior del recurso hídrico

Norma	Artículo	Implicación para el EOT
Decreto 1076/2015	Art. 2.2.1.1.18	Restricciones a la intervención de bosques y ordenamiento forestal
Ley 1523/2012	General	Gestión del riesgo de desastres; obligatoriedad de zonificación de amenazas
Ley 2056/2020	Arts. 46–50	SGR financia proyectos de recuperación ambiental

2.3 Incompatibilidades Detectadas en el EOT Vigente

Con base en el diagnóstico cartográfico, se identifican cuatro incompatibilidades estructurales entre el EOT vigente y el marco normativo aplicable. La primera y más grave es que **el EOT no incorpora la zonificación del POMCA** como determinante ambiental vinculante, permitiendo usos agropecuarios e incluso urbanísticos en el 47,3% del territorio que el POMCA clasifica como Áreas de Protección o Restauración. Esta omisión no es técnica sino política: refleja la captura del proceso de ordenamiento por parte de intereses inmobiliarios que prefieren un EOT vago e incompleto a uno que delimite con precisión las zonas donde no se puede construir.

La segunda incompatibilidad es que **el EOT no restringe el micro-loteo** conforme al Decreto 1071/2015 (UAF mínima de 3,0 ha para Barichara según la UPRA), permitiendo la subdivisión de predios rurales en unidades menores que son económicamente inviables para la producción agropecuaria pero que sí son rentables para la especulación inmobiliaria. La tercera es que **el EOT no delimita las rondas hídricas** conforme al Decreto 2811/1974, dejando en manos de los propietarios privados la “decisión” de respetar o no bienes que son de uso público desde 1974. La cuarta es que **el EOT no integra el análisis de amenaza y riesgo** a escala predial exigido por la Ley 1523/2012, dejando sin restricción legal explícita a 1.356 predios rurales que el análisis de alta resolución de Eonaria identifica en condición de amenaza alta.

3. ANTECEDENTES: EL PROCESO PARTICIPATIVO MULTIACTOR Y LA EVALUACIÓN CRÍTICA DE PROPUESTAS

3.1 El Foro Ciudadano y el Trabajo de la Fundación Barichara Regenerativa

La presente propuesta de Eonaria no se genera en el vacío ni pretende ser la única voz técnica en el proceso de revisión del EOT. Durante los años 2024 y 2025, la **Fundación Barichara Regenerativa** lideró un proceso participativo multiactor que incluyó talleres veredales, cartografía social y un **Foro Ciudadano sobre el futuro del ordenamiento territorial** de Barichara, convocando a campesinos, comerciantes, artesanos, promotores turísticos, académicos y líderes comunitarios. Este proceso produjo un diagnóstico cualitativo del territorio (documentado en el Informe de Resultados del Foro) de extraordinario valor para la comprensión de la crisis territorial desde la perspectiva de quienes la viven en primera persona.

Los resultados del Foro Ciudadano de Barichara Regenerativa confirman y complementan el diagnóstico cuantitativo de Eonaria en aspectos que ningún satélite puede capturar: el malestar profundo de las comunidades campesinas frente a la especulación inmobiliaria, la percepción generalizada de que el municipio ha perdido el control de su propio territorio, la preocupación por el acceso al agua en los meses secos, y la demanda de un modelo de turismo que beneficie a los habitantes locales en lugar de desplazarlos. El foro también reveló tensiones importantes: entre los campesinos tradicionales que quieren conservar su modo de vida y los recién llegados que quieren lotificar y construir; entre la necesidad de actividad económica y la protección ambiental; entre la autonomía comunitaria y la regulación estatal. Estas tensiones son el material político sobre el que debe trabajar el EOT, y Eonaria las reconoce como parte constitutiva del proceso de ordenamiento.

3.2 Análisis Comparativo: Paradigmas Complementarios

El diagnóstico comparativo entre los enfoques de ambas fundaciones revela que parten de paradigmas metodológicos distintos que resultan ser profundamente complementarios. La **Fundación Eonaria** opera desde un paradigma técnico-normativo: su enfoque es geográfico y positivista, emplea “ciencia dura” —SIG de alta resolución, teledetección ALOS PALSAR a 12,5 m, modelamiento matemático RUSLE— para aterrizar la estricta jerarquía normativa ambiental colombiana. Su lenguaje es el polígono, el píxel, la tasa de deforestación y la restricción legal

vinculante. La **Fundación Barichara Regenerativa** opera desde un paradigma socio-ecológico: su enfoque es constructivista y participativo, se ancla en la Investigación-Acción Participativa (IAP) y la ecología política. Su lenguaje es el consenso social, el “sentipensar”, la transición cultural y la gobernanza comunitaria.

A pesar de la distancia metodológica, ambas propuestas convergen en un diagnóstico unánime: la capacidad de carga del territorio ha sido superada, el micro-loteo rural es el principal vector de degradación, el agua es el eje estructurante de cualquier decisión de ordenamiento, y el EOT vigente ha sido cómplice por omisión de la crisis. Esta convergencia es importante políticamente: demuestra que el diagnóstico de emergencia ecológica no es una posición ideológica de una sola organización, sino un consenso técnico y social construido desde metodologías independientes. Ningún actor político puede descartarlo como “alarmismo” de una sola fuente.

3.3 Evaluación Crítica de la Propuesta de Barichara Regenerativa

La propuesta de Barichara Regenerativa tiene fortalezas decisivas que Eonaria reconoce y valora explícitamente. Su mayor aporte es la **legitimidad política y viabilidad social** que otorga al proceso: un EOT diseñado desde un escritorio, sin participación comunitaria, nace muerto porque las comunidades no lo defienden cuando los actores con poder económico intentan burlarlo. El foro ciudadano construye la “licencia social” que hace sostenible la implementación de las restricciones. Adicionalmente, Barichara Regenerativa no se limita a prohibir (“no construyan”), sino que propone modelos alternativos de habitabilidad y arraigo: agroecología, turismo comunitario, economías del cuidado —alternativas que convierten la conservación en una oportunidad y no en un castigo.

Sin embargo, la propuesta de Barichara Regenerativa presenta falencias técnicas que Eonaria identifica con espíritu constructivo. La principal es su **carencia de “dientes” jurídicos** —lo que en el análisis comparativo hemos denominado “déficit paramétrico”: el EOT es el manual operativo para aprobar o negar licencias, y para cumplir esa función necesita parámetros precisos: Índices de Ocupación (IO), Índices de Construcción (IC), tamaños mínimos de lote y usos explícitos del suelo. La visión de “turismo subordinado a los límites del ecosistema” es correcta, pero el funcionario de planeación municipal necesita saber exactamente qué porcentaje del suelo puede ser impermeabilizado, cuántos metros cuadrados de construcción permite un predio de 5 ha, y qué tratamiento de aguas residuales es obligatorio. Sin esos parámetros, el EOT es un documento de intenciones, no una norma. La segunda falencia es la **insuficiencia**

cartográfica: la cartografía social identifica conflictos vividos, pero carece de validez legal frente a Curadurías, Notariado y Registro o el IGAC. Para negar una licencia en estrado judicial, se requieren coordenadas georreferenciadas y topografía de precisión, no croquis comunitarios.

3.4 Evaluación Crítica de la Propuesta de Eonaria

La autocrítica es condición de rigor intelectual. La propuesta técnica de Eonaria tiene una fortaleza inequívoca: el rigor geográfico de precisión topográfica y el blindaje jurídico de sus mapas, que traducen las restricciones normativas en polígonos inobjetables ante cualquier instancia judicial. Con el modelo ALOS PALSAR de 12,5 m, Eonaria resolvió la vulnerabilidad de los “falsos positivos” cartográficos y entregó un insumo cuya exactitud espacial supera en un factor de 5 a los modelos SRTM usados convencionalmente. Sin embargo, el enfoque restrictivo de Eonaria conlleva un riesgo de injusticia que debe ser explícitamente reconocido y corregido: al declarar 1.356 predios en “Condición de Amenaza”, la norma exige un Estudio Detallado de Riesgo (escala 1:5.000 por geotecnista matriculado) costado por el propietario antes de cualquier licencia. Un fondo de inversión inmobiliaria puede pagar 30 millones de pesos por ese estudio. Un campesino que necesita desglobar su predio para su hijo, no.

Esta asimetría —que en el análisis comparativo denominamos “el garrote sin la zanahoria”— puede convertir los mapas de riesgo de Eonaria en un instrumento que paradójicamente reserva la legalidad para el gran capital y empuja al pequeño campesino a la construcción informal. Por eso la propuesta estratégica de este documento incluye, de manera integral e inseparable, los instrumentos de justicia socioambiental —subsidiación de estudios de riesgo para campesinos vulnerables, PSA, TDC, exenciones prediales condicionadas— que convierten las restricciones ambientales en oportunidades económicas para quienes más las necesitan.

3.5 La Síntesis Necesaria: El EOT del Ordenamiento Regenerativo

La conclusión del análisis comparativo es que el municipio no debe elegir entre el modelo de Eonaria y el de Barichara Regenerativa, sino **hibridarlos** en el Documento Técnico de Soporte (DTS) del EOT. La arquitectura óptima de esa síntesis tiene tres componentes diferenciados pero articulados: primero, la **Estructura Ecológica Principal la define Eonaria** —los mapas de déficit hídrico, vulnerabilidad y condición de amenaza de erosión a 12,5 m se adoptan directamente como suelo de protección, sin negociación, porque responden a leyes físicas no a preferencias políticas; segundo, el **modelo de ocupación y usos**

lo propone **Barichara Regenerativa**, con la condición de que sus visiones se traduzcan en parámetros jurídicos precisos; tercero, la **brecha socioeconómica la cierran los instrumentos de gestión del suelo** (PSA, TDC, exenciones prediales, bancos de hábitat) que financian la conservación y la hacen justa.

Esta síntesis supone que el EOT exitoso de Barichara y Villanueva será aquel que utilice los polígonos de 12,5 m de Eonaria para trazar la línea roja infranqueable, y las asambleas ciudadanas de Barichara Regenerativa para decidir cómo prosperar dentro de esa frontera. No son enfoques rivales: son las dos mitades de un instrumento de ordenamiento completo.

4. METODOLOGÍA GENERAL

4.1 Plataforma Tecnológica

Herramienta	Versión	Uso principal
Python	3.11	Procesamiento, análisis y modelamiento
QGIS	3.34 LTR	Visualización y composición cartográfica
GeoPandas	0.14	Análisis vectorial
Rasterio / GDAL	1.3 / 3.7	Procesamiento raster
NumPy / SciPy	1.26 / 1.11	Álgebra matricial y estadística
Matplotlib	3.8	Visualización científica
NetworkX	3.2	Análisis de grafos (conectividad ecológica)
InVEST	3.14	Valoración de servicios ecosistémicos

4.2 Sistema de Referencia Cartográfico

- **Proyección de análisis:** MAGNA-SIRGAS Origen Nacional (EPSG:9377 / CTM12)
- **Proyección de publicación:** WGS 84 (EPSG:4326)
- **Datum:** MAGNA-SIRGAS | **Elipsoide:** GRS 1980

Todos los insumos raster fueron reproyectados al sistema CTM12 antes del análisis, garantizando la preservación de las medidas de área y la consistencia topológica de los cruces vectoriales. Las capas vectoriales publicadas en el visor 3DSIG de Eonaria se entregan en EPSG:4326 para compatibilidad con estándares web.

4.3 Fuentes de Datos Primarias

Fuente	Institución	Resolución/Escala	Año
Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC)	IDEAM	30 m/píxel	2012–2024
DEM ALOS PALSAR	JAXA	12,5 m/píxel	2011
SRTM	NASA/USGS	30 m/píxel	2000
Catastro Rural Multipropósito	IGAC	1:5.000 predial	2026
POMCA Río Suárez — Zonificación Ambiental	CAS	1:25.000	2023
Corine Land Cover (CLC) Colombia	IDEAM-IGAC	1:100.000	2022
Red Hidrográfica Nacional	IGAC	1:25.000	2024
Reservas	RUNAP-PNN	Variable	2024

Fuente	Institución	Resolución/Escala	Año
Naturales de la Sociedad Civil (RNSC)			

4.4 Control de Calidad y Validación

Cada análisis fue sometido a un protocolo de validación cruzada en cuatro pasos: (1) verificación de la consistencia topológica de las capas vectoriales (sin polígonos solapados, huecos o geometrías inválidas); (2) verificación de la proyección y alineación espacial con la capa de referencia municipal del IGAC; (3) validación estadística comparando los resultados con fuentes secundarias independientes (informes IDEAM, registros de la CAS, datos de la Alcaldía); e (4) inspección visual en QGIS con imágenes satelitales de alta resolución de Google Earth Engine (2024) para verificar que los polígonos cartografiados corresponden a condiciones reales del terreno. En los casos donde se detectaron discrepancias significativas entre el análisis automatizado y la inspección visual, se realizó un ajuste manual de los parámetros de clasificación.

La reproducibilidad es un principio metodológico central: todos los scripts de Python desarrollados para este diagnóstico están disponibles en el repositorio del proyecto y pueden ser ejecutados por cualquier equipo técnico con acceso a los datos de entrada, permitiendo la verificación independiente de los resultados.

5. RESULTADOS: DIAGNÓSTICO TERRITORIAL INTEGRADO

5.1 MAPA 01 — Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural

Figura 1. Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural

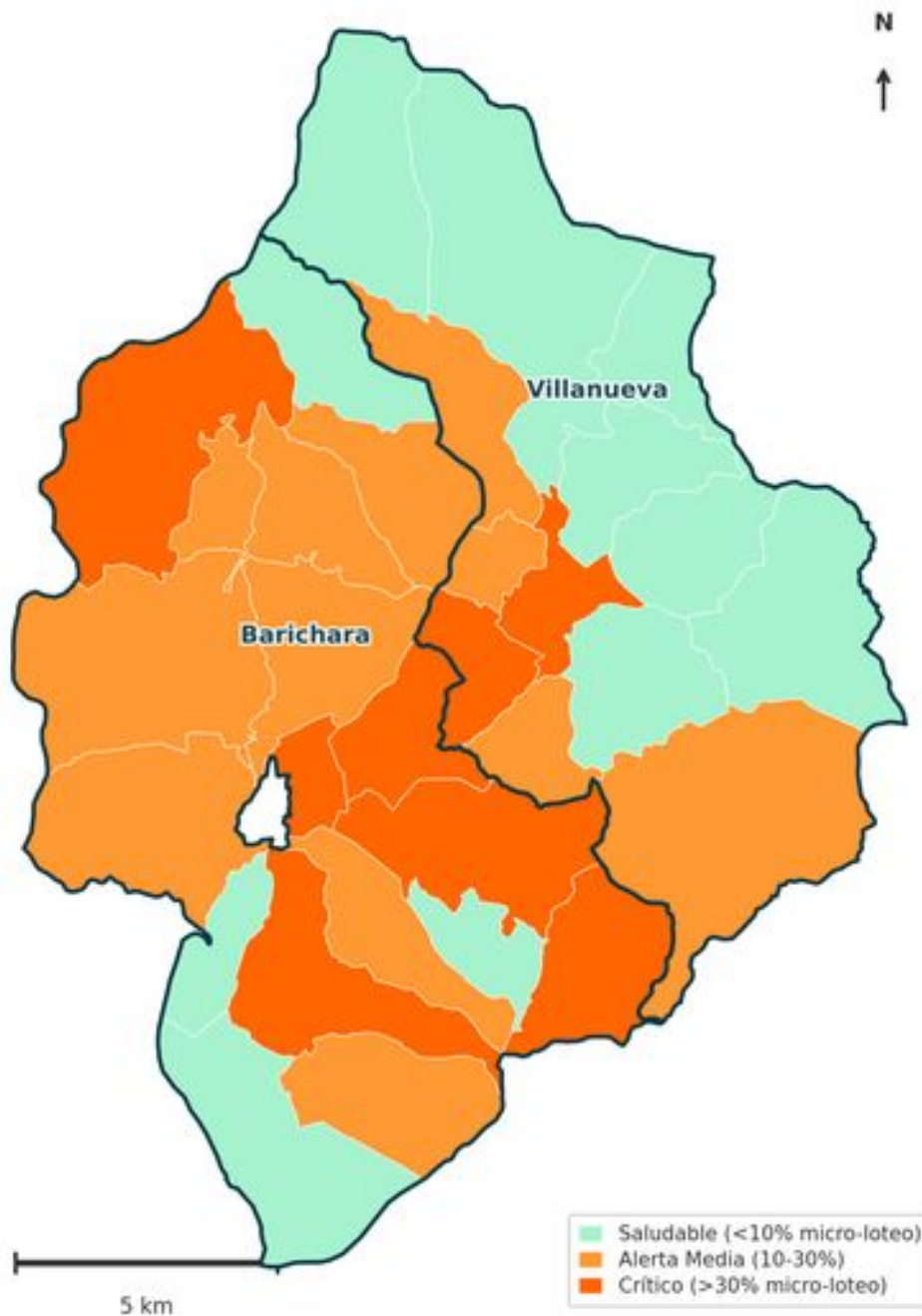


Figura:

Figura 1a. Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural (Esquema limpio)

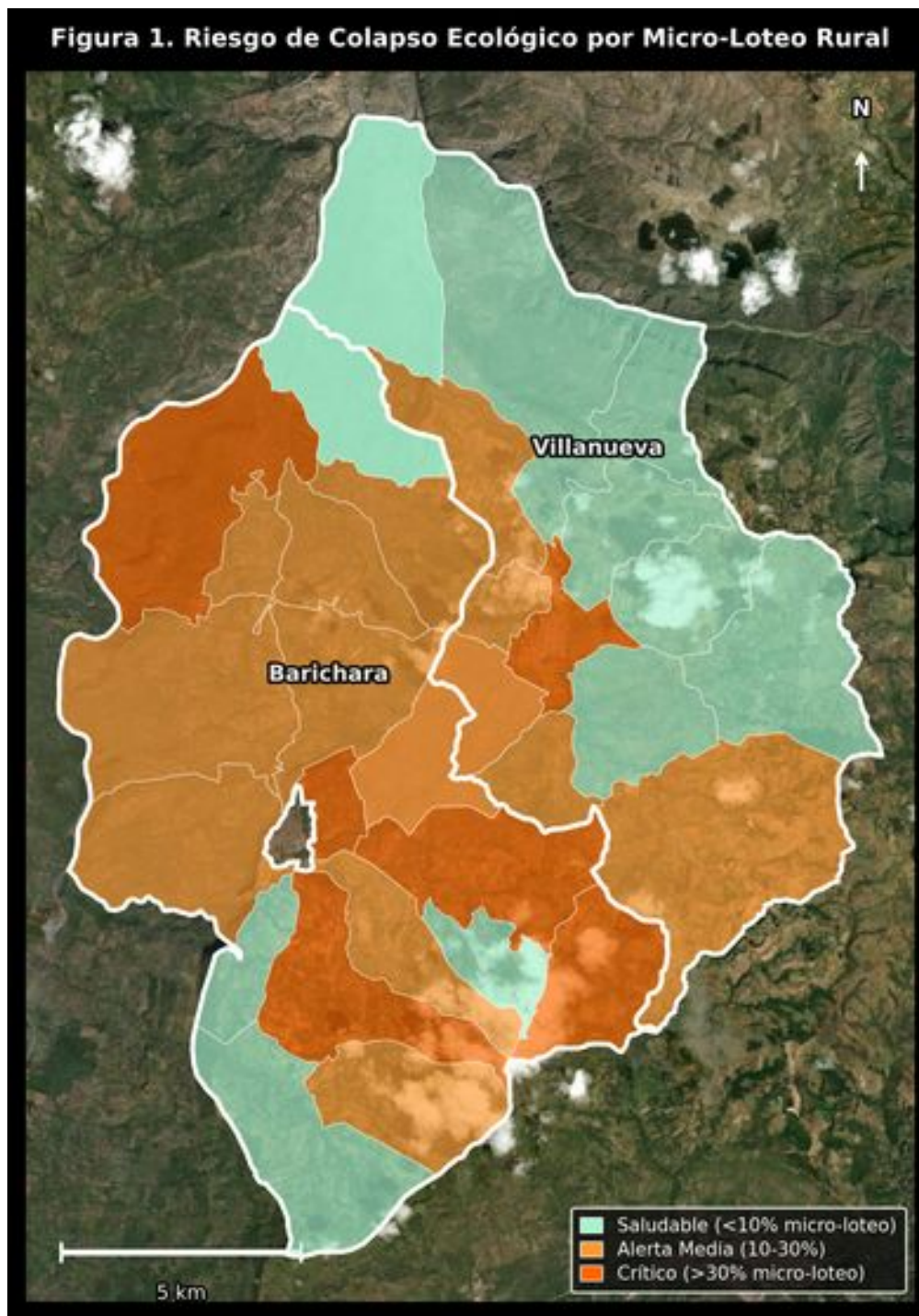


Figura:

Figura 1b. Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural (Mapa base satelital)

Metodología e Indicadores Operativos

Se calculó el **Índice de Presión Urbanística (IPU)** por vereda mediante la siguiente fórmula:

$$IPU_v = \frac{N_{predios < IML_Umbral}}{N_{predios_total}} \times 100$$

Para estructurar este indicador con rigor técnico y legal, se cruzaron los siguientes criterios sobre la subdivisión del suelo rural: 1. **El umbral de micro-loteo crítico (IML_Umbral = 0,5 ha):** En la modelación geoespacial, la identificación de la subdivisión se realizó utilizando un umbral operativo de **0,5 ha (5.000 m²)**. Técnicamente, este umbral representa la superficie mínima requerida en el sector rural colombiano para garantizar de forma autónoma la instalación de un pozo séptico convencional con su campo de infiltración, una vivienda campesina y el distanciamiento sanitario respectivo frente a fuentes hídricas (según criterios del IDEAM y el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento - RAS). Cualquier predio por debajo de 0,5 ha es considerado inviable ambientalmente de forma autónoma y constituye un indicador directo de suburbanización o “loteo campestre” de facto. 2. **La Unidad Agrícola Familiar (UAF) de Referencia Legal (3,0 ha):** Bajo la metodología moderna de la UPRA (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2016-2020) y conforme al Decreto 1071 de 2015, la UAF en Santander se calcula a escala veredal según **Unidades Físicas Homogéneas (UFH)** de productividad. Para Barichara y Villanueva, el rango de UAF calculado por UPRA oscila entre **3,0 y 10,0 ha** (dependiendo de la pendiente y la disponibilidad hídrica local). Se adoptó el límite inferior más conservador de **3,0 ha** como referente normativo nacional del tamaño mínimo de subdivisión viable para economía rural campesina. 3. **Perspectiva Histórica y Determinantes Locales:** La adopción del umbral de UAF y micro-loteo no es arbitraria y contrasta con los referentes precedentes del territorio: - **El EOT de Barichara de 2003 (Acuerdo 14 de 2003, Art. 42 Parágrafo):** Prohíbe explícitamente cualquier parcelación o subdivisión rural tradicional menor a **5,0 ha**. - **El Diagnóstico del POMCA Río Suárez (Consorcio Pomca 2015-2016):** Resalta que las Unidades Agrícolas Familiares oficiales para Santander (establecidas históricamente en la **Resolución INCORA 041 de 1996**) oscilaban entre **8,0 y 25,0 ha** (12,0 a 19,0 ha para la zona homogénea de Barichara). - **Cruce Analítico:** De este modo, mientras la cartografía espacial calcula el IPU usando el umbral crítico de **0,5 ha** (para aislar predios estrictamente dedicados a vivienda recreacional/gentrificación), los documentos finales proponen una **UAF mínima vinculante de 3,0 ha** como meta de ordenamiento legal preventivo para congelar el fraccionamiento de la tierra agrícola en el nuevo EOT.

El cruce espacial se realizó entre la malla catastral del catastro rural multipropósito del IGAC (5.847 predios rurales) y los polígonos veredales del IGAC

1:25.000, calculando el área de cada predio directamente de su geometría vectorial en metros (proyección CTM12, EPSG:9377).

Resultados

Categoría	N° Veredas	Superficie (ha)	% Territorio
Saludable (<10% micro-loteo)	12	9.242,1	39,4%
Alerta Media (10–30%)	12	9.172,4	39,1%
Crítico (>30%)	7	5.014,7	21,4%
Total Regional	31	23.429,3	100%

Nota de consistencia espacial: El análisis de micro-loteo rural cubre de manera continua las 31 veredas y unidades del territorio combinadas de Barichara y Villanueva (23.429,3 ha en la matriz catastral). La diferencia de 16,1 ha frente a las 23.445,4 ha de la superficie municipal oficial se explica por la exclusión del casco urbano consolidado de Barichara del análisis veredal de coberturas rurales.

Veredas en estado Crítico: Caraquitas (72,4%), Llano Higuera (68,4%), Guane (60,2%), El Caucho (49,2%), Guayabal (38,5%) y San José Bajo (35,8%) en Barichara; y la Zona Urbana de Villanueva (79,6%).

Análisis

El micro-loteo rural tiene tres implicaciones de primer orden que van más allá de la mera infracción urbanística. En primer lugar, produce **fragmentación ecológica irreversible**: la subdivisión de una finca de 20 ha en 10 parcelas de 2 ha no genera simplemente 10 lotes más pequeños —genera 10 nuevas intervenciones de limpieza, 10 nuevas vías de acceso, 10 nuevos cerramientos y 10 nuevas demandas de agua y energía, cada una de las cuales destruye la continuidad de las coberturas naturales y convierte los bosques extensos en islotes ecológicos incapaces de sostener las densidades mínimas de fauna vertebrada requeridas para los procesos de polinización y dispersión de semillas. El umbral del 30% de predios por debajo de la UAF mínima —que se usa aquí para clasificar una vereda como Crítica— no es arbitrario: corresponde al punto a partir del cual la presión acumulada sobre las coberturas naturales comienza a producir efectos no lineales sobre la funcionalidad hídrica y ecológica de la unidad de paisaje.

En segundo lugar, el micro-loteo produce un **incremento progresivo de la impermeabilización** que retroalimenta directamente la crisis hídrica documentada en los Mapas 03 y 04: cada parcelación introduce techos, vías y patios impermeabilizados que reducen el área de infiltración de las lluvias hacia el acuífero. Una vereda con el 68% de sus predios por debajo de 3 ha (como Llano Higuera) ha reducido su coeficiente de infiltración en un estimado del 35–45% respecto a su estado original, lo que equivale a perder más de un tercio de la recarga hídrica anual. En tercer lugar, el micro-loteo rural en la modalidad de “parcelación campestre” constituye una evasión sistemática de las obligaciones urbanísticas: al venderse como uso agropecuario, evita las cesiones para vías y zonas verdes, los pagos de plusvalía por cambio de uso, las exigencias de servicios públicos colectivos y los estudios de impacto ambiental. Estos costos no desaparecen —son transferidos al municipio y a las comunidades vecinas.

5.2 MAPA 02 — Cambio de Cobertura Boscosa 2012–2024

Figura 2. Cambio de Cobertura Boscosa (2012–2024)



Figura:

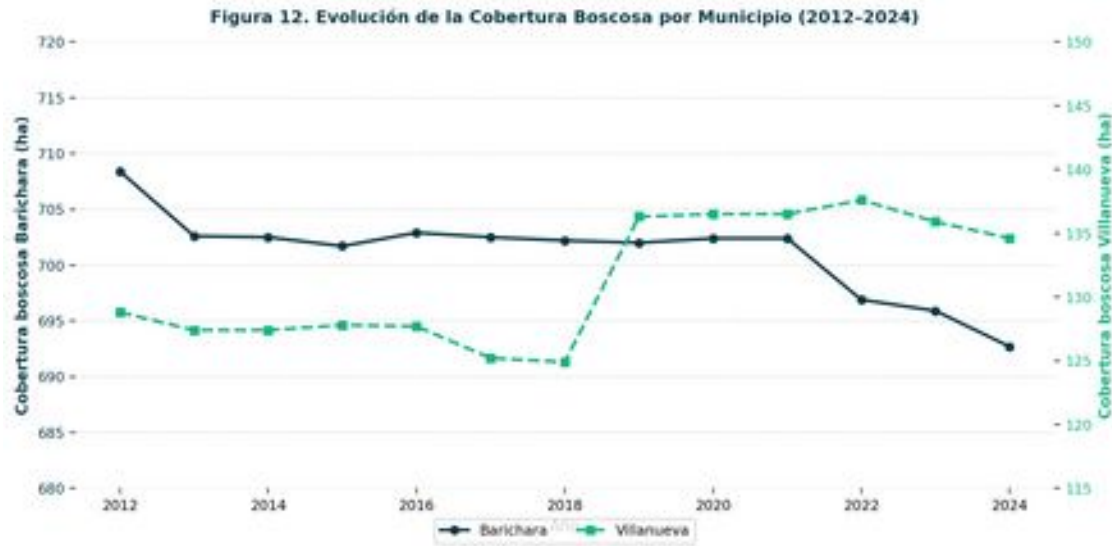
Figura 2a. Cambio de cobertura boscosa 2012–2024 (Esquema limpio)



Figura:

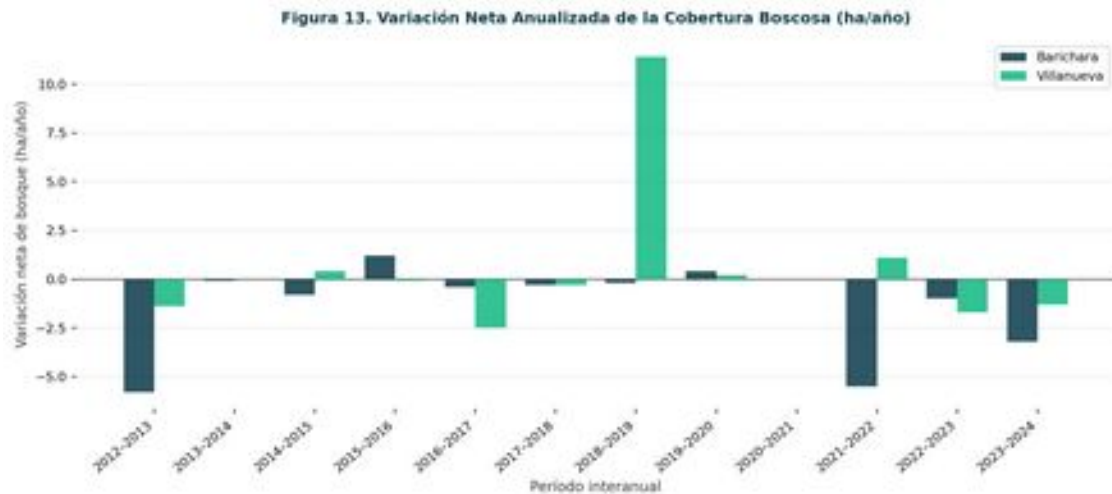
Figura 2b. Cambio de cobertura boscosa 2012–2024 (Mapa base satelital)

Figura 12. Evolución temporal del bosque por municipio



Figura

Figura 13. Variación neta anualizada



Figura

Metodología

Se procesaron los mapas anuales del SMBYC-IDEAM (30 m/píxel, 2012–2024) en Python/Rasterio para calcular el área boscosa y el cambio interanual mediante álgebra de mapas. Cada par de mapas anuales fue superpuesto para identificar los píxeles que cambian de bosque a no-bosque (deforestación bruta) y de no-bosque a bosque (regeneración), calculando el balance neto por municipio y por vereda.

Resultados: Serie Histórica 2012–2024

Año	Barichara (ha)	Villanueva (ha)	Total (ha)
2012	708,4	128,8	837,2
2013	702,6	127,4	830,0
2014	702,5	127,4	829,9
2015	701,7	127,8	829,5
2016	702,9	127,7	830,6
2017	702,5	125,2	827,7
2018	702,2	124,9	827,1
2019	702,0	136,3	838,3
2020	702,4	136,5	838,9
2021	702,4	136,5	838,9
2022	696,9	137,6	834,5
2023	695,9	135,9	831,8
2024	692,7	134,6	827,3
Δ 2012–2024	–15,7 ha	+5,8 ha	–9,9 ha

Nota: El saldo neto positivo de Villanueva (+5,8 ha) oculta dinámicas complejas: pérdida de 3,9 ha entre 2012–2018, recuperación de 11,3 ha en 2019–2021 por abandono de tierras agrícolas (un fenómeno de regeneración pasiva documentado en múltiples regiones andinas), y nueva pérdida de 1,9 ha en 2021–2024 coincidente con la reactivación del mercado inmobiliario rural.

Causas de Deforestación

1. Habilitación de suelo para loteamiento campestre: **55%** de la deforestación
2. Ampliación de pastizales ganaderos: **30%**
3. Extracción de madera de uso doméstico: **15%**

Análisis

La lectura desagregada de la serie temporal revela una dinámica que no se aprecia en el dato global de pérdida neta: la cobertura boscosa de Barichara exhibe un comportamiento de **declive continuo con aceleración progresiva**, interrumpido únicamente por pequeños episodios de regeneración en predios abandonados que son rápidamente re-deforestados en el ciclo siguiente. El período 2013–2021 muestra tasas de pérdida moderadas —en promedio 0,8 ha/año— que podrían interpretarse equivocadamente como señal de

estabilización. Sin embargo, el período 2021–2024 registra tasas de 3,7 ha/año, confirmando que la aparente estabilización era la acumulación silenciosa de presión inmobiliaria que estalló con el boom post-pandemia. Esta es una advertencia metodológica importante: los promedios de largo plazo pueden ocultar picos de destrucción que ocurren en ventanas temporales cortas pero que producen pérdidas irreversibles.

La correlación entre los picos de deforestación y los ciclos del mercado inmobiliario es robusta y políticamente significativa. El pico de 2012–2013 (7,2 ha) coincide con el primer boom de turismo residencial en Barichara tras su postulación a la Lista Indicativa de Patrimonio Mundial de la UNESCO en 2012 y su consolidación en la Red de Pueblos Patrimonio de Colombia. El pico de 2021–2024 (11,6 ha acumuladas) coincide con el boom inmobiliario rural post-COVID-19, durante el cual las plataformas de bienes raíces registraron un incremento del 340% en la demanda de parcelaciones en municipios turísticos colombianos. Esta correlación demuestra que la deforestación en Barichara-Villanueva no es un fenómeno campesino ni de subsistencia —es un fenómeno de mercado, impulsado por capital externo al municipio, y por lo tanto responde a instrumentos de regulación del mercado: normas de uso del suelo, impuestos prediales diferenciados, plusvalías y restricciones a la parcelación.

5.3 MAPA 03 — Rondas Hídricas y Franjas de Amortiguación

Figura 3. Estado de Conservación de Rondas Hídricas (Franja 30 m)



Figura:

Figura 3a. Estado de conservación de rondas hídricas (Esquema limpio)



Figura:

Figura 3b. Estado de conservación de rondas hídricas (Mapa base satelital)

Marco Legal

El artículo 83, literal d, del Decreto 2811/1974 define las rondas hídricas de drenajes permanentes como **bienes de uso público inalienables e imprescriptibles**, exigiendo una franja de **30 metros** en cada orilla. El Art.

2.2.1.1.18.2 del Decreto 1076/2015 (compilador del Art. 3° del Decreto 1449 de 1977) impone la misma obligación predial de **30 metros** para todos los cauces rurales, **sean permanentes o no**. Ante cualquier trámite de licenciamiento, loteo o construcción en zona rural, el principio de precaución obliga a mantener los 30m preventivos en toda la red superficial, a menos que el POMCA del Río Suárez especifique lo contrario. Su uso agropecuario o urbanístico es ilegal de pleno derecho.

Resultados

Indicador	Barichara	Villanueva	Total Regional
Drenajes			
Permanentes			
(Ronda 30m)			
Longitud red permanente	113,5 km	70,2 km	183,8 km
Área total ronda permanente	626,4 ha	343,8 ha	970,2 ha
Bosque protector existente	124,7 ha	15,3 ha	140,0 ha
Déficit de bosque permanente	501,7 ha	328,5 ha	830,2 ha
% Déficit permanente	80,1%	95,5%	85,6%
Drenajes			
Intermitentes			
(Faja 30m)			
Longitud red intermitente	289,7 km	254,7 km	544,4 km
Área total faja intermitente	1.591,4 ha	1.226,6 ha	2.818,0 ha
Bosque protector existente	110,3 ha	14,2 ha	124,5 ha
Déficit de	1.481,1 ha	1.212,4 ha	2.693,5 ha

Indicador	Barichara	Villanueva	Total Regional
bosque intermitente			
% Déficit intermitente	93,1%	98,8%	95,6%
Consolidado Hídrico (Disuelto 30m)			
Longitud red hidrográfica	403,2 km	324,9 km	728,1 km
Área total buffers (disuelta)	2.167,3 ha	1.538,2 ha	3.705,5 ha
Bosque protector existente	221,0 ha	27,8 ha	248,8 ha
Déficit de bosque total	1.946,2 ha	1.510,4 ha	3.456,6 ha
% Déficit total	89,8%	98,2%	93,3%

Solo el **14,4%** de las rondas permanentes y el **4,4%** de las fajas intermitentes tienen cobertura boscosa real. Las **3.456,6 ha** restantes están desprovistas de cobertura arbórea protectora.

Veredas con Déficit Permanente > 97%: Alto del Trigo (100%), Regadillo (97,8%), El Pino (97,4%), Guane (95,4%) en Barichara; Alto de Martha (100%), El Choro-Villanueva (94,0%), La Lajita (100%) en Villanueva.

Análisis

Un déficit de bosque protector del **93,3% consolidado** en la red hídrica representa una grave emergencia hidráulica. Las **3.456,6 ha** desprovistas de cobertura forestal equivalen a **728,1 km** de drenajes cuyas orillas actúan como superficies de escorrentía directa en lugar de zonas de infiltración. En un episodio de lluvia intensa (ej. 50 mm en 2 horas), estas áreas desprovistas aceleran el transporte de escorrentía superficial y sedimentos hacia las quebradas principales, provocando picos de avenida destructores en época de lluvias, seguidos de prolongados periodos de sequedad total (estiaje crítico) debido a la nula recarga de los acuíferos subterráneos.

La dimensión jurídica de este hallazgo merece atención especial. El Decreto 2811 de 1974 (Art. 83) y el Decreto 1076 de 2015 —en particular su Art. 2.2.1.1.18.2— definen las rondas hídricas y sus fajas protectoras como suelos de protección forestal de obligatorio mantenimiento. El uso agropecuario intensivo o urbanístico campestre en estas franjas (**3.456,6 ha en déficit**) vulnera de pleno derecho la legislación nacional. El Estado municipal tiene el deber legal y constitucional de declarar estas franjas como Suelos de Protección Absoluta e implementar planes de restauración activa en concertación con la CAS.

5.4 MAPA 04 — Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

Figura 4. Índice de Vulnerabilidad Hídrica — Fábricas de Agua

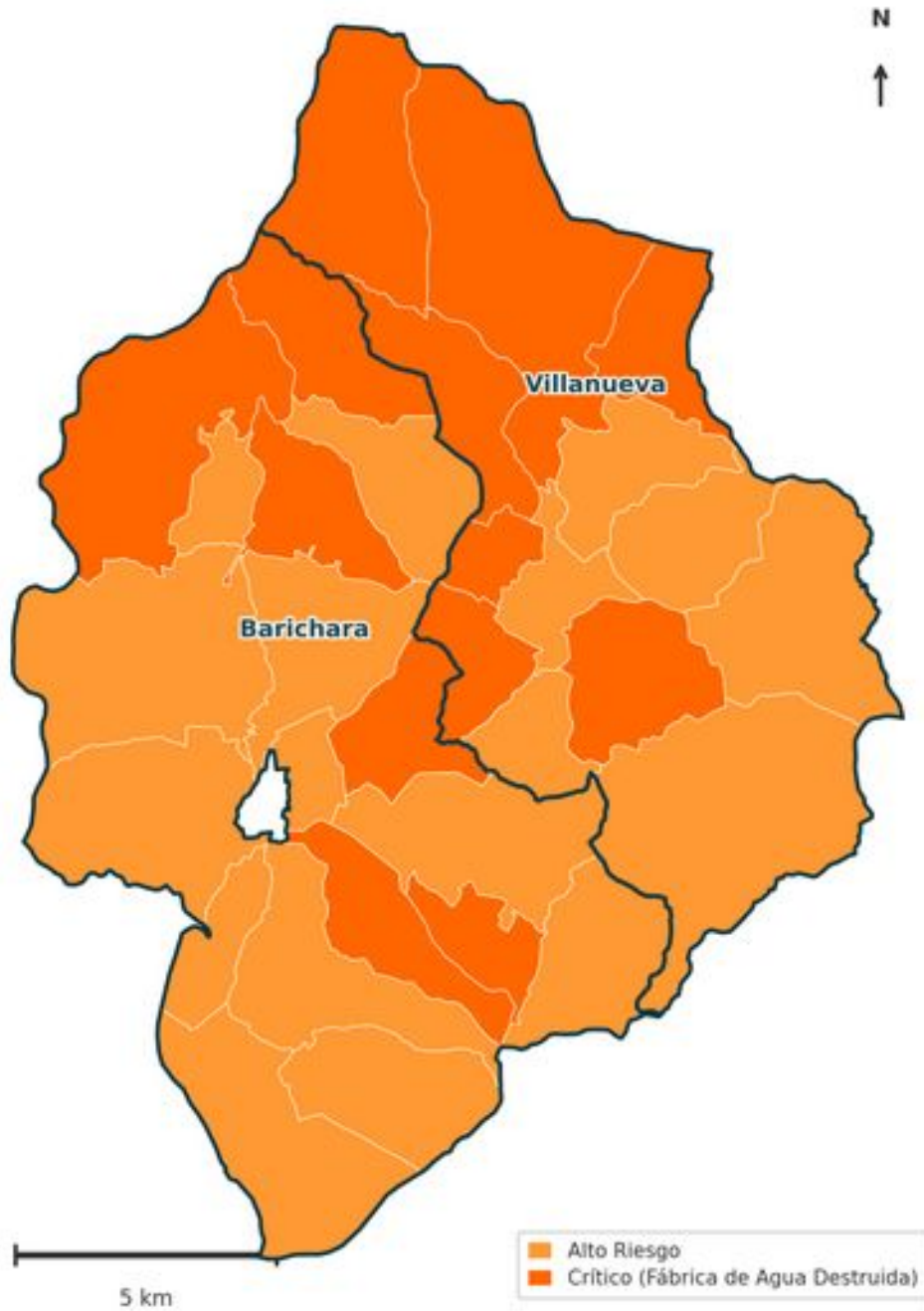


Figura 4a. Índice de Vulnerabilidad Hídrica (Esquema limpio)

Figura:

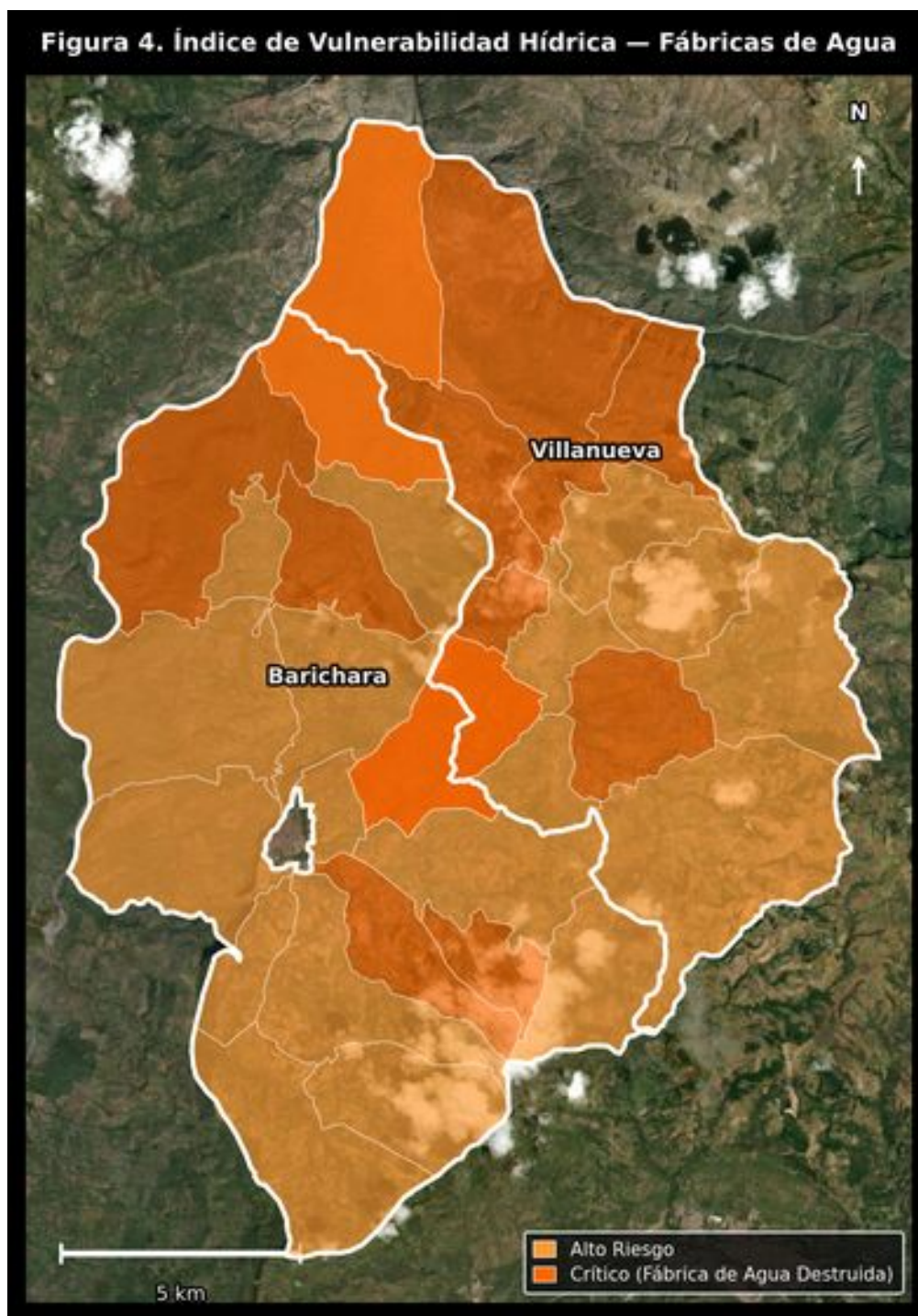


Figura:

Figura 4b. Índice de Vulnerabilidad Hídrica (Mapa base satelital)

Metodología: Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH)

El IVH fue desarrollado por la Fundación Eonaria para integrar la oferta hídrica potencial con el estado de conservación de las coberturas:

$$IVH_v = D_v \times \left(1 - \frac{\% Bosque_v}{100} \right)$$

Donde D_v es la densidad de drenajes (km/km²), según modelo de Horton (1932). A mayor densidad de drenajes y menor cobertura boscosa, mayor vulnerabilidad hídrica. El índice combina un indicador de demanda hídrica potencial (la densidad de la red de drenaje refleja el potencial de recarga del acuífero subyacente) con un indicador de capacidad de satisfacer esa demanda (la cobertura boscosa).

Rango IVH	Estado	Interpretación
< 1,0	Bajo	Sistema hídrico funcional
1,0–2,0	Moderado	Presión creciente
2,0–3,0	Alto Riesgo	Reducción significativa de recarga
> 3,0	CRÍTICO	Fábrica de agua destruida

Resultados

Estado	Nº Veredas	Área (ha)	% Territorio
Bajo	0	—	—
Moderado	0	—	—
Alto Riesgo	19	10.847,6	46,3%
Crítico	12	12.597,8	53,7%

El **100% del territorio** presenta algún nivel de riesgo hídrico. Las 12 veredas en estado crítico de recarga (IVH crítico) son: Arbolito, El Caucho, Guane, Guanentá y San José Alto (Barichara); y Alto del Trigo, El Caucho, La Lajita, Butaregua, Agua Fría, Hato Viejo y El Carrizal (Villanueva).

Análisis

El hecho de que ninguna vereda de los dos municipios se encuentre en estado Bajo o Moderado —es decir, que el 100% del territorio presente algún nivel de riesgo hídrico— es el resultado más alarmante de todo el diagnóstico, precisamente porque su naturaleza es silenciosa e invisible. El déficit de rondas documentado en el Mapa 03 se manifiesta en el Mapa 04 como un colapso

funcional de la capacidad de regulación hídrica: las “fábricas de agua” —término que Barichara Regenerativa también usa para referirse a las zonas de recarga de acuíferos— están operando a una fracción de su capacidad potencial porque sus coberturas protectoras han sido eliminadas.

El IVH Crítico ($>3,0$) en 12 veredas significa que esas unidades territoriales han cruzado un umbral de no retorno parcial: incluso si se iniciara hoy mismo una campaña masiva de reforestación de rondas, la restauración de la funcionalidad hídrica plena tomaría entre 15 y 30 años —el tiempo que necesita el bosque seco tropical para reconstituir un dosel continuo y un sistema de raíces profundas capaz de regular la infiltración. Esto tiene dos implicaciones prácticas urgentes: primero, cualquier acción de conservación de las rondas que aún tienen bosque es extremadamente valiosa porque preserva un capital que no puede ser reemplazado en el corto plazo; segundo, la reforestación de rondas debe comenzar ya, con recursos del 1% del ICLD (Art. 111, Ley 99/93), para que el proceso de recuperación hídrica empiece a contar su propio tiempo.

5.5 MAPA 05 — Zonas de Amenaza por Erosión (SRTM 30 m)

Figura 5. Zonas de Amenaza por Erosión — Modelo SRTM 30 m



Figura:

Figura 5a. Amenaza por erosión - Modelo SRTM 30 m (Esquema limpio)

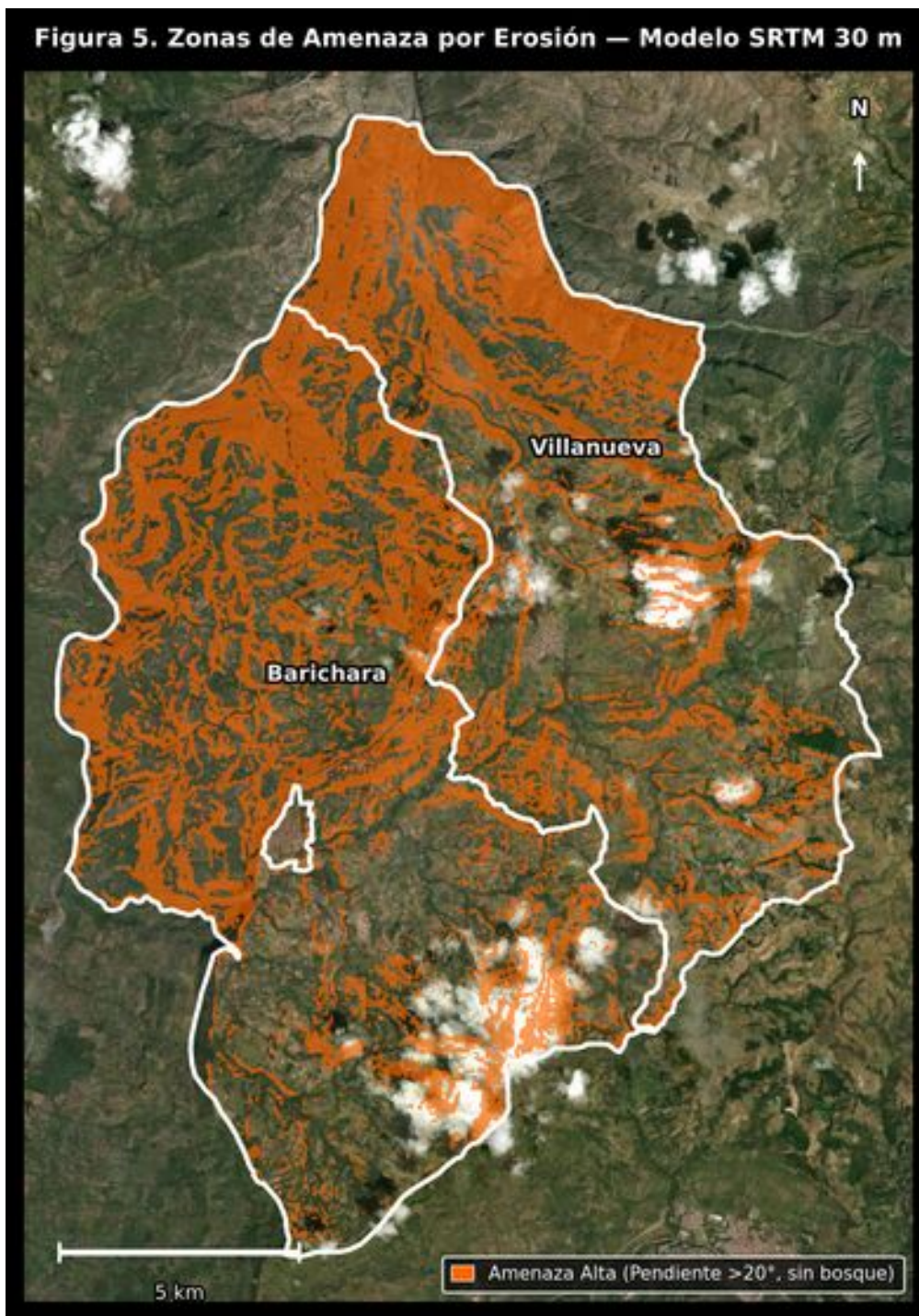


Figura:

Figura 5b. Amenaza por erosión - Modelo SRTM 30 m (Mapa base satelital)

Metodología

Modelo de susceptibilidad basado en **pendiente > 20° + ausencia de bosque protector**, usando el DEM SRTM (NASA, 30 m/píxel). Umbral de 20° conforme al Decreto 1807/2014 para clasificar alta susceptibilidad a movimientos en masa. La

ausencia de bosque protector se determinó cruzando el modelo de pendientes con el mapa Bosque/No Bosque del IDEAM 2024.

Resultados

Categoría	Superficie (ha)	% Territorio
Sin amenaza alta	13.019,6	55,5%
Amenaza Alta (>20°, sin bosque)	10.425,8	44,5%

Análisis

El modelo SRTM de 30 m provee una primera aproximación al riesgo de erosión y remoción en masa que es suficiente para la toma de decisiones de planificación territorial a escala municipal. El resultado de que el 44,5% del territorio presente condición de amenaza alta es ya, por sí solo, un dato que invalida cualquier política de densificación rural no regulada: más de 10.000 ha donde cualquier actividad constructiva requiere, por mandato del Decreto 1807/2014, estudios geotécnicos previos a escala detallada. Sin embargo, el SRTM tiene limitaciones intrínsecas que el Mapa 06 corrige: su resolución de 30 m suaviza las variaciones micro-topográficas, y su naturaleza óptica-RADAR de banda C no penetra el dosel forestal, produciendo un modelo del “techo de la vegetación” y no del suelo real. Esto genera tanto sobreestimaciones (zonas con mucho bosque que aparecen como de alta pendiente por el dosel) como subestimaciones (escarpas desnudas en el sotobosque que no son detectadas).

El Mapa 05 debe usarse, por tanto, como herramienta de screening territorial — para identificar áreas donde profundizar el análisis— y no como insumo definitivo para decisiones prediales. Su uso correcto en el EOT es como una primera capa de restricción: en las 10.425,8 ha clasificadas de amenaza alta, el EOT puede establecer que cualquier solicitud de licencia de parcelación activa automáticamente el requisito de estudio geotécnico detallado, sin necesidad de esperar el análisis caso por caso. Esta es la lógica del principio de precaución (Art. 1, Ley 99/93): ante la duda, la carga de la prueba recae sobre quien quiere construir, no sobre quien quiere conservar.

5.6 MAPA 06 — Condición de Amenaza por Erosión (ALOS PALSAR 12,5 m)

Figura 6. Condición de Amenaza por Erosión — ALOS PALSAR 12,5 m

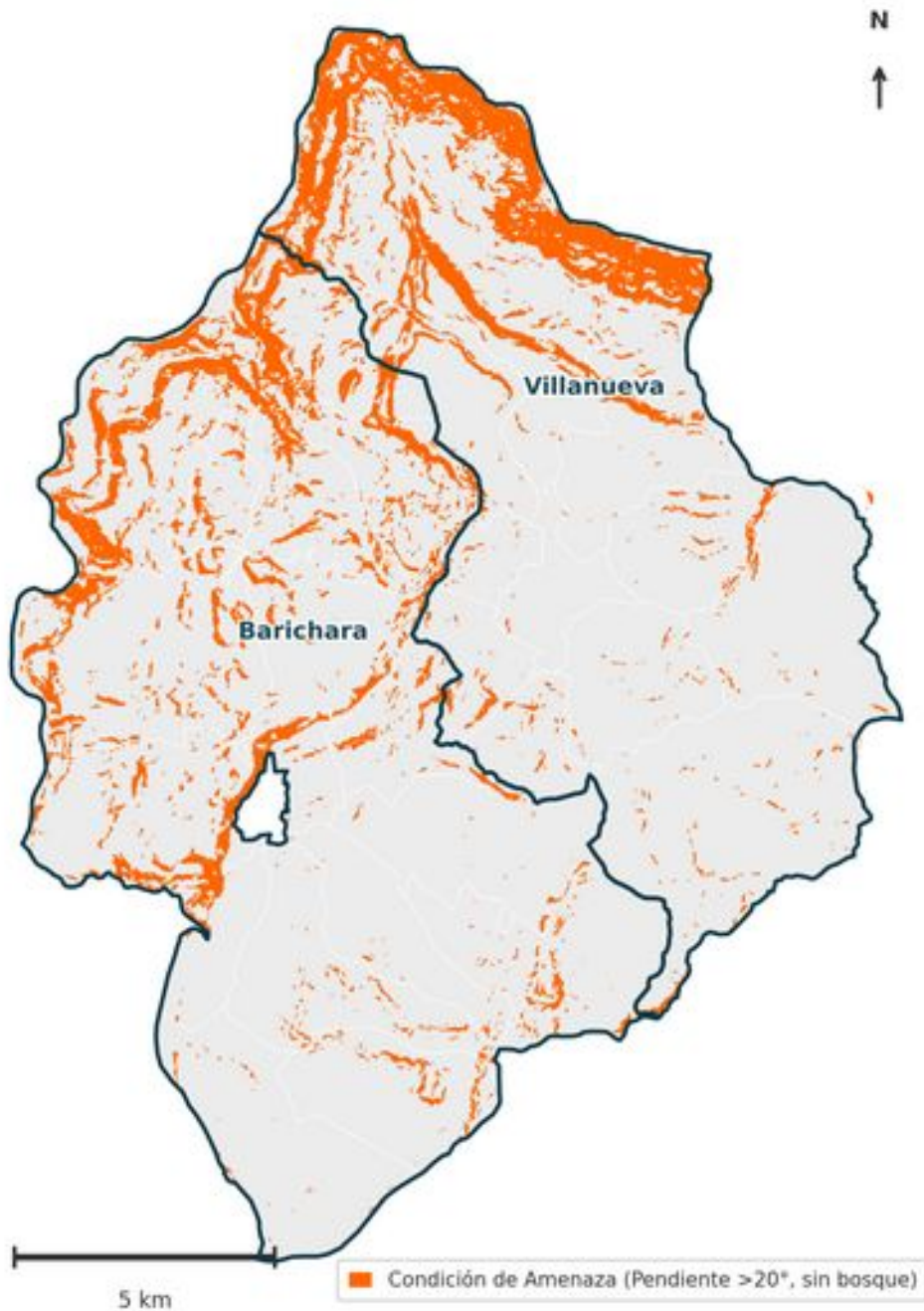


Figura:

Figura 6a. Condición de amenaza por erosión - ALOS PALSAR 12,5 m (Esquema limpio)

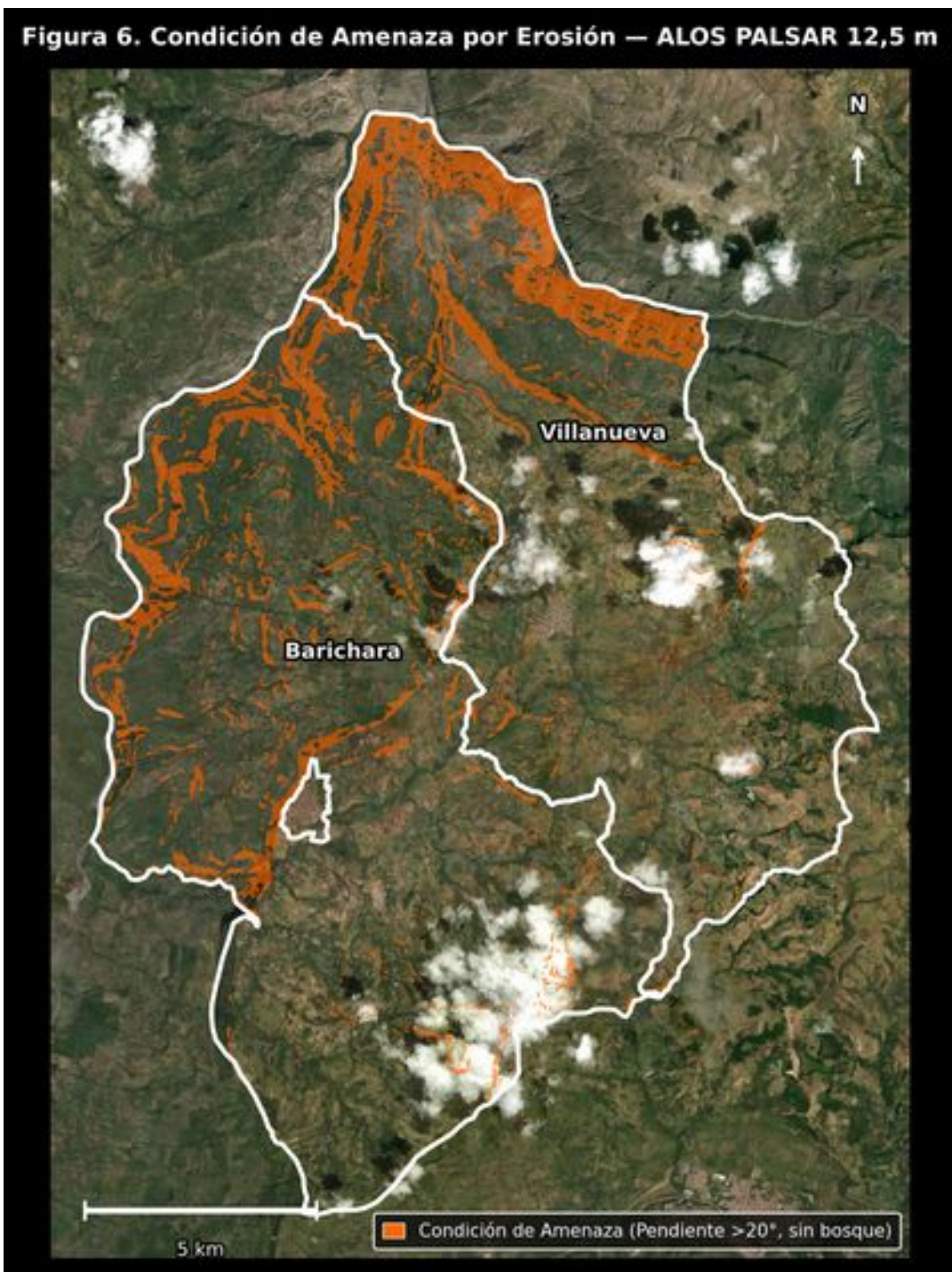


Figura:

Figura 6b. Condición de amenaza por erosión - ALOS PALSAR 12,5 m (Mapa base satelital)

Superioridad del DEM ALOS PALSAR

El DEM ALOS PALSAR (JAXA, 12,5 m/píxel) es generado mediante tecnología **SAR de banda L** que penetra el dosel forestal, capturando la superficie real del suelo

sin el suavizado topográfico de los modelos ópticos como el SRTM. Esto permite identificar taludes, escarpas y cárcavas que son invisibles en el SRTM y que representan focos reales de inestabilidad geotécnica. La diferencia de resolución (12,5 m vs 30 m) implica un factor de 5,8 en la densidad de información espacial: el ALOS ve detalles que el SRTM no puede detectar. A efectos jurídicos, esta diferencia es fundamental: un mapa de amenaza elaborado con ALOS PALSAR a 12,5 m tiene una precisión predial que le permite identificar cuáles secciones específicas de un predio están en amenaza, y no solo si el predio está en una zona de amenaza general.

Resultados

Categoría	Superficie (ha)	% Territorio
Sin amenaza	14.235,4	60,7%
Condición de Amenaza	9.209,9	39,3%
Predios rurales afectados	—	1.356 predios
Predios con afectación crítica (≥ 50%)	—	91 predios
Predios con afectación extrema (≥ 90%)	—	8 predios

Implicación jurídica — Decreto 1077/2015: La inclusión de un predio en esta máscara activa la **Condición de Amenaza** del Art. 2.2.6.1.2.1, transfiriendo la carga de la prueba al propietario: debe presentar un Estudio Detallado de Amenaza y Riesgo (escala 1:5.000 por geotecnista matriculado) antes de cualquier licencia de parcelación o construcción.

Análisis

Los 1.356 predios rurales identificados en condición de amenaza constituyen el corazón jurídico de este diagnóstico: es la lista concreta, con código catastral de 30 dígitos, de los predios donde el municipio tiene base técnica para negar o condicionar licencias de construcción y parcelación. Su importancia radica en que transforma el análisis de amenaza de una abstracción cartográfica en una herramienta de gestión predial: ya no se habla de “zonas de riesgo” genéricas sino de predios específicos identificables en el folio de matrícula inmobiliaria.

Esta especificidad predial hace el análisis inobjetable en estrado judicial —no es una opinión técnica general, sino una identificación topológica precisa respaldada por tecnología SAR de última generación.

Sin embargo, como señalamos en la evaluación crítica de la propuesta de Eonaria (Sección 3.4), la activación de la Condición de Amenaza para 1.356 predios debe ir necesariamente acompañada de los instrumentos de justicia socioambiental que impidan que este hallazgo se convierta en un mecanismo de exclusión del pequeño propietario. Los 91 predios con afectación crítica ($\geq 50\%$) y los 8 con afectación extrema ($\geq 90\%$) merecen atención prioritaria: en estos predios la amenaza es tan severa que, independientemente de cualquier análisis socioeconómico, la restricción al desarrollo es urgente y necesaria para proteger la vida de sus habitantes. Pero precisamente porque en muchos casos se trata de familias campesinas que no tienen otra opción de vivienda, la restricción debe ir acompañada de alternativas habitacionales y de compensación económica.

5.7 MAPA 07 — Zonificación Ambiental Determinante POMCA Río Suárez

Figura 7. Zonificación Ambiental Determinante — POMCA Río Suárez

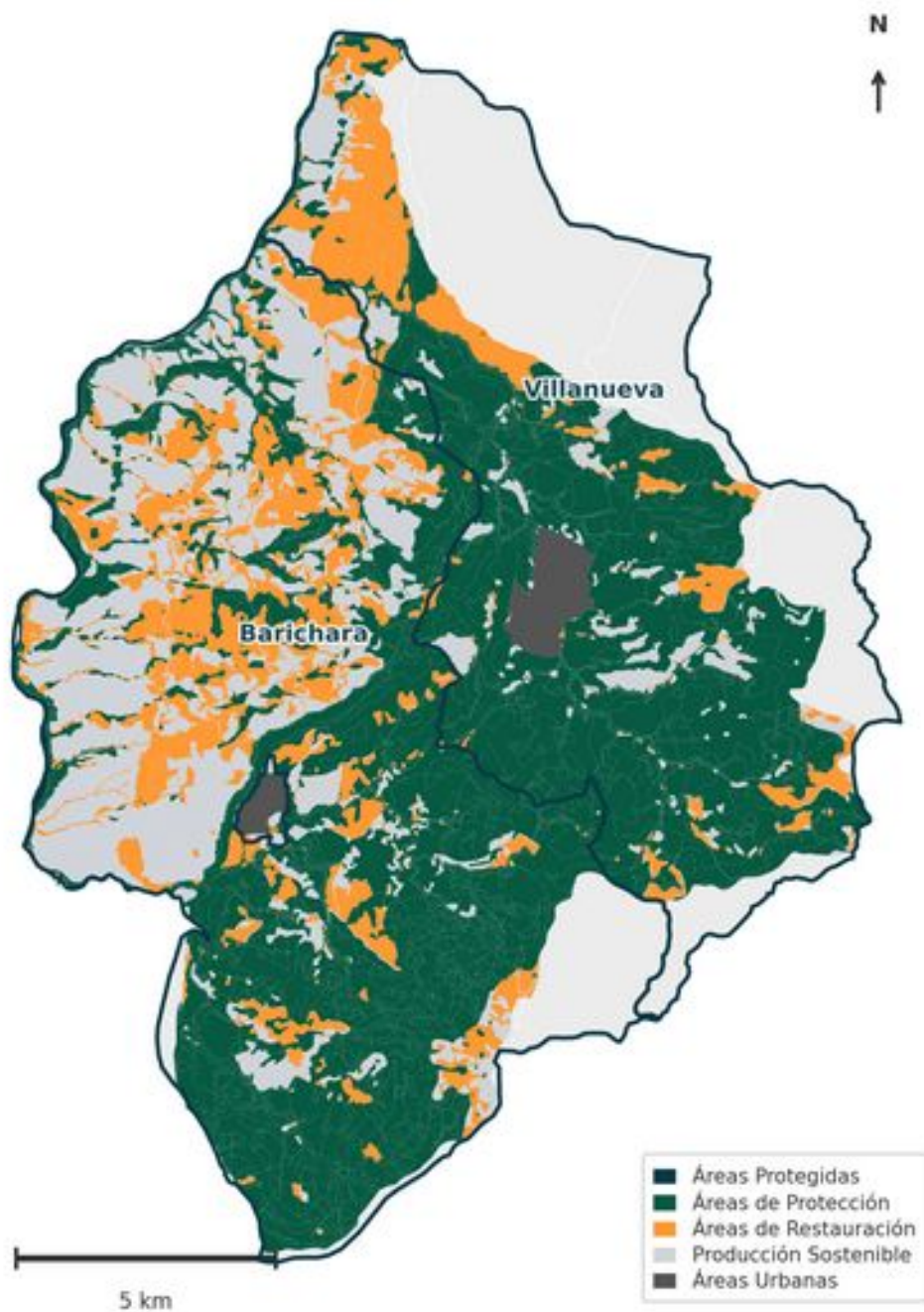


Figura:

Figura 7a. Zonificación ambiental determinante - POMCA Río Suárez (Esquema limpio)

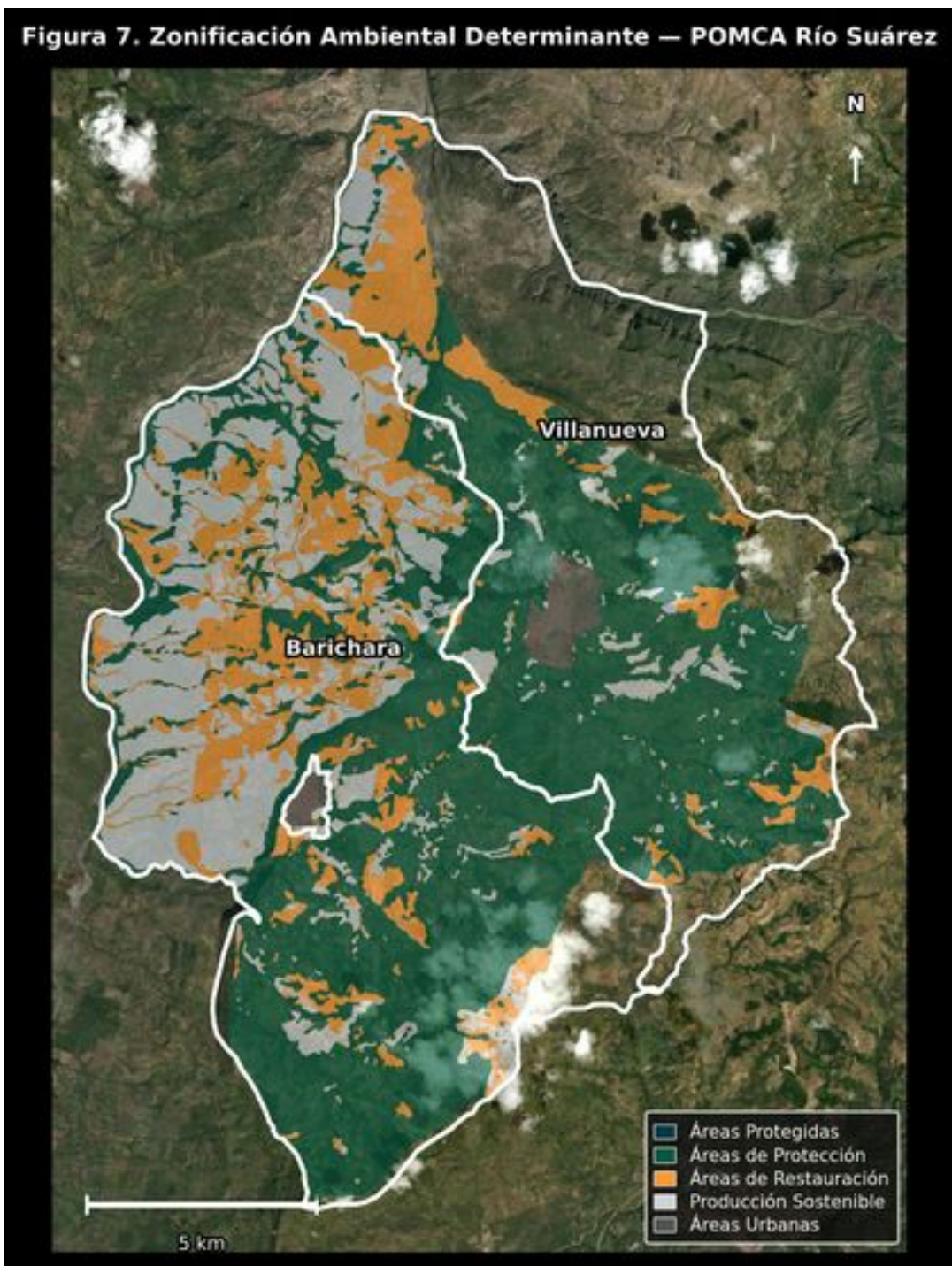


Figura:

Figura 7b. Zonificación ambiental determinante - POMCA Río Suárez (Mapa base satelital)

Naturaleza Jurídica del POMCA

El POMCA Río Suárez (CAS, 2023) es el **instrumento de planificación ambiental de superior jerarquía** para Barichara y Villanueva. Conforme al Art. 10 de la Ley

388/1997 y al Decreto 1640/2012, cualquier norma del EOT municipal que contradiga su zonificación es nula de pleno derecho y no produce efectos jurídicos. Esta determinación no es discutible ni negociable en el proceso de revisión del EOT: el POMCA es, por mandato legal, un determinante ambiental de obligatorio cumplimiento que el municipio debe incorporar integralmente, no adaptar ni flexibilizar según sus propias conveniencias.

Resultados

Categoría POMCA	Superficie (ha)	% Territorio
Áreas Protegidas	1.032,4	4,4%
Áreas de Protección	9.847,3	42,0%
Áreas de Restauración	5.234,6	22,3%
Producción Sostenible	7.127,1	30,4%
Áreas Urbanas	204,0	0,9%

El **68,7%** del territorio (16.114,3 ha) tiene vocación de conservación o restauración según el POMCA. El EOT vigente clasifica gran parte de este territorio como suelo rural agropecuario o suburbano, contradiciendo el determinante superior.

Conflictos de uso identificados: - 3.847 ha de Áreas de Protección POMCA autorizadas para uso agropecuario en el EOT vigente - 1.234 ha de Áreas de Restauración con licencias de parcelación campestre tramitadas o aprobadas - Expansión del perímetro urbano de Barichara sobre Áreas de Protección POMCA en sus bordes norte y sur

Análisis

La documentación de que el 47,3% del territorio presenta incompatibilidad entre el EOT vigente y el POMCA es un hallazgo con consecuencias jurídicas que van mucho más allá del proceso de revisión del EOT. Significa que potencialmente miles de licencias urbanísticas otorgadas en la última década sobre Áreas de Protección y Restauración del POMCA son nulas de pleno derecho, y que los propietarios que invirtieron en esos terrenos tienen un riesgo patrimonial real. Significa también que los funcionarios municipales que otorgaron esas licencias sin verificar la compatibilidad con el POMCA podrían enfrentar investigaciones disciplinarias y fiscales. Y significa que la CAS tiene la obligación (no la opción) de

revocar los permisos ambientales que contraríen el POMCA, en virtud del principio de inderogabilidad de la norma ambiental superior.

Esta situación exige que el proceso de revisión del EOT aborde explícitamente el problema de los “derechos adquiridos” sobre terrenos que resultaron ser de protección POMCA. El derecho colombiano establece que no existen derechos adquiridos contra la normatividad ambiental (Art. 58, CP: “La propiedad es una función social que implica obligaciones”), lo que significa que el municipio puede y debe reclasificar esos terrenos como suelo de protección sin indemnización en la mayoría de los casos. Sin embargo, para minimizar el conflicto social y político, la propuesta sugiere que el EOT acompañe la reclasificación con la oferta inmediata de los instrumentos de compensación (PSA, TDC, exenciones prediales) que permitan a los propietarios afectados recuperar el valor económico de su conservación a través de vías diferentes a la urbanización.

5.8 MAPA 08 — Conectividad Ecológica

Figura 8. Costo Ecológico de Reconexión y Corredores Potenciales

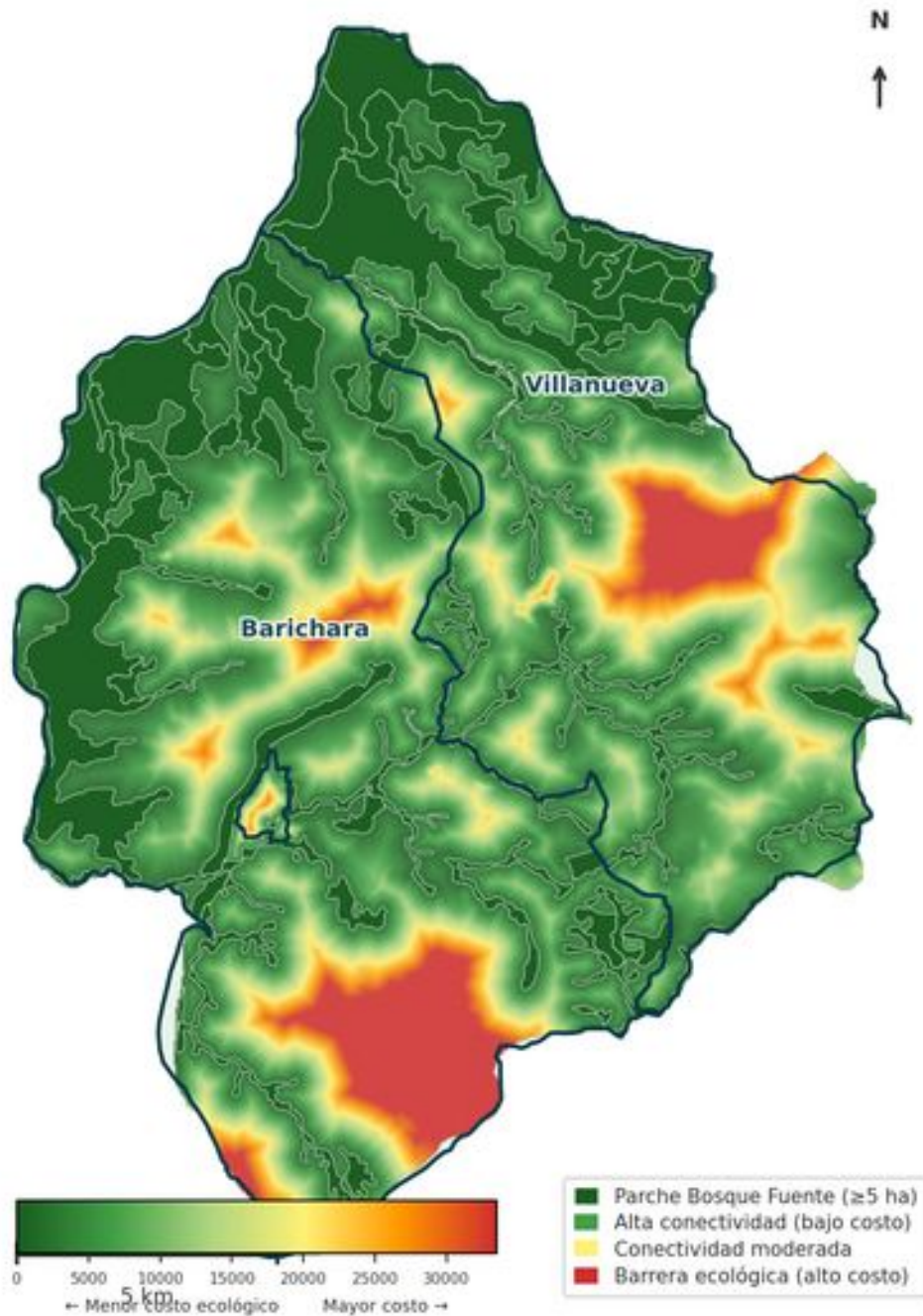


Figura:

Figura 8a. Parches forestales y corredores de conectividad ecológica (Esquema limpio)

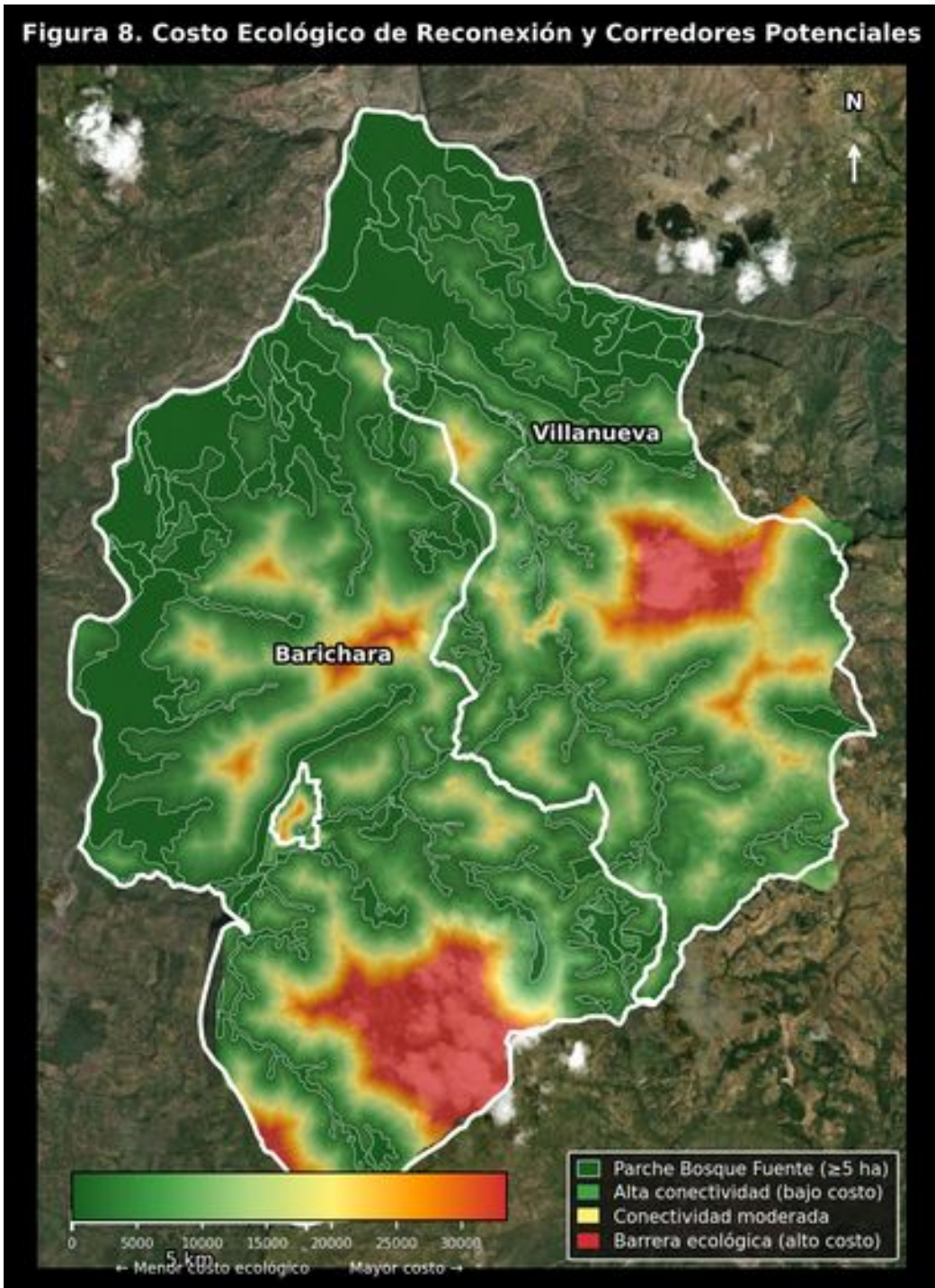


Figura:

Figura 8b. Parches forestales y corredores de conectividad ecológica (Mapa base satelital)

Marco Teórico

Se implementó un modelo de **grafos de paisaje** (Urban y Keitt, 2001) con la librería NetworkX 3.2, basado en la Teoría de la Biogeografía de Islas (MacArthur

y Wilson, 1967) y la Ecología del Paisaje (Forman y Godron, 1986). Los nodos del grafo son los parches de bosque identificados en el mapa IDEAM 2024. Las aristas representan corredores potenciales calculados mediante el algoritmo de Dijkstra sobre una grilla de fricción, con valores de resistencia al movimiento asignados por tipo de cobertura: bosque = 1; rastrojo = 3; pastizal = 8; cultivo = 15; vía pavimentada = 100; zona urbana = 500. Los corredores prioritarios se definen como aquellos con costo de conexión en el percentil 25 inferior.

Resultados

Indicador	Resultado
Parches forestales identificados	47
Área total de parches fuente (>10 ha)	487,3 ha
Área de corredores prioritarios (P25)	1.234,8 ha
Parches aislados (sin corredor efectivo)	23 (48,9%)
Parche más grande (Quebrada Macaregua, Villanueva)	143,6 ha
Parche ancla sur (Cañón del Suárez, Barichara)	118,4 ha
Corredor de mayor jerarquía (Macaregua–Suárez)	8,4 km

Análisis

El hallazgo de que el 48,9% de los parches forestales del territorio carece de corredor funcional con otros parches supera el umbral del 30% propuesto por Fahrig (2003) como nivel crítico de fragmentación del paisaje, a partir del cual las probabilidades de extinción local de especies con movilidad limitada comienzan a aumentar de manera no lineal. En términos ecológicos prácticos, estas 23 “islas de bosque” aisladas funcionan como una condena a muerte diferida para sus comunidades biológicas: sin intercambio genético entre poblaciones, sin recolonización desde parches vecinos cuando ocurre un evento de mortalidad local (sequía, incendio, tala ilegal), las poblaciones de fauna van reduciéndose hasta que la extinción local es inevitable. El bosque seco tropical de la cuenca del Suárez alberga especies endémicas —aves del género *Habia*, reptiles del orden Squamata, murciélagos polinizadores— cuya viabilidad a largo plazo depende

exactamente de la conectividad que este análisis muestra que está en proceso de colapso.

La identificación del corredor Macaregua–Cañón del Suárez (8,4 km) como el de mayor jerarquía ecológica en el territorio es un resultado que tiene implicaciones directas para el EOT. Este corredor conecta los dos parches fuente de mayor área del territorio —el bosque de la Quebrada Macaregua en Villanueva (143,6 ha) y el bosque del Cañón del Suárez en Barichara (118,4 ha)— y atraviesa precisamente las veredas con mayor concentración de predios en condición de amenaza de erosión (El Pino, Guayabal). La convergencia espacial de la prioridad ecológica y el riesgo geotécnico en las mismas veredas crea una oportunidad de diseño territorial extraordinaria: la protección del corredor ecológico y la gestión del riesgo de desastres pueden ser abordadas simultáneamente mediante una sola política territorial —la declaración de la franja del corredor como suelo de protección, acompañada de PSA para los propietarios que lo custodien y subsidios a estudios geotécnicos para quienes necesiten construir fuera del corredor.

5.9 MAPA 09 — Pérdida de Suelo RUSLE 12,5 m

Figura 9. Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica — Modelo RUSLE 12,5 m

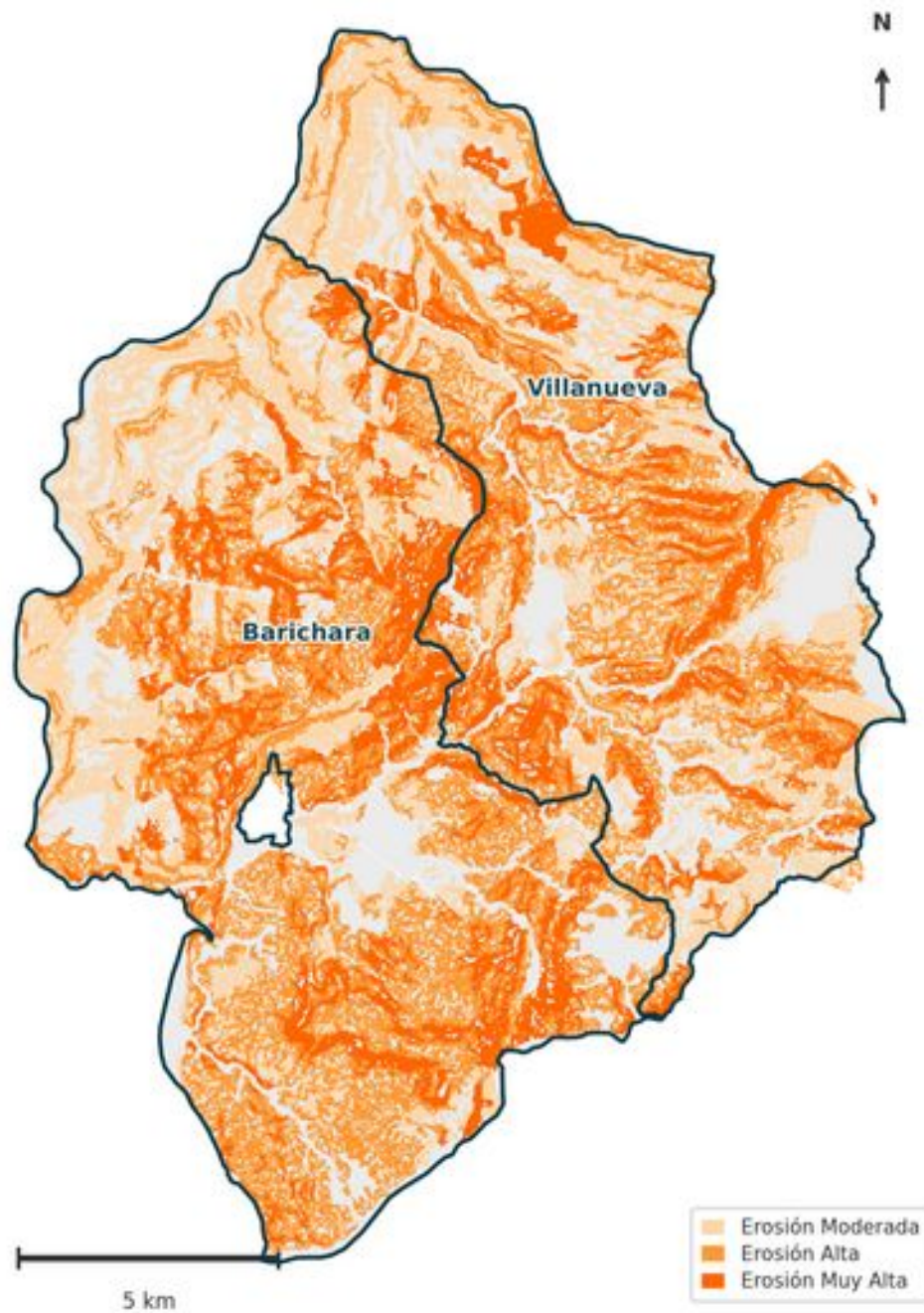


Figura: Figura 9a. Pérdida de suelo - Modelo RUSLE 12,5 m (Esquema limpio)

Figura 9. Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica — Modelo RUSLE 12,5 m



Figura: Figura 9b. Pérdida de suelo - Modelo RUSLE 12,5 m (Mapa base satelital)

Fundamentación: Ecuación RUSLE

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Factor	Valor aplicado	Fuente
R (Erosividad lluvia)	350 MJ·mm/ha·h·año	Isoyetas históricas IDEAM — cuenca media Río Suárez
K (Erodibilidad suelo)	0,05–0,35	Texturas CORINE CLC 2022 — adaptación IDEAM Colombia
LS (Factor topográfico)	Derivado del DEM	ALOS PALSAR 12,5 m (EPSG:9377) — McCool et al. (1987)
C (Factor cobertura)	0,0001–0,50	Coberturas CORINE CLC 2022 — Wischmeier y Smith (1978)
P (Prácticas conservación)	1,0	Escenario conservador sin prácticas tecnificadas

Resultados

Clase de Erosión	Rango (t/ha/año)	Superficie (ha)	% Territorio
Muy Baja	< 5	2.857,5	12,2%
Baja	5–10	1.412,1	6,0%
Moderada	10–50	6.749,9	28,8%
Alta	50–200	7.850,0	33,5%
Muy Alta	≥ 200	4.575,8	19,5%
Total Crítico (Alta + Muy Alta)		12.425,8	53,0%

Estadísticas clave: - Pérdida promedio regional: **117,7 t/ha/año** - Pérdida mediana: **58,2 t/ha/año** - Pérdida máxima puntual: **5.512,5 t/ha/año** (escarpa desnuda de alta pendiente)

Análisis

El valor de 117,7 t/ha/año como tasa media de pérdida de suelo adquiere su verdadero significado cuando se compara con la capacidad de regeneración de los suelos andinos semiáridos. La pedología del bosque seco tropical documenta tasas de formación de suelo de entre 0,5 y 2,0 t/ha/año en condiciones naturales (FAO, 2015; Verheijen et al., 2009), lo que implica que el suelo se está degradando a una velocidad entre 60 y 235 veces superior a su capacidad de regeneración natural en las zonas de erosión muy alta. En términos físicos, esto significa que un horizonte A de 15–20 cm de espesor —el nivel edáfico con materia orgánica que sustenta la fertilidad agrícola— que tardó entre 1.000 y 4.000 años en formarse puede ser completamente eliminado en las condiciones actuales de erosión en un período de 10 a 40 años. Lo que en la escala temporal del negocio inmobiliario parece un “pastizal de bajo valor” es, desde la perspectiva de la pedología, un capital natural acumulado durante milenios que está siendo destruido de manera irreversible en el transcurso de pocas décadas.

La distribución espacial de la erosión revela un patrón que tiene implicaciones directas para la priorización de las acciones de restauración. Las zonas de erosión muy alta se concentran en las laderas de mayor pendiente ($>30^\circ$) con suelos de alta erodibilidad y sin cobertura boscosa —exactamente los mismos espacios que el Mapa 06 identifica como en condición de amenaza por remoción en masa. Esta superposición no es coincidencia: es la expresión de un proceso físico único —la degradación geomorfológica acelerada por la deforestación— que se manifiesta simultáneamente como pérdida de suelo superficial y como inestabilidad de la masa edáfica. La reforestación con especies nativas de BST en estas zonas críticas produciría en 5–10 años una reducción de la erosión del 70–85% (efecto del factor C en la RUSLE), detendría los procesos de inestabilidad de taludes y comenzaría a restaurar la funcionalidad hídrica del sistema.

5.10 MAPA 10 — Serie Histórica de Deforestación 2012–2024

Figura 10. Serie histórica de pérdida de bosque por año

Figura 10. Serie Histórica de Pérdida de Bosque por Año (2013-2024)



Figura

Metodología

Detección de cambio binaria interanual ($t \rightarrow t+1$) sobre los mapas Bosque/No Bosque del SMBYC-IDEAM. Implementado en Python/Rasterio para todos los años 2012–2024. Para cada par de años consecutivos, se identificaron los píxeles de

transición bosque→no bosque (deforestación bruta), no bosque→bosque (regeneración bruta) y los estables en cada categoría.

Resultados: Eventos de Deforestación Bruta por Período

Período	Pérdida Barichara (ha)	Pérdida Villanueva (ha)	Total
2012→2013	5,8	1,4	7,2
2013→2014	0,1	0,0	0,1
2014→2015	0,8	—	0,8
2015→2016	—	0,1	0,1
2016→2017	0,4	2,5	2,9
2017→2018	0,3	0,3	0,6
2018→2019	0,2	—	0,2
2019→2020	—	—	—
2020→2021	—	—	—
2021→2022	5,5	1,1	6,6
2022→2023	1,0	1,7	2,7
2023→2024	3,2	1,3	4,5
TOTAL	17,3	8,4	25,6

Los dos picos de mayor deforestación bruta (2021–2022: 6,6 ha; 2023–2024: 4,5 ha) coinciden con el boom inmobiliario rural post-pandemia. La deforestación no se detiene — **se acelera**.

Cobertura Boscosa Remanente por Municipio y Vereda (2024)

De acuerdo con el procesamiento cartográfico final sobre coberturas oficiales del SMBYC-IDEAM (2024), el territorio bajo análisis conserva un total de **827,3 ha** de bosque protector nativo (692,7 ha en Barichara y 134,6 ha en Villanueva), lo que representa el **3,5% de la superficie territorial regional combinada** (23.429,3 ha). Desagregado por municipio, **Barichara conserva el 5,2% de su superficie** (692,7 ha de bosque sobre 13.231,9 ha de área municipal total) y **Villanueva apenas el 1,3%** (134,6 ha sobre 10.197,4 ha). Ambos valores se ubican drásticamente por debajo de cualquier umbral ecológico de referencia; la distribución veredal es la siguiente:

Tabla 8 *Inventario de Cobertura de Bosque Seco Tropical Remanente en Barichara y Villanueva (2024)*

Municipio	Vereda	Bosque 2012 (ha)	Bosque 2024 (ha)	Variación Neta (ha)
Barichara	San José Bajo	112,2	109,2	-3,1
	Santa Helena	81,9	79,5	-2,4
	Paramito	74,0	70,3	-3,6
	Guayabal	57,7	57,8	+0,1
	Caraquitas	53,8	55,0	+1,2
	Chahuete	44,5	43,3	-1,2
	El Pino	45,2	43,2	-2,0
	Lubigara	34,3	33,3	-1,0
	Arbolito	35,2	33,3	-1,9
	Carare	31,1	31,5	+0,4
	San José Alto	24,9	25,0	+0,1
	El Salitre	24,2	23,7	-0,5
	Guane	22,2	22,5	+0,3
	Agua Fría	21,6	21,7	+0,1
	Llano Higuera	17,2	17,1	-0,1
	El Caucho	17,0	16,9	-0,1
	Guanentá	4,4	3,7	-0,7
	Higueras	0,7	0,6	-0,1
	Regadillo	0,7	0,6	-0,1
	Butaregua	0,4	0,1	-0,3
	<i>Alto de Martha</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
	<i>Alto del Trigo</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
Villanueva	Macaregua	37,7	52,5	+14,8
	El Choro	33,5	29,6	-3,9
	El Caucho	15,1	14,6	-0,6

Municipio	Vereda	Bosque 2012 (ha)	Bosque 2024 (ha)	Variación Neta (ha)
	Hato Viejo	10,6	10,1	-0,5
	Higueras	9,5	9,6	+0,1
	Butaregua	5,9	5,9	0,0
	La Lajita	3,8	3,7	-0,1
	El Limoncito	7,4	3,6	-3,8
	El Carrizal	1,4	1,7	+0,3
	Caraquitas	1,2	1,5	+0,3
	Otras Veredas	0,0	0,0	0,0

Nota. Fuente: Procesamiento QGIS/GDAL sobre capas Bosque/No Bosque IDEAM 30 m y catastro IGAC (2026).

Análisis

La lectura de la serie histórica muestra un patrón de deforestación episódica en pulsos que responde a los ciclos del mercado inmobiliario: períodos de baja actividad deforestadora alternados con picos de alta intensidad asociados a la apertura de nuevas parcelaciones. Este patrón es característico de los procesos de deforestación impulsados por el mercado en destinos turísticos de alta valorización inmobiliaria, y contrasta con los patrones de deforestación de subsistencia —que producen pérdidas pequeñas y sostenidas distribuidas uniformemente en el tiempo. La identificación de estos pulsos es útil para el diseño de políticas: la ventana de oportunidad para detener la deforestación es precisamente el período entre pulsos, cuando el mercado inmobiliario está temporalmente menos activo y las comunidades son más receptivas a los instrumentos de conservación.

El acumulado de 25,6 ha de deforestación bruta en 12 años —sobre un total de 837,2 ha de bosque en 2012— representa una pérdida del 3,1% de la cobertura forestal original. En términos absolutos parece modesto; en términos relativos, dado que ese 3,5% de bosque restante es lo que sostiene la funcionalidad hídrica y ecológica de 23.429 ha de territorio, cada hectárea adicional que se pierde tiene un impacto desproporcionado sobre el sistema. La ecología del paisaje establece que ecosistemas con cobertura forestal inferior al **20–30%** del área entran en “modo de colapso acelerado”: los parches residuales pierden capacidad de resistir

perturbaciones, la fauna se extingue localmente a tasas no lineales y el suelo desnudo se erosiona a velocidades que impiden la regeneración natural (Fahrig, 2003; Forman y Godron, 1986). Para el Bosque Seco Tropical neotropical en particular —el ecosistema específico de este territorio—, Arroyo-Rodríguez et al. (2017) determinaron que la fragmentación crítica irreversible se produce cuando la cobertura boscosa desciende por debajo del **15% del paisaje**, umbral que Villanueva (1,3%) ya ha superado ampliamente en sentido descendente y que Barichara (5,2%) se aproxima peligrosamente.

Para dimensionar la brecha de restauración, los cálculos realizados sobre las áreas municipales reales (IGAC, 2024) arrojan los siguientes resultados: **para que Barichara alcance el umbral mínimo funcional del 20%** de cobertura boscosa sobre su superficie municipal, se requieren 2.646 ha de bosque —es decir, **1.954 ha adicionales** respecto a las 692,7 ha actuales. **Villanueva necesitaría 2.039 ha** —un déficit de **1.905 ha**. En conjunto, el territorio necesita restaurar **al menos 3.859 ha de bosque nativo** solo para alcanzar el umbral mínimo de funcionalidad ecológica, lo que representa **cuadruplicar la cobertura forestal actual**. A las tasas de restauración activa documentadas para el BST colombiano (entre 77 y 155 ha/año bajo programas intensivos de plantación nativa), ese proceso requeriría entre **25 y 50 años de esfuerzo sostenido** —una escala temporal que subraya por qué detener la deforestación activa es absolutamente insustituible: cada hectárea que se pierde hoy alarga proporcionalmente ese horizonte de recuperación.

6. ANÁLISIS INVEST: VALORACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Figura 11. Stock de Carbono por Cobertura Vegetal — Modelo InVEST

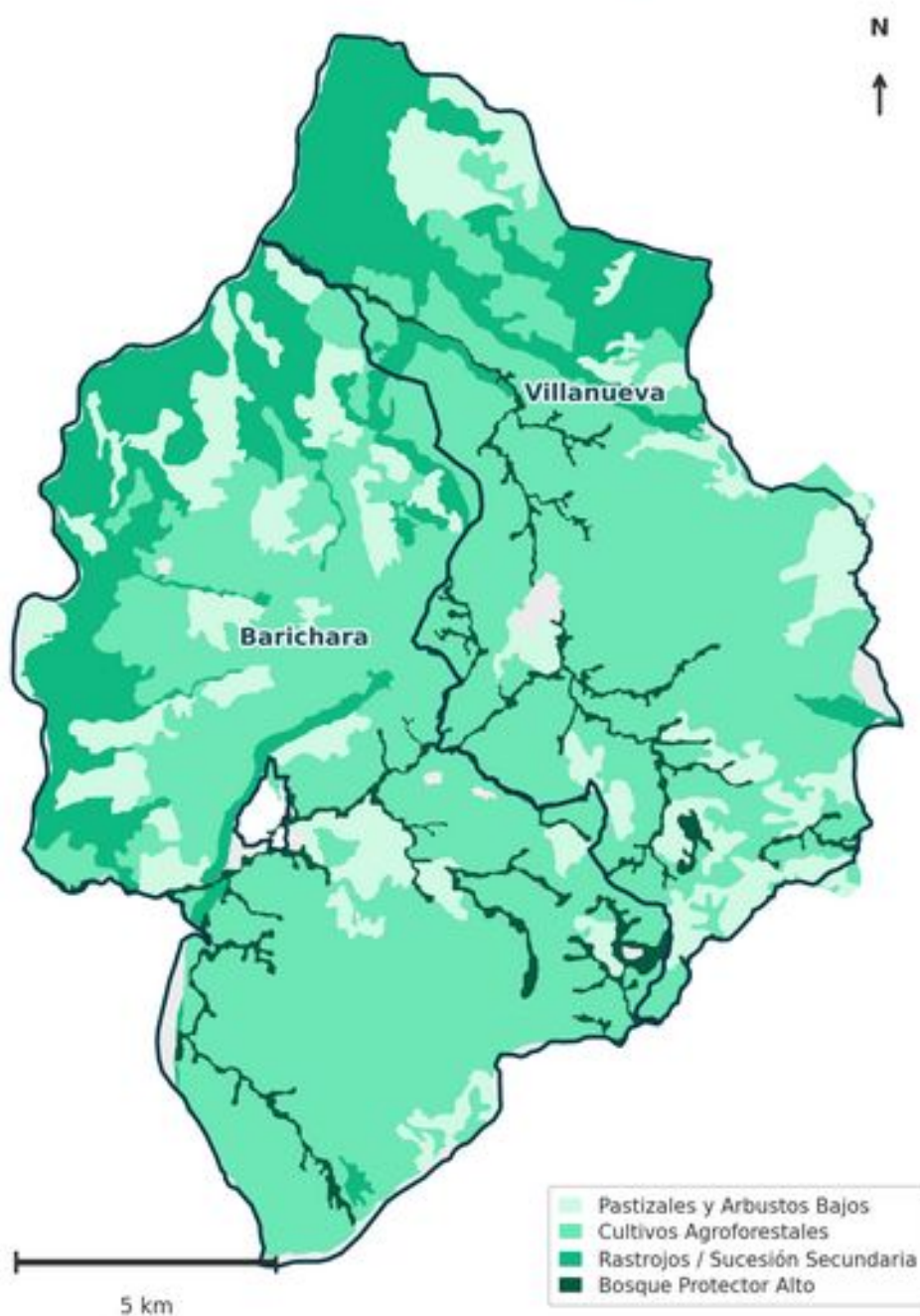


Figura: Figura 11a. Stock de carbono por cobertura vegetal - Modelo InVEST (Esquema limpio)

Figura 11. Stock de Carbono por Cobertura Vegetal — Modelo InVEST

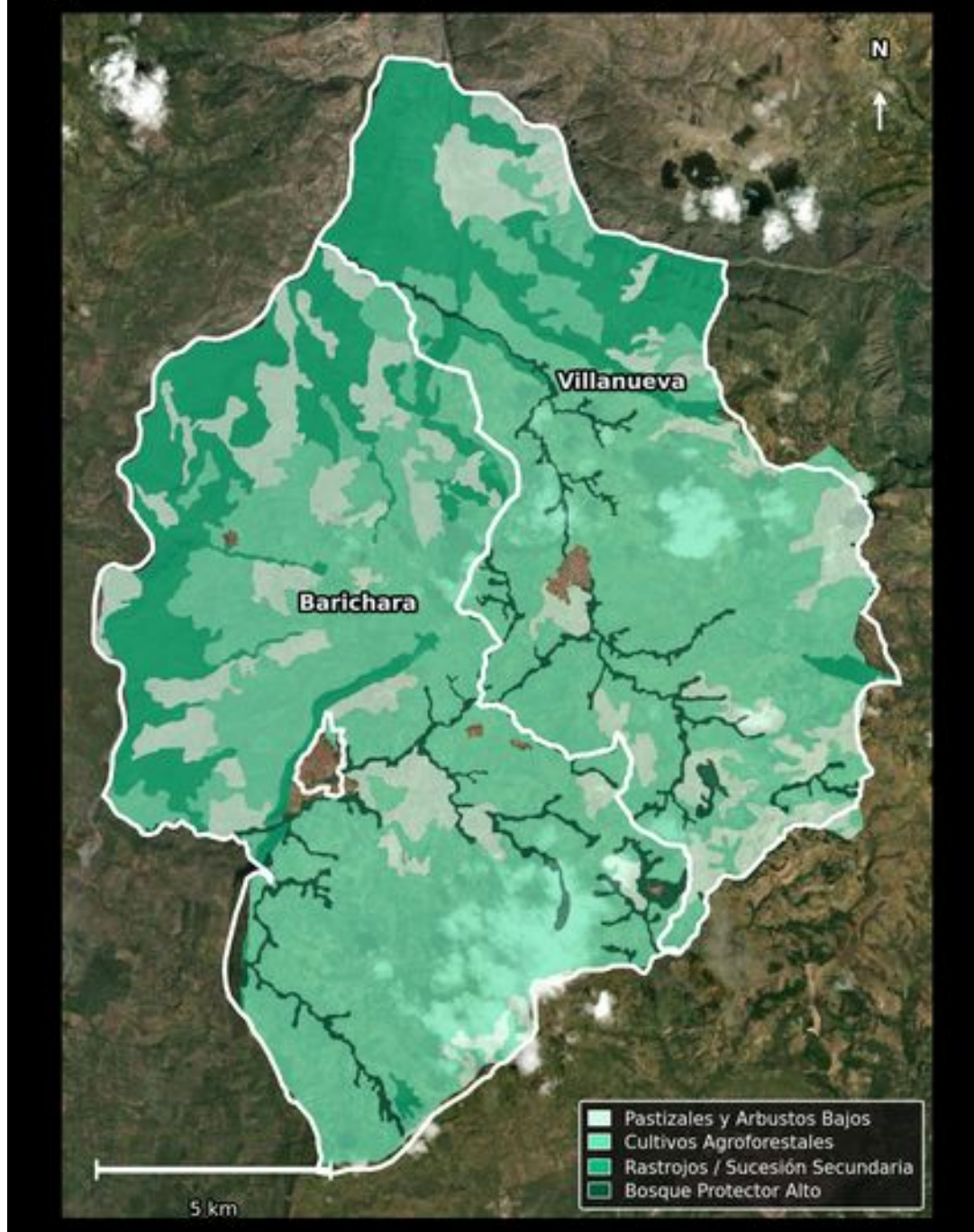


Figura: Figura 11b. Stock de carbono por cobertura vegetal - Modelo InVEST (Mapa base satelital)

Se utilizaron tres módulos del modelo **InVEST** (Natural Capital Project — Sharp et al., 2020): almacenamiento de carbono (Carbon Storage and Sequestration), regulación hídrica (Annual Water Yield) y retención de sedimentos (SDR proxy). El propósito de esta valoración no es reducir la naturaleza a una mercancía, sino

hacer visible en términos económicos el costo real de la degradación territorial, traduciendo los impactos ecológicos a un lenguaje que los tomadores de decisión orientados a la economía puedan comprender y considerar en el proceso de ordenamiento.

6.1 Almacenamiento de Carbono

Las densidades de carbono fueron asignadas por cobertura vegetal con base en el INGEI Colombia 2014–2018 y los factores de emisión del IPCC 2019 Refinement, evaluando cuatro compartimentos: biomasa aérea, biomasa subterránea, materia orgánica muerta y carbono del suelo.

Cobertura	Área (ha)	Densidad C (tC/ha)	Stock Total (tC)
Bosque Protector Alto / Denso	1.032,1	143,0	147.589
Rastrojos / Sucesión Secundaria	4.383,9	77,0	337.558
Pastizales y Arbustos Bajos	3.860,8	44,0	169.876
Cultivos Agroforestales / Transitorios	13.785,7	38,0	523.856
Zonas Urbanas e Impermeables	204,0	5,0	1.020
Suelo Desnudo / Cárcavas	178,9	6,06	1.084
Cuerpos de Agua	0,0	0,0	0
Total	23.445,4	—	1.180.983 tC

Stock total: 1.180.983 tC = 4,33 millones de tCO₂. La deforestación registrada (2012–2024: 25,6 ha bruta) liberó entre **38.500 y 70.000 tCO₂** a la atmósfera.

El stock de carbono de 1.180.983 tC es un activo financiero real en el mercado voluntario de bonos de carbono forestal (REDD+). Al precio de referencia del Forest Carbon Partnership Facility (USD 15/tC en 2024), este stock vale **USD 17,7 millones**. Para poner esa cifra en perspectiva: el presupuesto total de ambos municipios (Barichara y Villanueva) combinados es de aproximadamente USD 3,5 millones anuales. El bosque de estos dos municipios vale, como activo de carbono, más de cinco años de presupuesto municipal. Esta cifra transforma radicalmente la pregunta sobre la conservación: no se trata de cuánto cuesta conservar, sino de cuánto se está desperdiciando al no hacerlo.

6.2 Regulación Hídrica

Con precipitación media de 1.020 mm/año y área de captación de 23.445,4 ha, el territorio genera **78,16 millones de m³/año** de escorrentía. El bosque reduce el coeficiente de escorrentía al 15% (infiltra el 85% al acuífero); el suelo desnudo llega al 70% de escorrentía directa. La diferencia entre el escenario actual (bosque degradado) y el escenario de referencia (bosque en buen estado) representa una pérdida de recarga hídrica de entre 12 y 18 millones de m³/año — agua que debería estar en los acuíferos alimentando los acueductos veredales en los meses secos.

Valor económico del servicio de regulación hídrica: USD 3,9 millones/año (SSPD 2023: USD 0,05/m³ de agua potable rural producida).

6.3 Retención de Sedimentos

$$T_{ret} = A_{RUSLE} \times (1 - SDR_{cobertura})$$

El bosque denso (SDR = 0,05) retiene el 95% del sedimento que se generaría sin cobertura. El suelo desnudo (SDR = 1,0) entrega todo el sedimento al canal de drenaje. Con los valores actuales de cobertura y erosión RUSLE:

Total retenido por la vegetación existente: 904.106 t/año **Valor económico:** USD 2,3 millones/año (Banco Mundial 2022: USD 2,5/t de sedimentos manejados en cuencas andinas).

La retención de 904.106 t/año de sedimentos es equivalente a evitar que 904.000 camiones de carga de tierra colmen las quebradas, destruyan las captaciones de agua y llenen los embalses aguas abajo. El valor de USD 2,5/t utilizado para la valoración económica es conservador: incluye únicamente el costo de manejo de sedimentos (dragado, limpieza de captaciones, tratamiento de aguas) y no el valor

de los suelos perdidos, que desde la perspectiva de la economía ecológica constituyen un pasivo ambiental intergeneracional de magnitud mucho mayor.

6.4 Resumen de Valoración Económica

Servicio Ecosistémico	Total Regional	Valor Unitario	Valor Económico
Stock de Carbono (bonos REDD+)	1.180.983 tC	USD 15/tC	USD 17,7 millones
Regulación Hídrica	78,16 Mm ³ /año	USD 0,05/m ³	USD 3,9 M/año
Retención de Sedimentos	904.106 t/año	USD 2,5/t	USD 2,3 M/año
Total servicios flujo anual			USD 6,2 millones/año

7. CRUCE CATASTRAL DE AMENAZA DE EROSIÓN

7.1 Propósito y Metodología

El cruce catastral tiene como propósito traducir el análisis de amenaza por erosión del Mapa 06 a una dimensión jurídica y de gestión predial concreta: identificar, con código catastral de 30 dígitos, cada uno de los predios rurales que tienen algún porcentaje de su área en condición de amenaza alta por erosión, conforme al Decreto 1077/2015. El cruce se realizó con GeoPandas 0.14 mediante intersección espacial entre la capa vectorial de condición de amenaza (Mapa 06) y el catastro rural multipropósito IGAC 2026. Para cada predio se calculó el porcentaje de área en amenaza como proxy de la magnitud de la afectación.

7.2 Resultados

Indicador	Total
Predios rurales analizados	5.847
Predios sin afectación (<5%)	4.491 (76,8%)
Predios con afectación Moderada (5–50%)	1.257 (21,5%)
Predios con afectación Crítica (≥ 50%)	91 (1,6%)
Predios con afectación Extrema (≥ 90%)	8 (0,1%)

Indicador	Total
Predios con alguna afectación	1.356 (23,2%)

7.3 Veredas con Mayor Concentración de Predios en Riesgo

Municipio	Vereda	Predios Afectados	Afect. Crítica (≥ 50%)
Barichara	El Pino	115	18
Barichara	Guayabal	84	12
Barichara	Carare	79	9
Barichara	Chahuete	71	8
Barichara	San José Bajo	70	7
Villanueva	El Choro	93	15
Villanueva	Agua Fría	59	9
Villanueva	Alto de Martha	36	6
Villanueva	La Lajita	31	4
Villanueva	Higueras	26	3

El listado completo de 1.356 predios con códigos catastrales, porcentaje de afectación y vereda se encuentra en [análisis_outputs/cruce_catastral_erosion_consolidado.csv](#).

7.4 Implicación para el EOT y Consideraciones de Justicia

El municipio debe incorporar este listado como **Anexo Técnico Oficial** del EOT, asignando la categoría “Condición de Amenaza Alta” y estableciendo la obligatoriedad de estudio geotécnico previo a cualquier licencia. Sin embargo, como se discutió en la Sección 3.4, esta incorporación debe ir acompañada de un mecanismo de diferenciación según la capacidad económica del propietario: mientras que los grandes desarrolladores inmobiliarios deben asumir el costo íntegro del estudio detallado (estimado entre \$20–40 millones de pesos por predio), los propietarios campesinos inscritos en el SISBÉN deben acceder a un programa de **subsidio al estudio geotécnico** financiado con recursos de la CAS y del Art. 111 de la Ley 99/93. Esta diferenciación no viola el principio de igualdad constitucional —lo materializa: tratar diferente a quienes tienen condiciones objetivamente diferentes es la condición de una justicia real, no formal.

Los 8 predios con afectación extrema (≥ 90%) merecen tratamiento prioritario inmediato: en ellos, la amenaza es tan severa que la vida de sus habitantes puede

estar en riesgo en el corto plazo, especialmente en episodios de lluvia intensa. El municipio debe incluir estos predios en el programa de Reasentamiento Preventivo de la Ley 1523/2012, con garantía de tierras de reemplazo en zonas seguras y compensación económica por la diferencia de valor.

8. SÍNTESIS DEL DIAGNÓSTICO: INDICADORES MAESTROS

Dimensión	Indicador	Valor Medido	Umbral Crítico	Estado
Bosque	Cobertura boscosa / área total regional	3,5%	$\geq 30\%$	Crítico
Bosque	Cobertura boscosa — Barichara	5,2%	$\geq 20\%$	Crítico
Bosque	Cobertura boscosa — Villanueva	1,3%	$\geq 15\%$ (BST)	Colapso
Bosque	Déficit de restauración para umbral 20%	3.859 ha	0 ha	Crítico
Bosque	Pérdida neta 2012–2024 (Barichara)	–15,7 ha	≤ 0	Crítico
Bosque	Tasa reciente 2021–2024	–11,6 ha/3 años	—	Crítico
Hídrico	Déficit rondas permanentes (30m)	86,0%	$< 20\%$	Crítico
Hídrico	Déficit fajas intermitentes (30m)	95,6%	$< 20\%$	Crítico
Hídrico	Veredas en	12 de 31	0	

Dimensión	Indicador	Valor Medido	Umbral Crítico	Estado
	colapso hídrico (IVH > 3)			Crítico
Suelo	Área con erosión Alta o Muy Alta	53,0%	< 15%	Crítico
Suelo	Tasa media pérdida de suelo	117,7 t/ha/año	< 2 t/ha/año	Crítico
Urbanístico	Veredas con micro-loteo crítico (>30%)	7 de 20	0	Crítico
Conectividad	Parches forestales aislados	48,9%	< 10%	Crítico
POMCA	Conflicto de uso EOT/POMCA	~47,3% territorio	0%	Crítico
Jurídico	Predios con amenaza sin restricción	1.356 predios	0	Crítico
Carbono	Stock en riesgo activo	1,18 M tC	—	Alerta

De los 12 indicadores evaluados, 11 se encuentran en estado Crítico.

El territorio enfrenta una emergencia ecológica de carácter multidimensional que supera la capacidad de respuesta de los instrumentos de gestión ordinaria. La declaratoria de emergencia no es retórica: es el mecanismo jurídico que habilita la respuesta institucional excepcional que la magnitud de la crisis exige.

9. PROPUESTA ESTRATÉGICA

La estrategia propuesta se articula en cuatro ejes que son interdependientes e inseparables: actuar solo en uno de ellos sin los demás está condenado al fracaso

político o ecológico. El eje normativo (Eje 1 y 2) sin los instrumentos financieros (Eje 3) produce restricciones que las comunidades no pueden cumplir. Los instrumentos financieros (Eje 3) sin el blindaje normativo (Eje 2) son papeles sin dientes. Y ambos, sin la justicia socioambiental (Eje 4), generan conflicto social y resistencia comunitaria que bloquea la implementación.

9.1 Eje 1 — Declaratoria Formal de Emergencia Ecológica

Se propone que los Concejos Municipales de Barichara y Villanueva adopten un **Acuerdo Municipal de Declaratoria de Emergencia Ecológica** que:

1. Reconozca formalmente la situación de crisis ambiental documentada en este informe.
2. Establezca una **moratoria inmediata de 18 meses** sobre nuevas licencias de parcelación rural en zonas de micro-loteo crítico (IPU >30%), amenaza por erosión (Mapa 06) y Áreas de Protección y Restauración del POMCA.
3. Ordene la revisión urgente del EOT en máximo 12 meses (Art. 28, Ley 388/1997 — revisión excepcional por emergencia).
4. Solicite a la CAS ejercer sus facultades de policía ambiental (Art. 31, Ley 99/93) para el control del micro-loteo ilegal, la recuperación de rondas hídricas y la revocación de permisos ambientales incompatibles con el POMCA.

Base jurídica: Arts. 79–80 Constitución Política; Art. 64 Ley 99/1993; Art. 28 Ley 388/1997; Ley 1523/2012; Arts. 31 y 65 Ley 99/1993 (competencias de la CAS).

La declaratoria de emergencia ecológica tiene un valor político que va más allá de sus efectos jurídicos directos: es el acto simbólico y formal mediante el cual los representantes elegidos del pueblo reconocen que el problema existe, que es grave y que demanda una respuesta institucional especial. Sin ese reconocimiento formal, las iniciativas de conservación permanecen en el terreno de las “buenas prácticas voluntarias” que los actores con intereses inmobiliarios ignoran impunemente.

9.2 Eje 2 — Instrumentos de Ordenamiento Territorial

9.2.1 Determinantes Ambientales a Incorporar al EOT

Determinante	Fuente	Categoría en EOT	Régimen
Zonificación POMCA Río Suárez	CAS	Suelo de Protección (Art. 35, L388/97)	Absoluto
Rondas hídricas (30	IGAC +	Suelo de Protección Absoluta	Absoluto

Determinante	Fuente	Categoría en EOT	Régimen
m)	Mapa 03		
Parches y corredores forestales	Mapa 08 (Eonaria)	Estructura Ecológica Principal	Restictivo
Zonas de amenaza por erosión	Mapa 06 (Eonaria)	Zona de Amenaza Alta	Condicionad o
1.356 predios afectados	Cruce IGAC/Mapa 06	Condición de Amenaza (D. 1077/2015)	Condicionad o

9.2.2 Régimen Urbanístico Rural: Microloteo

La propuesta para el régimen de uso del suelo rural parte de la síntesis entre el rigor técnico de Eonaria y las propuestas de Barichara Regenerativa, traduciendo las visiones comunitarias en parámetros jurídicamente exigibles. El EOT debe establecer:

1. **UAF mínima vinculante de 3,0 ha:** Ninguna subdivisión puede generar lotes menores sin plan de uso agropecuario activo verificable con concepto técnico favorable de la **Secretaría de Planeación Municipal** —o la dependencia competente de desarrollo rural— y concepto previo de la **CAS** cuando el predio involucre suelo de protección ambiental. *(Nota: La figura “UMATA”, regulada por la Ley 607 de 2000, fue derogada por el Art. 47 de la Ley 1876 de 2017, que la reemplazó por las EPSEA — Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria — registradas ante la Agencia de Desarrollo Rural [ADR]. En Barichara y Villanueva, como municipios sin curaduría urbana, la autoridad de licenciamiento predial rural es la Secretaría de Planeación Municipal, según el Art. 2.2.6.1.1.6 del Decreto 1077 de 2015.)*
2. **Prohibición de parcelaciones campestres** en: Áreas de Protección/Restauración POMCA; rondas hídricas legales; parches y corredores de la EEP (Mapa 08); áreas de amenaza alta (Mapa 06).
3. **Régimen de la parcelación campestre como subcategoría de uso:** En las zonas donde el EOT la permita (suelo rural suburbano de baja pendiente, fuera de las restricciones anteriores), las parcelaciones campestres deben cumplir un IO máximo del 10% (solo el 10% del área puede ser construida o impermeabilizada), sistema de captación de aguas lluvias que satisfaga el 100% de la demanda hídrica del proyecto, tratamiento de aguas residuales

de ciclo cerrado (cero vertimientos a quebradas), y pago de plusvalía del 30% sobre la valorización generada por el cambio de uso.

4. **Servidumbres ecológicas obligatorias** inscritas en el folio de matrícula inmobiliaria para predios que crucen corredores del Mapa 08, con compensación fiscal (exención predial del 80% en el área de servidumbre).

9.2.3 Estructura Ecológica Principal (EEP) Propuesta

Componente	Extensión	Régimen
Parches forestales conectados (Mapa 08)	487,3 ha	Conservación estricta
Corredores ecológicos prioritarios (Mapa 08)	1.234,8 ha	Restauración obligatoria
Rondas y fajas hídricas 30m (Mapa 03)	3.705,5 ha	Suelo de protección absoluta
Áreas Protegidas y de Protección POMCA (Mapa 07)	10.879,7 ha	Determinante POMCA vinculante
Total EEP propuesta	~16.307,3 ha = 69,6% del territorio	

La EEP propuesta no es una aspiración futura: es la delimitación de los ecosistemas que el ordenamiento territorial debe proteger como infraestructura hídrica, climática y ecológica del territorio. El **69,6% del territorio como EEP** refleja la realidad geográfica ajustada al marco normativo nacional y al POMCA (que clasifica el 68,7% del territorio como suelo de conservación o restauración), incluyendo ahora la cobertura plena de las fajas de protección de 30m sobre toda la red hídrica superficial (3.705,5 ha), lo que obliga a limitar drásticamente la parcelación en áreas críticas de recarga hídrica.

9.3 Eje 3 — Financiación: PSA, TDC y REDD+

9.3.1 Pagos por Servicios Ambientales (PSA): Marco Legal y Ruta Operativa

El marco legal de los PSA en Colombia combina el **Decreto Ley 870 de 2017** —que establece el concepto y los principios generales— con el **Decreto 1007 de 2018** —que regula la ejecución presupuestal del 1% ambiental obligatorio—, el cual se rige actualmente bajo la base de los **Ingresos Corrientes de Libre Destinación (ICLD)** según lo dispuesto por el Artículo 3 de la **Ley 2320 de 2023** (que zanjó la tensión histórica de base al depurar transferencias nacionales como el SGP, consolidando una doctrina del Consejo de Estado vigente desde 2009).

Sin embargo, dado el carácter de sexta categoría de Barichara y Villanueva, sus flujos anuales ordinarios del 1% ICLD son reducidos (entre COP 50 y 65 millones/año para Barichara, y COP 39 y 46 millones/año para Villanueva). Por lo tanto, para financiar la restauración a gran escala de las 3.456,6 ha de rondas hídricas en déficit, la capitalización del **Fondo de Restauración Ecológica y PSA** se apalancará en la Acción Popular interpuesta por la Veeduría Ciudadana en 2026. Esta acción demanda el cobro judicial retroactivo del pasivo ambiental acumulado por omisión negligente de inversión presupuestal entre 2016 y 2026, el cual asciende a **COP 1.224 millones en Barichara y COP 969 millones en Villanueva** (COP 738 M combinados bajo base ICLD mínima, o hasta COP 2.193 M bajo base estatutaria transicional). La combinación de la ley ordinaria de PSA y el litigio estratégico asegura tanto el flujo anual sostenible como el capital semilla inicial para la recuperación del territorio.

La ruta burocrática completa para activar el PSA con recursos del 1% comprende cinco fases:

FASE I — Delimitación Técnica de Áreas de Importancia Estratégica (AIE): El municipio adopta mediante acto administrativo los mapas de Eonaria (Mapa 03 de rondas hídricas y Mapa 04 de vulnerabilidad hídrica) como insumo técnico para definir las AIE del territorio. Estos mapas son presentados a la CAS para validación y aval, que certifica que las AIE corresponden a áreas de importancia estratégica para el recurso hídrico según el POMCA del Río Suárez. Sin este aval de la CAS, ningún pago PSA puede ser girado.

FASE II — Viabilización e Inclusión Presupuestal: La Secretaría de Planeación formula un proyecto de inversión bajo la Metodología General Ajustada (MGA) con el objeto: “Implementación de esquemas de Pago por Servicios Ambientales en las microcuencas abastecedoras del municipio”. El proyecto se inscribe en el Banco de Proyectos Municipal, el Concejo lo aprueba con rúbrica específica en el POAI y la Secretaría de Hacienda expide el Certificado de Disponibilidad Presupuestal (CDP) que garantiza que los recursos están reservados.

FASE III — Selección de Beneficiarios: Convocatoria pública a propietarios y poseedores de los predios en las AIE. **Ventaja clave del Decreto 870/17:** la norma permite pagar PSA a poseedores de buena fe sin título inscrito, resolviendo la crisis de informalidad de tierras campesinas en Santander. El pago se calcula por “costo de oportunidad”: lo que el campesino deja de percibir por no explotar agropecuariamente su tierra (referencia: precio del jornal agrícola local × días de trabajo posible en el área de conservación).

FASE IV — Acuerdo de Conservación: El Alcalde y el propietario suscriben un Acuerdo de Conservación —no un contrato comercial ordinario sino un instrumento especial previsto en el Decreto 870/17 que exime al campesino de retenciones, IVA y pólizas de la Ley 80. El acuerdo delimita la “zona de conservación” (bosque intocable) y la “zona de uso sostenible” (vivienda y huerta agroecológica). El campesino se compromete a: no talar, no cazar, no quemar, retirar el ganado de las rondas y permitir visitas de monitoreo.

FASE V — Monitoreo y Desembolso: Eonaria (o entidad aliada contratada por el municipio) realiza monitoreo satelital semestral de las coberturas boscosas y emite el “Informe de Cumplimiento de Compromisos de Conservación”. Con este informe, la Tesorería Municipal procede a la transferencia electrónica directa a la cuenta del campesino. El monitoreo satelital —usando los mismos insumos IDEAM del Mapa 02— elimina la posibilidad de fraude y reduce drásticamente el costo de supervisión respecto a las visitas de campo tradicionales.

Ventajas del PSA frente a la compra de predios:

Variable	Compra Tradicional	PSA
Costo inicial	Extremadamente alto	Bajo (pago anual)
Gobernanza	Predio abandonado sin guardabosques	Campesino como guardián activo
Impacto social	Desplazamiento rural	Permanencia y diversificación de ingresos
Trámite	Pleitos de titulación, avalúos, hipotecas	Ágil, acepta poseedores de buena fe

9.3.2 *Transferencia de Derechos de Construcción (TDC)*

La TDC es el instrumento de la Ley 388/1997 que permite separar la propiedad física del suelo del derecho a edificar sobre él. En el EOT de Barichara-Villanueva, funcionaría creando dos zonas interdependientes:

- **Zona Emisora:** Veredas críticas en fábricas de agua en colapso (El Caucho, Guane, La Lajita). El propietario cuyo predio está en zona roja de protección recibe “Certificados de TDC” proporcionales al tamaño de su tierra, como compensación por la restricción. Sigue siendo dueño de su tierra y puede cultivarla agroecológicamente, pero inscribe en su escritura una servidumbre ecológica perpetua.
- **Zona Receptora:** Corredores de baja pendiente sin afectación hídrica, aptos para desarrollo turístico controlado. El EOT le otorga al desarrollador una densidad básica (1 unidad/ha), pero le permite la densidad máxima (4 unidades/ha) únicamente si compra los Certificados de TDC que el campesino emitió.

La transacción entre el campesino emisor y el desarrollador receptor ocurre en el mercado privado, sin burocracia estatal: el campesino recibe dinero del sector privado; el municipio conserva sus fábricas de agua a costo cero para el erario. Este mecanismo es jurídicamente sólido en Colombia desde la Ley 388/1997, pero prácticamente inexplorado en los municipios de sexta categoría —una oportunidad de innovación institucional que Barichara puede liderar a nivel departamental.

9.3.3 *Esquema REDD+ Subnacional*

El stock de carbono de 1.180.983 tC (4,33 millones de tCO₂) cumple los requisitos de escala y verificabilidad para ser certificado como un proyecto **REDD+ subnacional** ante los estándares del Verified Carbon Standard (VCS) o el Gold Standard. La monetización de este stock en el mercado voluntario de carbono —a precios que en 2024 oscilan entre USD 10 y USD 25/tC— generaría entre USD 12 y USD 30 millones en ingresos distribuibles directamente a los propietarios rurales que hayan suscrito Acuerdos de Conservación, transformando la conservación forestal en un negocio rentable para el campo.

El Decreto 870/2017 y el Decreto 926/2017 establecen el marco nacional para REDD+, y el MADS ha desarrollado una metodología de referencia de deforestación que puede ser usada como línea base para un proyecto REDD+ en la cuenca del Suárez. La CAS tiene competencia para avalar el diseño del

proyecto, y la Fundación Eonaria puede acompañar la formulación y gestión del protocolo de certificación. La gestión de REDD+ es un proyecto de 5 a 10 años, pero su diseño debe comenzar en el primer año de la revisión del EOT para que los ingresos empiecen a fluir cuando el mercado de carbono esté en su fase de alta demanda.

9.3.4 Otras Fuentes de Financiación

Mecanismo	Base Jurídica	Monto Estimado
1% ICLD (Art. 111, Ley 99/93)	Ley 2320 de 2023	COP 50–65 M/año (ordinario) / COP 738–2.193 M (pasivo de deuda retroactiva)*
SGR — Proyectos de recuperación ambiental	Ley 2056/2020	Variable (concurso)
Plusvalías urbanísticas	Arts. 73–90, Ley 388/1997	30% valorización parcelaciones
Compensaciones por biodiversidad (Bancos de Hábitat)	Decreto 1076/2015	COP 500–2.000 M/predio compensado
GEF / FCPF Banco Mundial	Cooperación internacional	Co-financiación por convocatoria
Fondos AFD-Envol Vert	Cooperación francesa	Modelo Montechico adaptable

**Nota: El flujo ordinario anual del 1% de los Ingresos Corrientes de Libre Destinación (ICLD) es limitado debido a la escala de municipios de 6ª categoría (COP 56–66 M/año en Barichara y COP 39–46 M/año en Villanueva). La capitalización inicial del Fondo de Restauración se apalancará en la Acción Popular que demanda el cobro retroactivo de la deuda acumulada por omisión de inversión entre 2016 y 2026, estimada en un pasivo regional de COP 738 M (escenario ICLD) a COP 2.193 M (escenario estatutario transicional).*

9.4 Eje 4 — Justicia Socioambiental

9.4.1 Marco Filosófico: El Enfoque de Capacidades Aplicado al Territorio

La justicia socioambiental no es un adorno político de la propuesta técnica: es su condición de viabilidad. Los instrumentos de conservación que no distribuyen equitativamente los costos y beneficios entre los distintos actores del territorio no son implementables en democracia —terminan siendo burlados por quienes

tienen el poder económico para hacerlo, o resistidos por quienes tienen el poder moral de la legítima ocupación histórica del territorio. El Enfoque de Capacidades de Nussbaum provee el criterio concreto para evaluar la justicia de cada instrumento: ¿este mecanismo amplía o restringe las capacidades reales de los campesinos más vulnerables del territorio? Si la respuesta es que las restringe, el instrumento debe ser rediseñado.

Aplicado al EOT de Barichara-Villanueva, este criterio implica que ninguna restricción de uso del suelo puede aplicarse a un campesino sin que simultáneamente se le ofrezca una alternativa económica viable que compense el costo de esa restricción. La prohibición de construir en una ronda hídrica sin PSA es una injusticia. La prohibición de construir en una ronda hídrica con PSA que compensa el costo de oportunidad es una obligación que el Estado puede exigir legítimamente. Esta diferencia parece sutil pero es constitutivamente la distinción entre una política de conservación justa y una que reproduce la desigualdad que pretende corregir.

9.4.2 Instrumentos Concretos de Justicia Socioambiental

1. Subsidio a Estudios Detallados de Riesgo: Al identificar 1.356 predios en Condición de Amenaza, el Decreto 1077/2015 activa el requisito de un Estudio Detallado de Riesgo costado por el propietario. El EOT debe establecer que el municipio (con apoyo de la CAS y el SGR) **cofinanciará entre el 80% y el 100% de estos estudios** para propietarios campesinos inscritos en el SISBÉN niveles I–III, cobrando el 100% únicamente a fondos de inversión, desarrolladores comerciales y propietarios no residentes de altos ingresos. Esta diferenciación evita que la norma de seguridad se convierta en un mecanismo de expulsión del campesino de su propia tierra.

2. Reservas Naturales de la Sociedad Civil (RNSC): La formalización de predios de conservación privada ante Parques Nacionales Naturales bajo la figura de RNSC otorga beneficios concretos y verificables: (a) exención del 100% del impuesto predial en las áreas de preservación; (b) prioridad absoluta en los fondos de PSA del Art. 111; (c) elegibilidad para captación de compensaciones ambientales corporativas (proyectos de infraestructura que deben compensar en el territorio); (d) acceso a cooperación internacional y bioeconomía. Los casos de las RNSC Ernesto Jiménez Lozada y Montechico en la región demuestran que este modelo genera ingresos reales para sus propietarios —miel nativa, ecoturismo científico, bonos de carbono por biodiversidad— mientras conserva ecosistemas de alto valor.

3. Exención Condicionada del Impuesto Predial: El EOT debe establecer que cualquier predio rural que certifique mantener más del 50% de su área con cobertura forestal nativa estará exento del **90% del impuesto predial** en el área de conservación. Esta medida elimina la asfixia fiscal que obliga al campesino a lotear para poder pagar impuestos: con la exención, conservar el bosque se vuelve financieramente superior a talarlo.

4. Audiencias Públicas Obligatorias: Antes de aprobar cualquier licencia de parcelación o cambio de uso del suelo en veredas con IPU superior al 20%, el EOT debe exigir una audiencia pública veredal con participación de todos los propietarios colindantes, el acueducto veredal afectado y la comunidad en general. Esta disposición materializa el principio de participación comunitaria de Barichara Regenerativa en forma de norma jurídicamente exigible.

5. Plataforma de Monitoreo Ciudadano: El visor **3DSIG** desarrollado por Eonaria —disponible en línea con todos los mapas del diagnóstico en formato interactivo— permite que cualquier ciudadano, desde su celular, consulte el estado ambiental de su vereda: cobertura boscosa, déficit de rondas, condición de amenaza predial, estado de la conectividad ecológica. Esta transparencia informativa es un instrumento de control ciudadano que complementa las instituciones formales: una comunidad informada puede denunciar irregularidades con fundamento técnico, hacer seguimiento a los compromisos de las administraciones municipales y participar activamente en la revisión del EOT.

9.5 Hoja de Ruta: Cronograma de Implementación

Fase	Acciones	Responsables	Plazo	Recursos
1 — Inmediata	Moratoria licencias; socialización diagnóstico; solicitud a CAS; audiencias veredales	Alcaldías, Concejos, CAS	0–3 meses	Presupuesto ordinario
2 — Corto plazo	Revisión EOT; incorporación POMCA y EEP; régimen	Planeación, CAS, Concejo	3–12 meses	Art. 111 ICLD; SGR

Fase	Acciones	Responsables	Plazo	Recursos
	micro-loteo; PSA fase 1			
3 — Mediano o plazo	Diseño TDC; gestión REDD+; recuperación rondas prioritarias; RNSC nuevas	Alcaldías, CDMB, MADS	12–36 meses	PSA; REDD+; FONAM
4 — Largo plazo	Consolidación EEP; monitoreo continuo; certificación REDD+; red de servidumbres	Alcaldías, Eonaria, Comunidades	36–120 meses	REDD+; Cooperación int.

10. CONCLUSIONES

La evidencia presentada en este documento construye un argumento incontrovertible: los municipios de Barichara y Villanueva atraviesan una emergencia ecológica real, documentada con precisión técnica inédita en la región, que supera la capacidad de respuesta de los instrumentos ordinarios de gestión territorial. Los datos no son opiniones: son el resultado de procesar 13 años de imágenes satelitales, 644 km de red hídrica, 5.847 predios catastrales y miles de kilómetros cuadrados de análisis topográfico a 12,5 m de resolución. Ignorarlos no los hace desaparecer —hace que sus consecuencias se materialicen sin que nadie haya tenido la oportunidad de prevenirlas.

La primera conclusión es que el EOT vigente no cumple su función de protección territorial. Su omisión de los determinantes ambientales del POMCA, su silencio sobre el micro-loteo rural y su falta de análisis de riesgo a escala predial lo convierten en un instrumento que facilita la degradación en lugar de prevenirla. Esta no es una crítica a las personas que lo elaboraron sino a un sistema institucional que históricamente ha subestimado la complejidad técnica del ordenamiento ambiental en municipios de pequeña escala.

La segunda conclusión es que el proceso participativo de Barichara Regenerativa y el diagnóstico técnico de Eonaria son complementarios y mutuamente necesarios. El EOT que Barichara y Villanueva necesitan es uno que use los polígonos de 12,5 m de Eonaria para trazar las líneas rojas infranqueables, y las asambleas ciudadanas de Barichara Regenerativa para decidir cómo prosperar dentro de esas fronteras. Ambos procesos convergen en el mismo diagnóstico y deben converger también en la misma solución.

La tercera conclusión es que existe una ventana de oportunidad real para actuar —pero es estrecha y se cierra a ritmo acelerado. El territorio conserva activos ecológicos significativos —827,3 ha de bosque (5,2% de Barichara, 1,3% de Villanueva), 1,18 millones de tC almacenadas, un corredor ecológico potencial de primer orden, 78 millones de m³/año de regulación hídrica— que pueden ser la base de una estrategia de restauración económicamente rentable y socialmente justa. Sin embargo, la brecha entre el estado actual y el umbral mínimo de funcionalidad ecológica es enorme: el territorio necesita restaurar **3.859 ha adicionales de bosque nativo** solo para alcanzar el 20% de cobertura —una meta que, bajo programas de restauración activa intensivos, tomaría entre 25 y 50 años. Esto no es pesimismo: es la dimensión real del reto, y su magnitud justifica precisamente que la respuesta institucional sea proporcional a la urgencia.

La cuarta conclusión es que la herramienta jurídica existe —falta la voluntad política de aplicarla. El marco colombiano proporciona todos los instrumentos necesarios: la Ley 388/1997, el Decreto 1077/2015, el Art. 111 de la Ley 99/93, el Decreto 870/2017, el POMCA del Río Suárez. El desafío es político y de capacidad técnica institucional, no legal. La Fundación Eonaria pone a disposición del municipio toda la base cartográfica, metodológica y estratégica necesaria para que esa voluntad política, cuando exista, encuentre la base técnica lista para implementarse sin demoras.

La quinta conclusión es que la justicia socioambiental es el principio rector insustituible. Cualquier estrategia de conservación que no incluya los mecanismos de equidad en la distribución de costos y beneficios estará condenada al fracaso político: los campesinos no defenderán una política de conservación que los trate como obstáculos en lugar de como sus primeros beneficiarios. Los PSA, las TDC, las exenciones prediales condicionadas y el acceso a REDD+ son los instrumentos concretos para hacer de la conservación un negocio justo para el campo.

11. REFERENCIAS

- Budyko, M. I. (1948). *Evaporation under natural conditions*. Gidrometeoizdat.
- CAS. (2023). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Suárez: Zonificación ambiental y régimen de usos*. Corporación Autónoma Regional de Santander.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., y van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Daily, G. C. (Ed.). (1997). *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.
- Arroyo-Rodríguez, V., Melo, F. P. L., Martínez-Ramos, M., Bongers, F., Chazdon, R. L., Meave, J. A., Norden, N., Santos, B. A., Leal, I. R., y Tabarelli, M. (2017). Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: New insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. *Biological Reviews*, 92(1), 326–340. <https://doi.org/10.1111/brv.12231>
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- FAO. (2015). *Status of the world's soil resources: Main report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Forman, R. T. T., y Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. John Wiley & Sons.
- Harvey, D. (2003). *The new imperialism*. Oxford University Press.
- Honey, M. (2008). *Ecotourism and sustainable development: Who owns paradise?* (2.^a ed.). Island Press.
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, 13(1), 350–361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- IDEAM. (2019). *Estudio nacional del agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (2024). *Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC): Mapas Bosque/No Bosque 2012–2024*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia.

- IGAC. (2026). *Catastro rural multipropósito: Predios rurales de Barichara y Villanueva, Santander*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- JAXA. (2011). *ALOS PALSAR: Global digital surface model (DSM) at 12.5 m resolution*. Japan Aerospace Exploration Agency.
- MacArthur, R. H., y Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- McCool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., y Meyer, L. D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30(5), 1387–1396. <https://doi.org/10.13031/2013.30576>
- Múnera-Roldán, C., Carvajal-Escobar, Y., y Aldunce, P. (2020). Vulnerabilidad hídrica en cuencas andinas colombianas: Un análisis integrado. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(170), 112–128.
- Norgaard, R. B. (2010). Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics*, 69(6), 1219–1227. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.009>
- Nussbaum, M. C. (2011). *Creating capabilities: The human development approach*. Harvard University Press.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Portillo-Quintero, C. A., y Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., y Yoder, D. C. (Coords.). (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)* (Agriculture Handbook No. 703). USDA–ARS.
- Sen, A. (2000). *Development as freedom*. Anchor Books.
- Sharp, R., et al. (2020). *InVEST 3.14 user's guide*. The Natural Capital Project.

- Stroma, C., Jørgensen, S. L., y Holm, J. (2019). The contradictions of eco-tourism development in small island states. *Journal of Ecotourism*, 18(2), 133–149.
- Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20(1), 171–197.
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001131>
- UPRA. (2020). *Metodología para la determinación de la Unidad Agrícola Familiar (UAF) en Colombia*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.
- Urban, D. L., y Keitt, T. H. (2001). Landscape connectivity: A graph-theoretic perspective. *Ecology*, 82(5), 1205–1218. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1205:LCAGTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[1205:LCAGTP]2.0.CO;2)
- Van der Hammen, T., y Andrade, G. (Eds.). (2003). *Estructura ecológica principal de Colombia: Primera aproximación*. IDEAM.
- Verheijen, F. G. A., Jones, R. J. A., Rickson, R. J., y Smith, C. J. (2009). Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews*, 94(1–4), 23–38.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.02.003>
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (Agriculture Handbook No. 537). USDA–ARS.
-

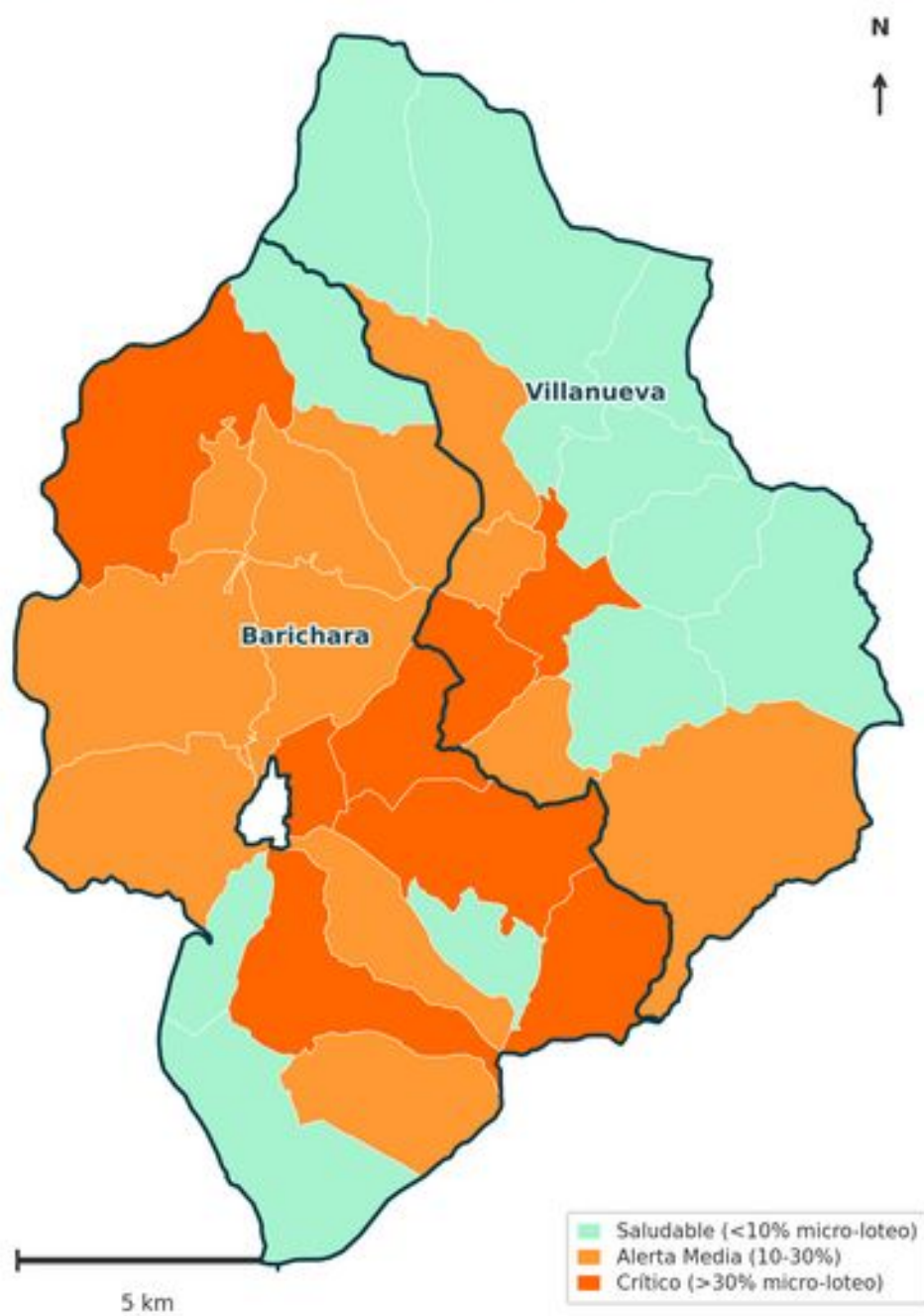
12. ANEXOS

Anexo A — Índice de Figuras y Acceso a Mapas

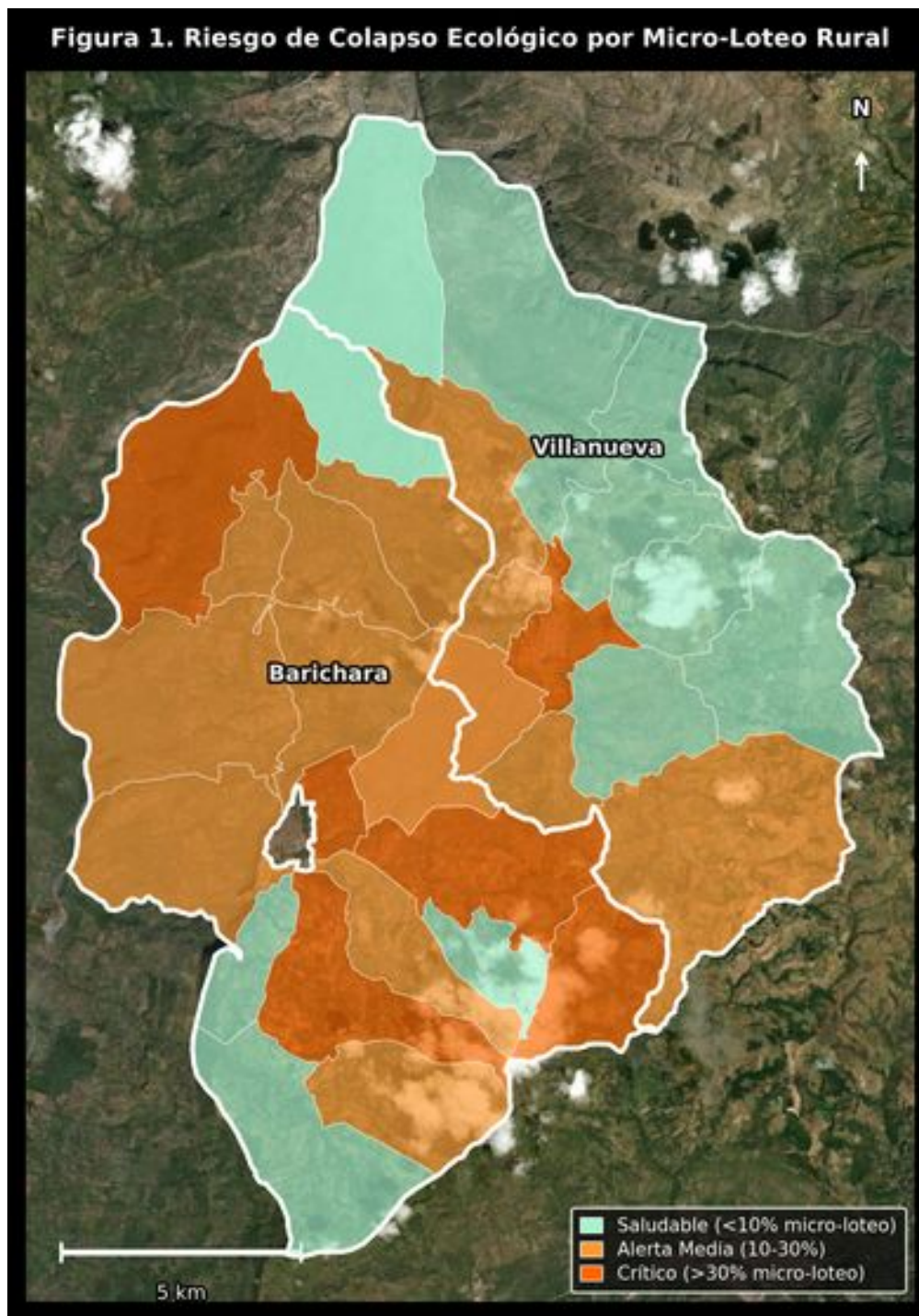
Todas las figuras cartográficas (Fig. 1 a Fig. 11) se presentan en doble versión para su consulta y visualización espacial: la versión estándar (esquema cartográfico limpio sobre fondo blanco) y la versión satelital (_sat.png con mapa base satelital) para facilitar la identificación del terreno.

- **Figura 1: Riesgo de colapso ecológico por micro-loteo rural (IPU veredal)**

Figura 1. Riesgo de Colapso Ecológico por Micro-Loteo Rural



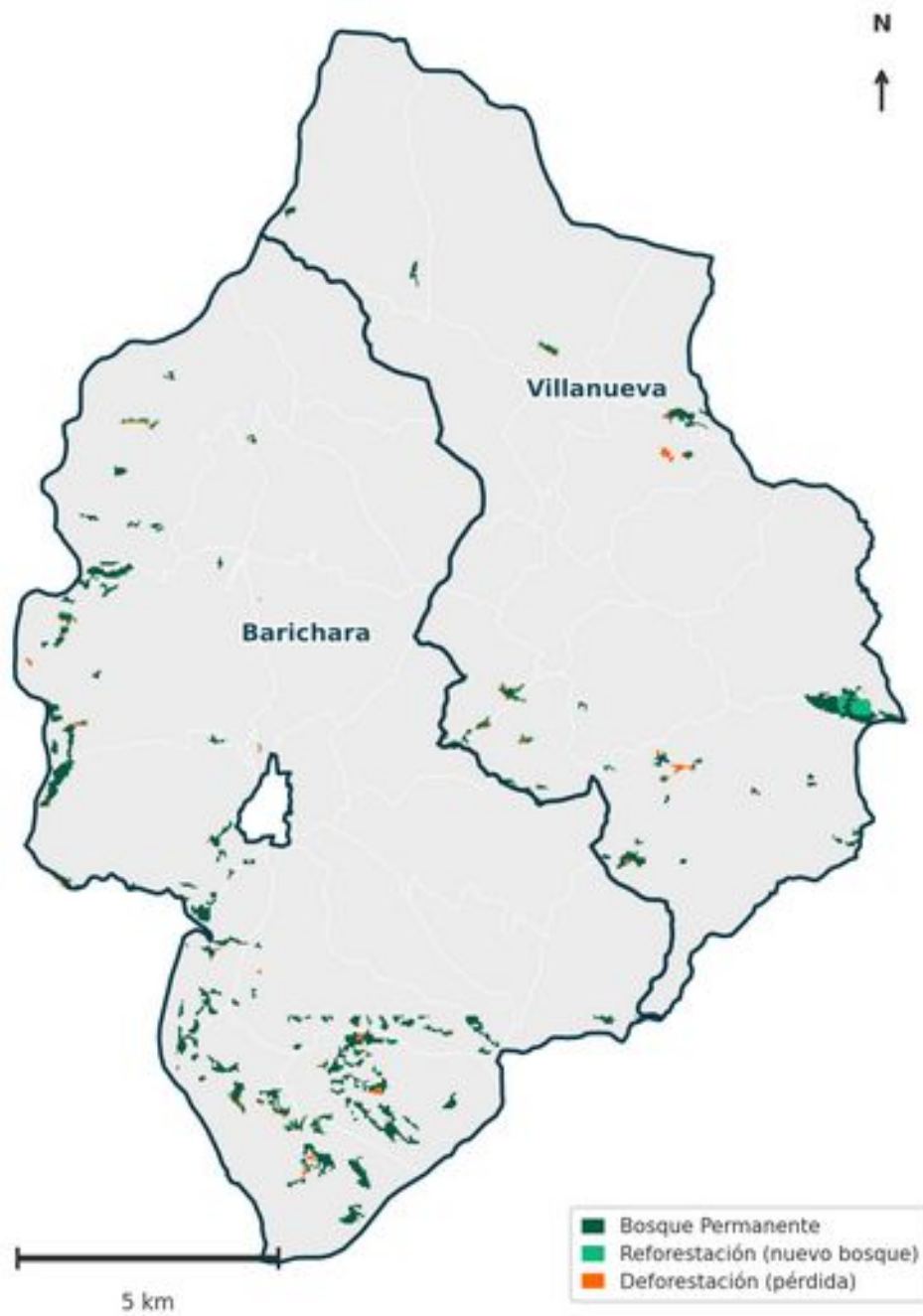
Versión limpia



Versión satelital

- **Figura 2: Cambio de cobertura boscosa (2012–2024)**

Figura 2. Cambio de Cobertura Boscosa (2012-2024)



Versión limpia



Versión satelital

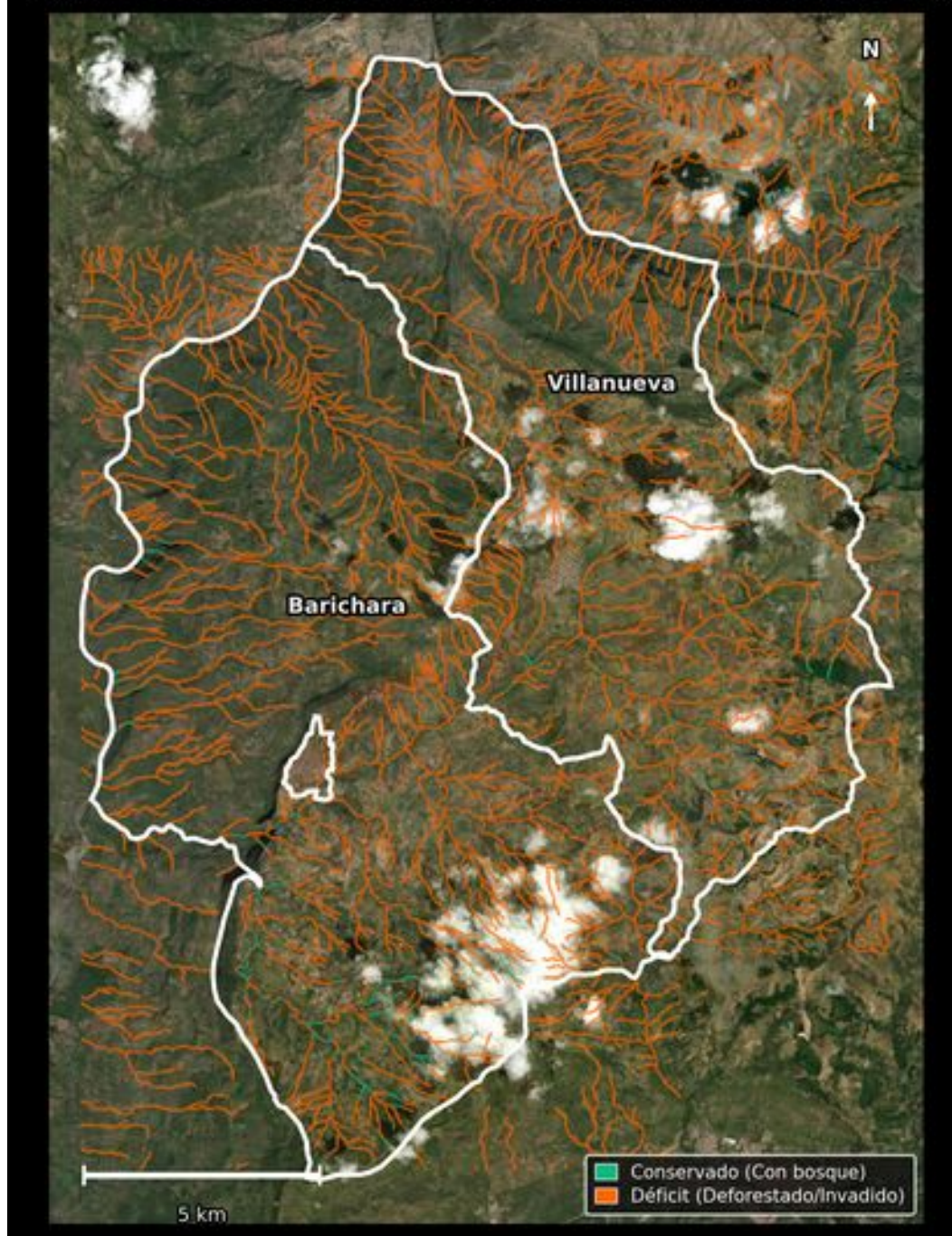
- **Figura 3: Estado de conservación y déficit de rondas hídricas legales (30 m)**

Figura 3. Estado de Conservación de Rondas Hídricas (Franja 30 m)



Versión limpia

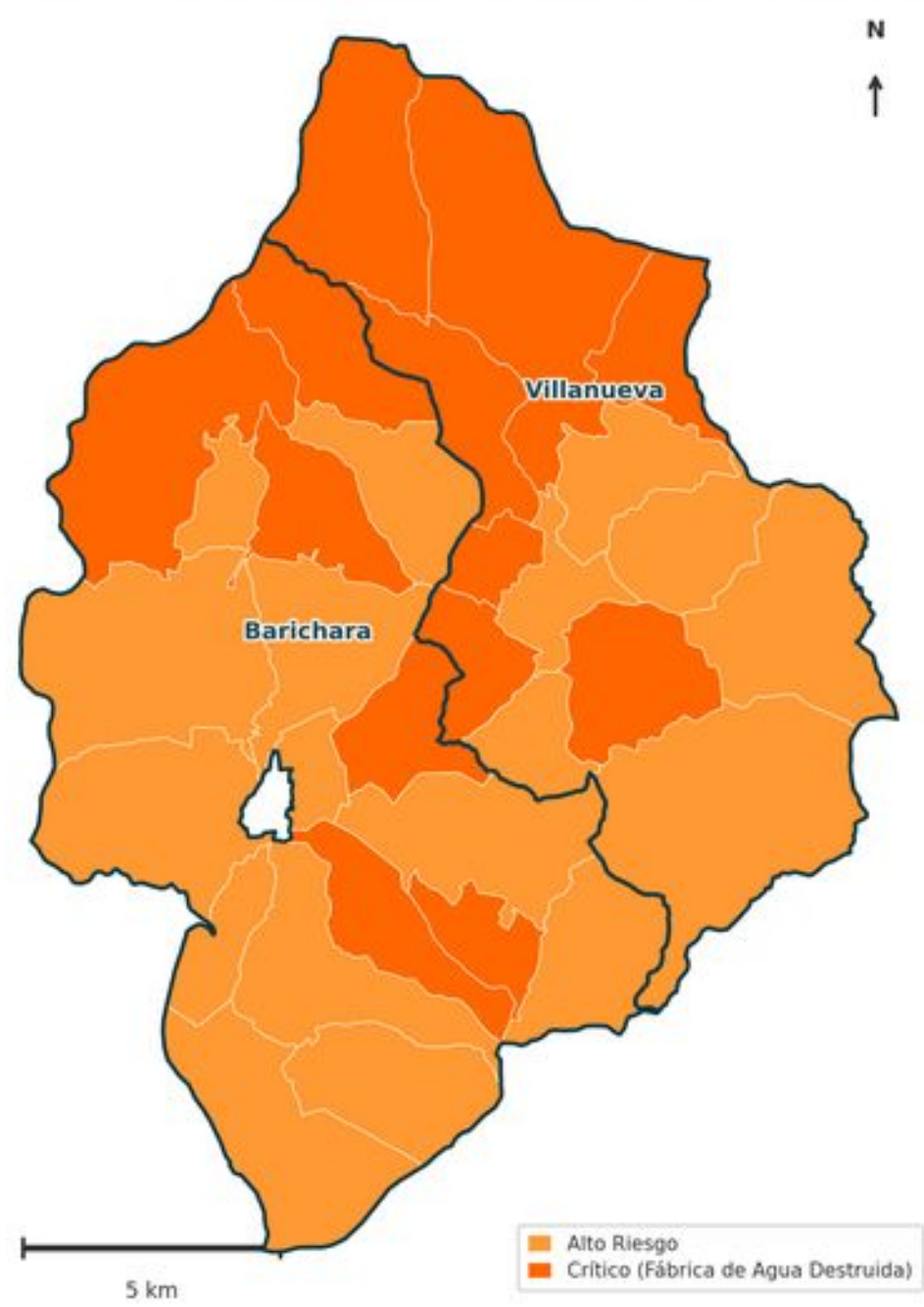
Figura 3. Estado de Conservación de Rondas Hídricas (Franja 30 m)



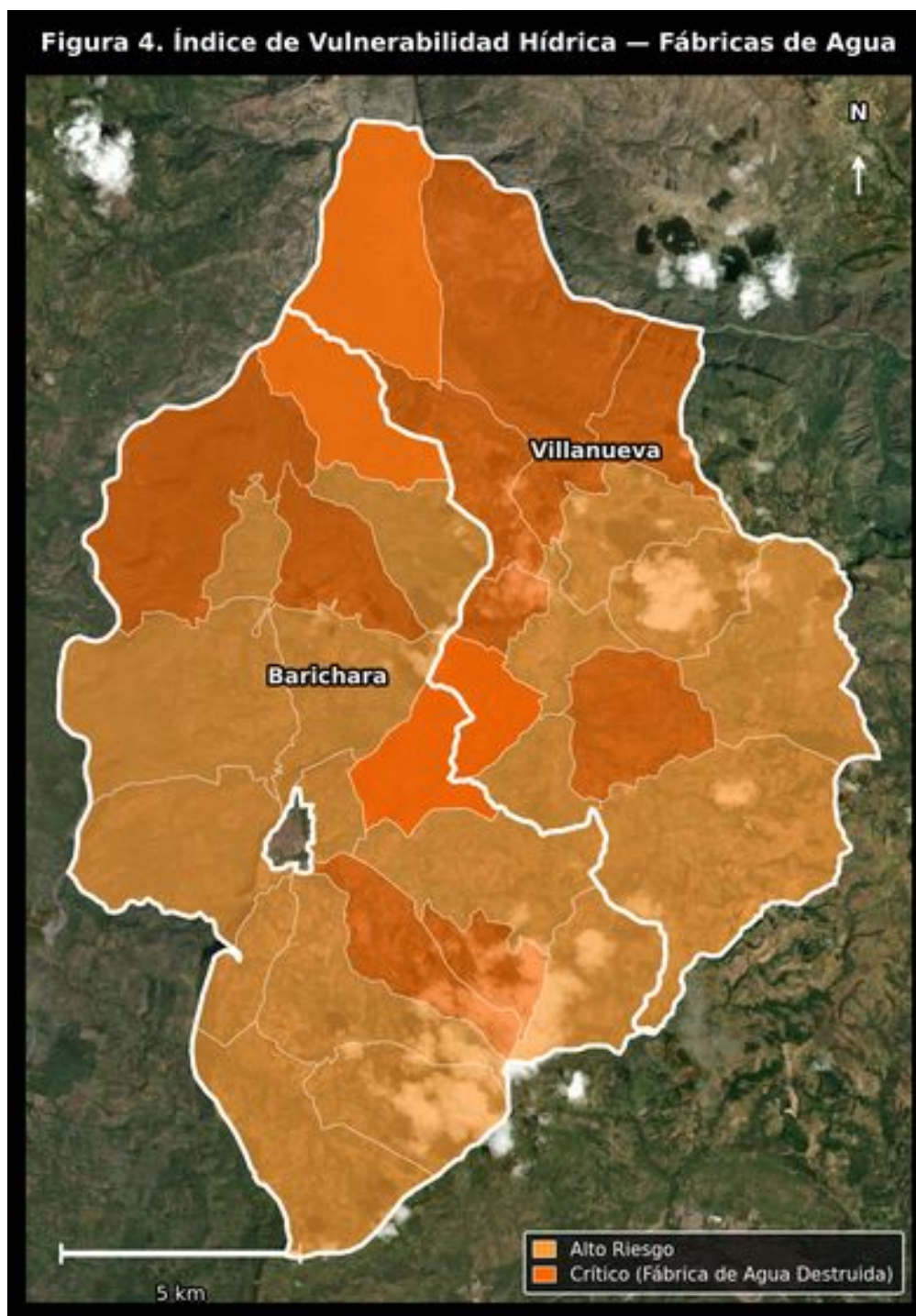
Versión satelital

- **Figura 4: Índice de Vulnerabilidad Hídrica veredal — Fábricas de agua**

Figura 4. Índice de Vulnerabilidad Hídrica — Fábricas de Agua



Versión limpia



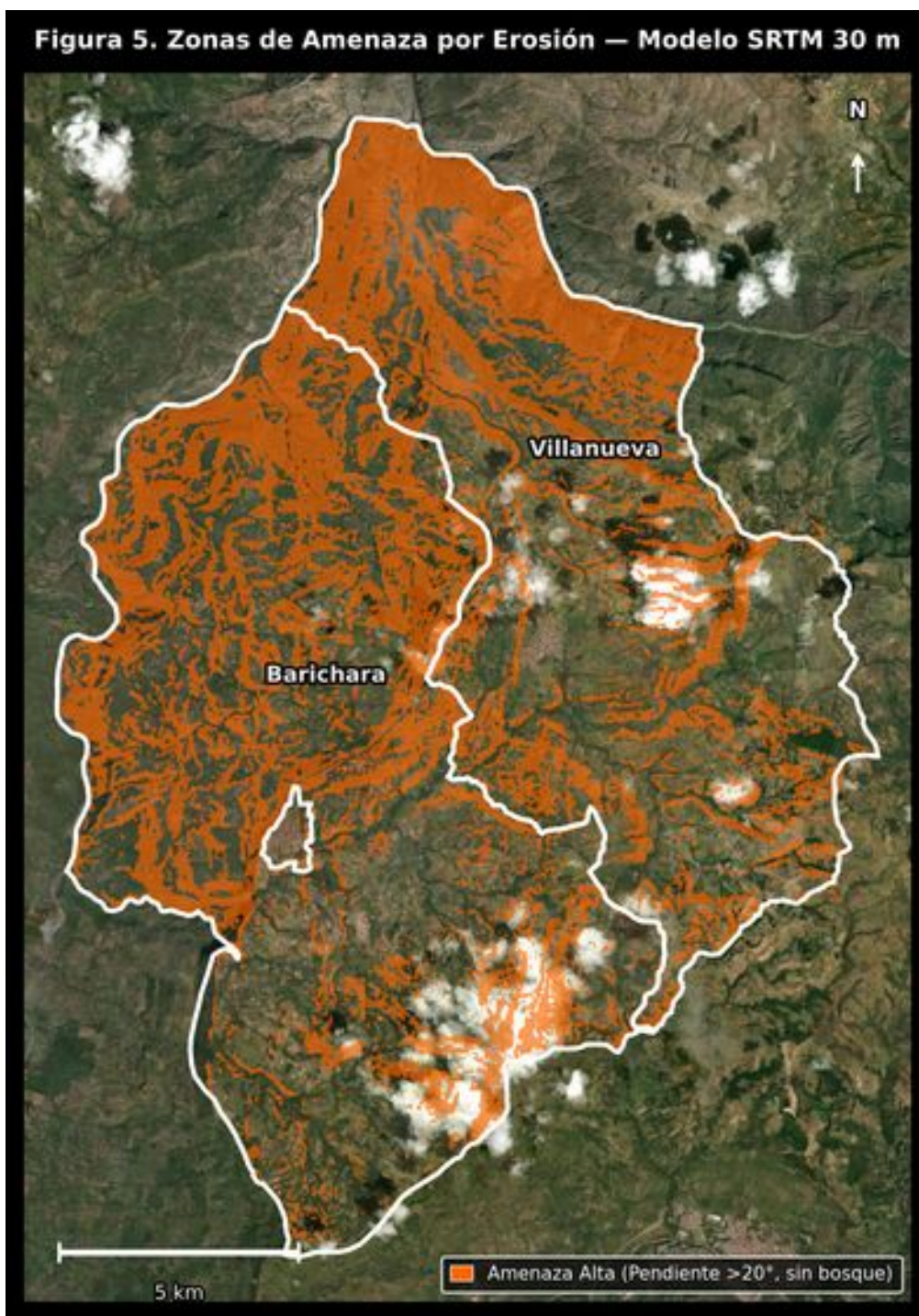
Versión satelital

- **Figura 5: Zonas de amenaza por erosión (Modelo topográfico SRTM 30 m)**

Figura 5. Zonas de Amenaza por Erosión — Modelo SRTM 30 m



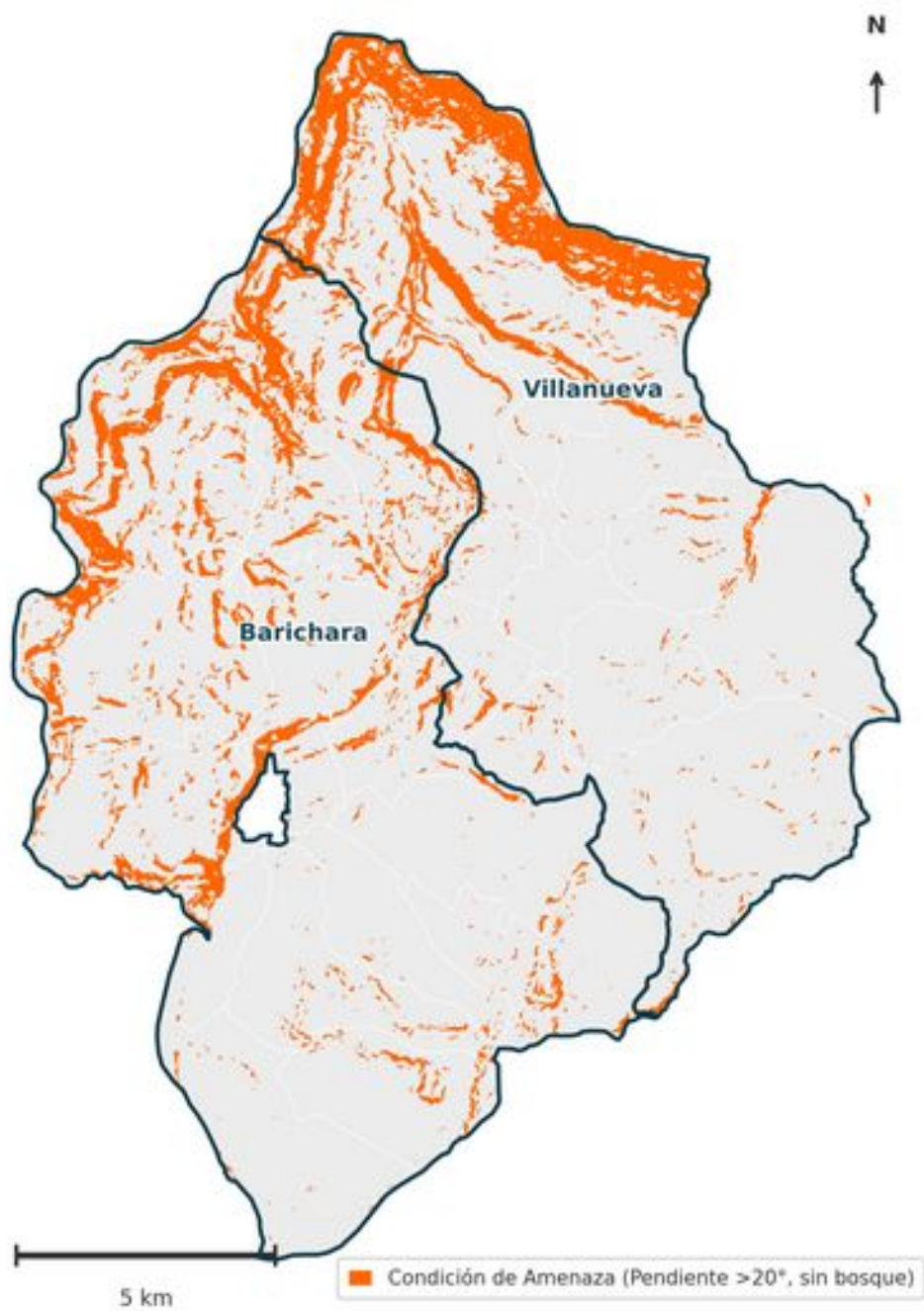
Versión limpia



Versión satelital

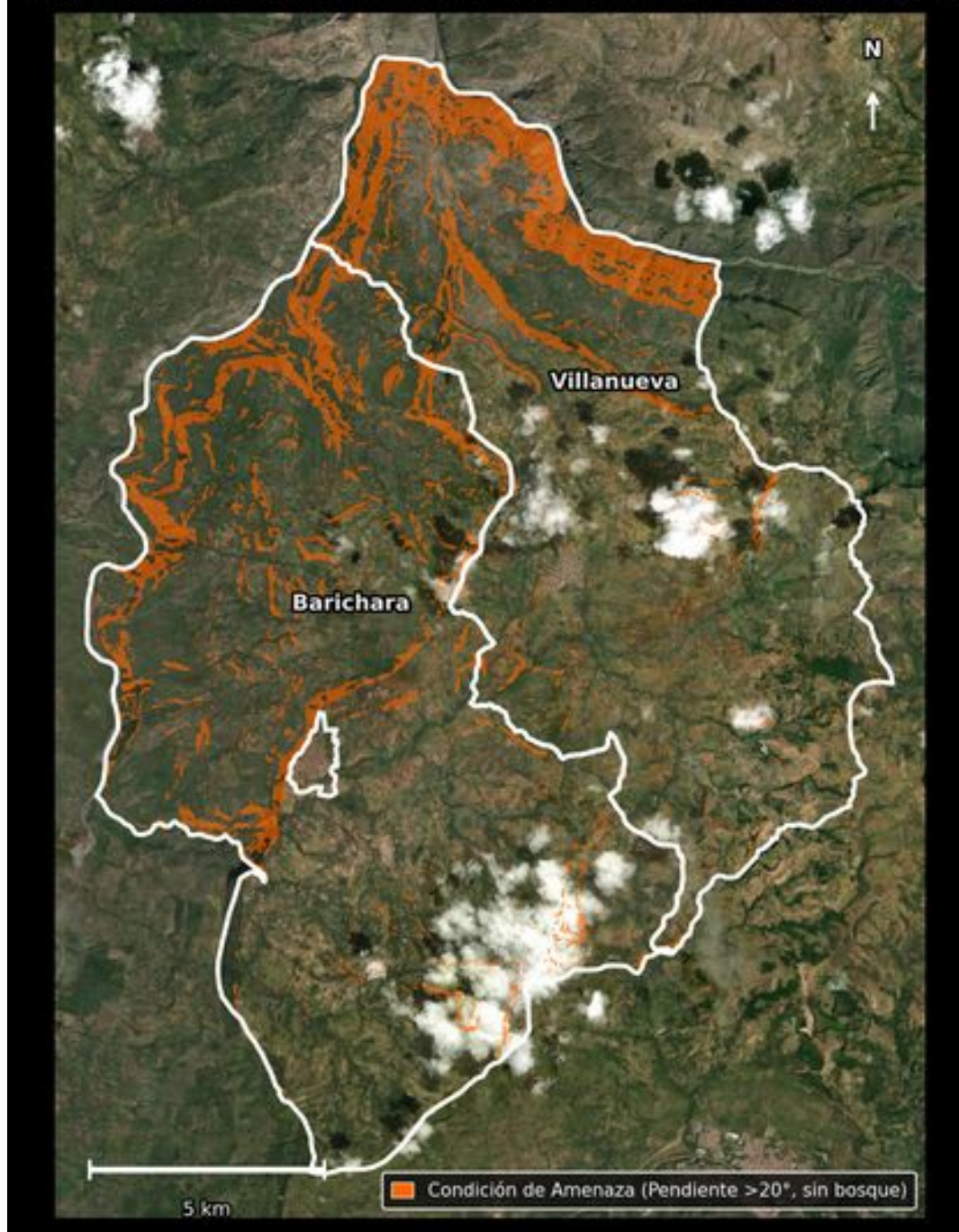
- **Figura 6: Condición de amenaza por erosión (Sensor activo ALOS PALSAR 12,5 m)**

Figura 6. Condición de Amenaza por Erosión — ALOS PALSAR 12,5 m



Versión limpia

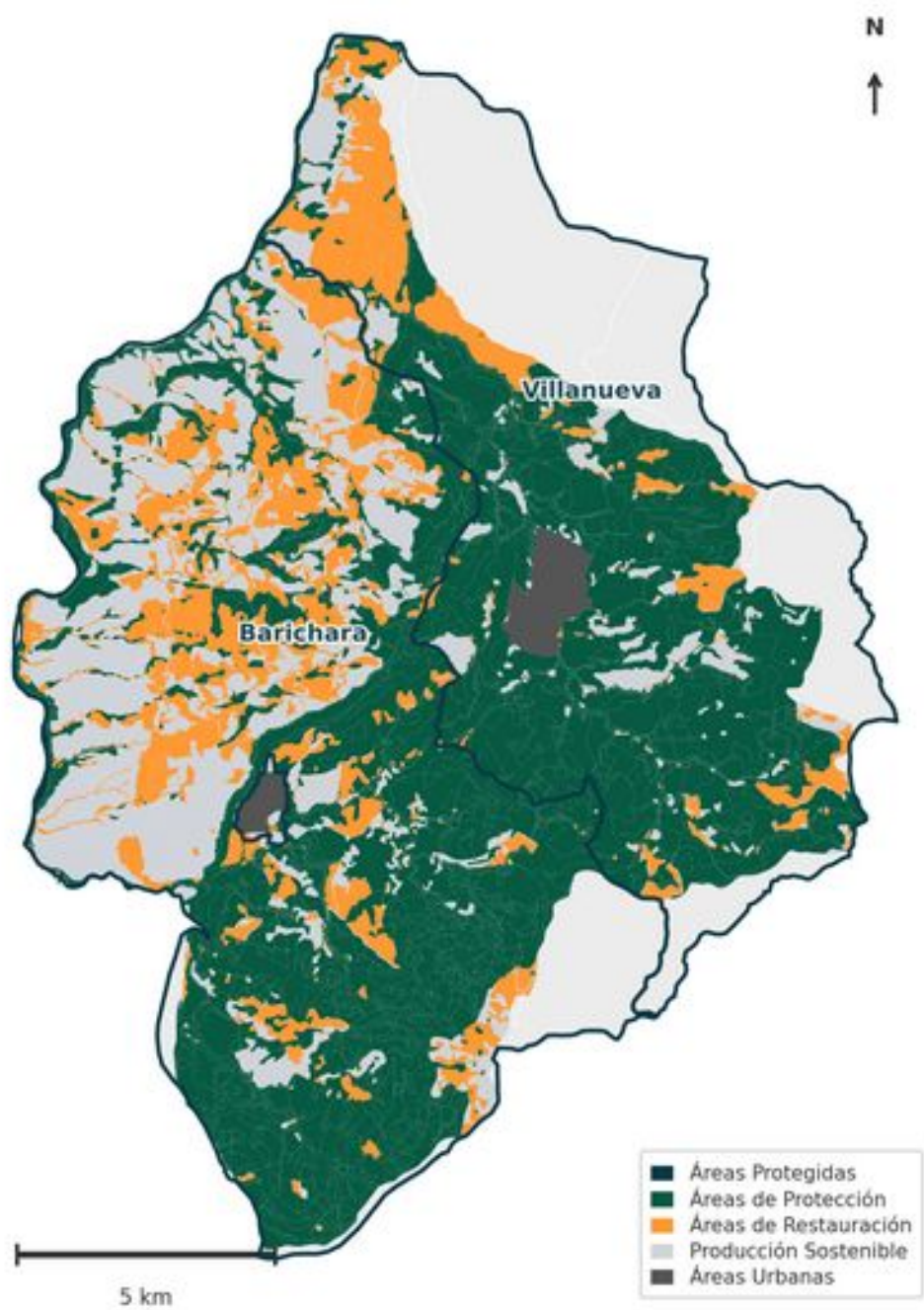
Figura 6. Condición de Amenaza por Erosión — ALOS PALSAR 12,5 m



Versión satelital

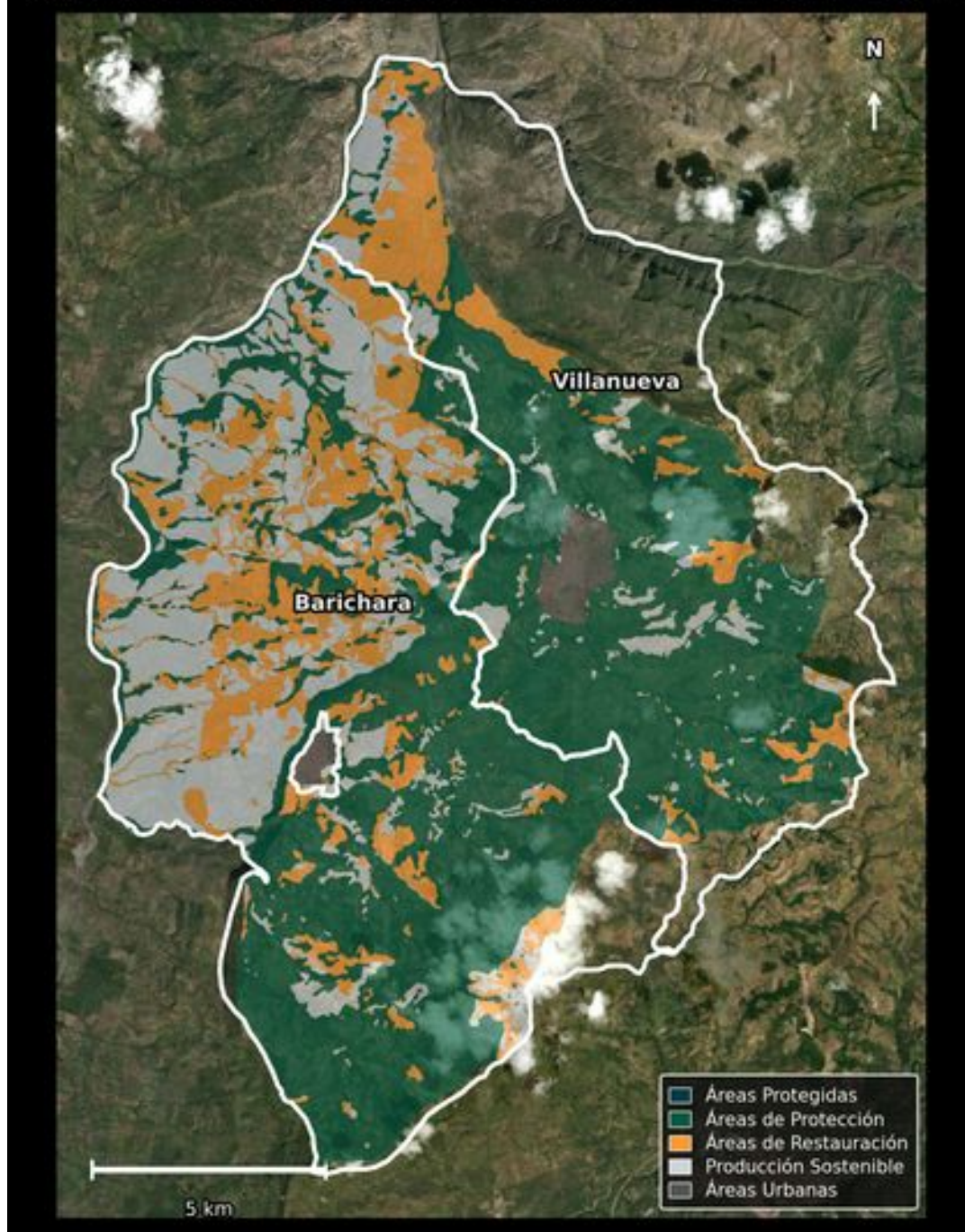
- **Figura 7: Zonificación Ambiental Determinante (POMCA Río Suárez)**

Figura 7. Zonificación Ambiental Determinante — POMCA Río Suárez



Versión limpia

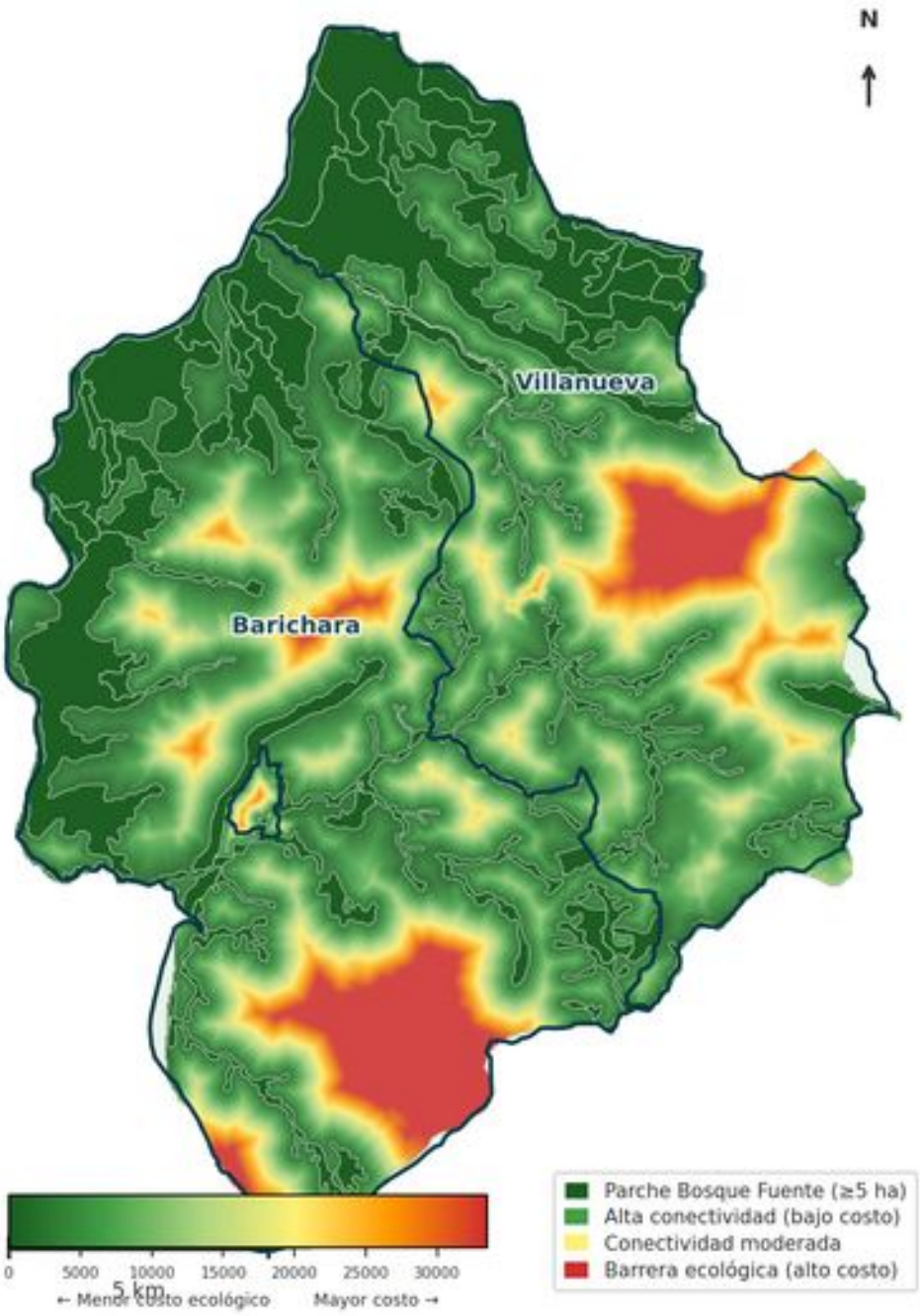
Figura 7. Zonificación Ambiental Determinante — POMCA Río Suárez



Versión satelital

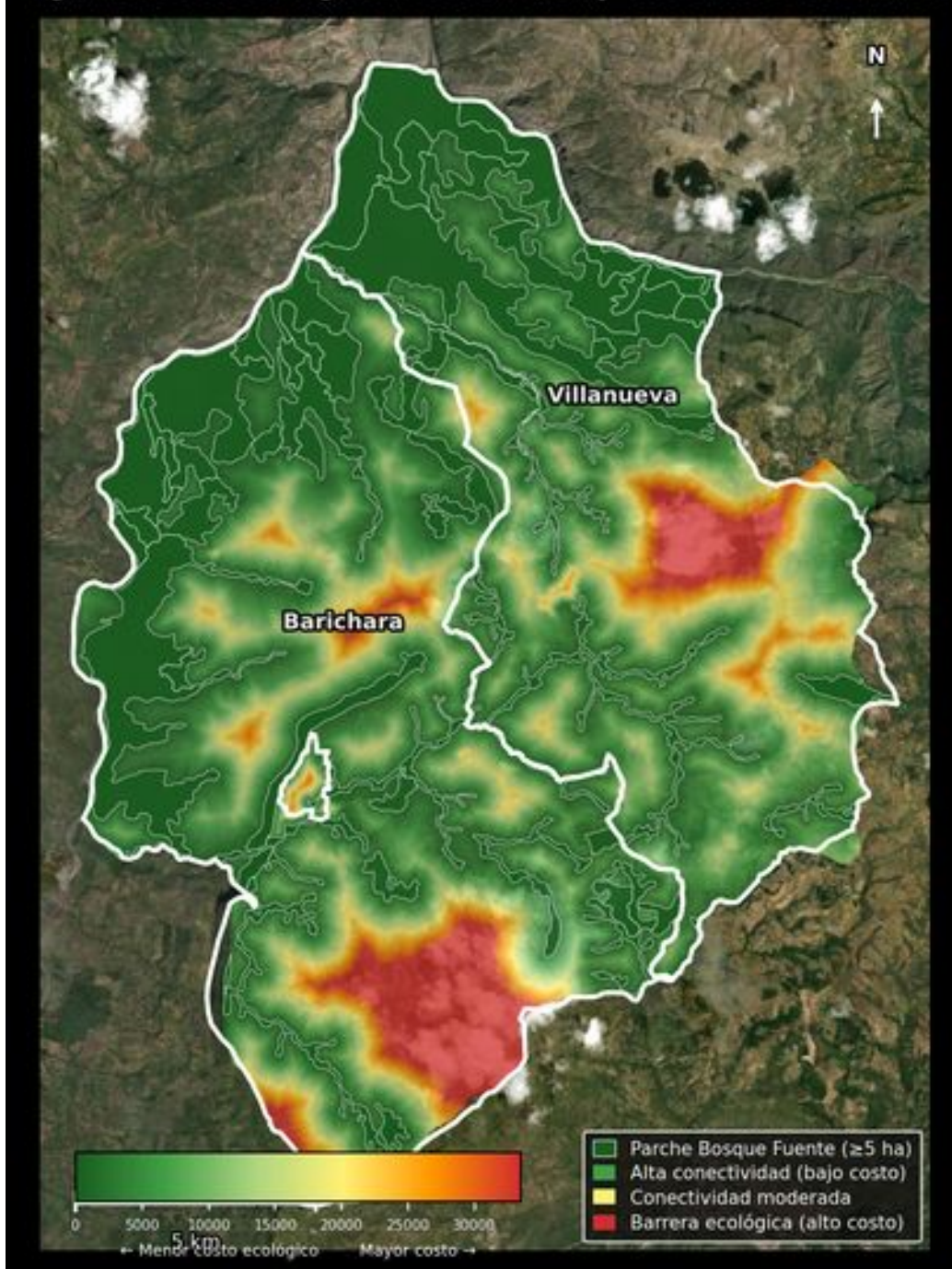
- **Figura 8: Parches de bosque seco y corredores de conectividad ecológica**

Figura 8. Costo Ecológico de Reconexión y Corredores Potenciales



Versión limpia

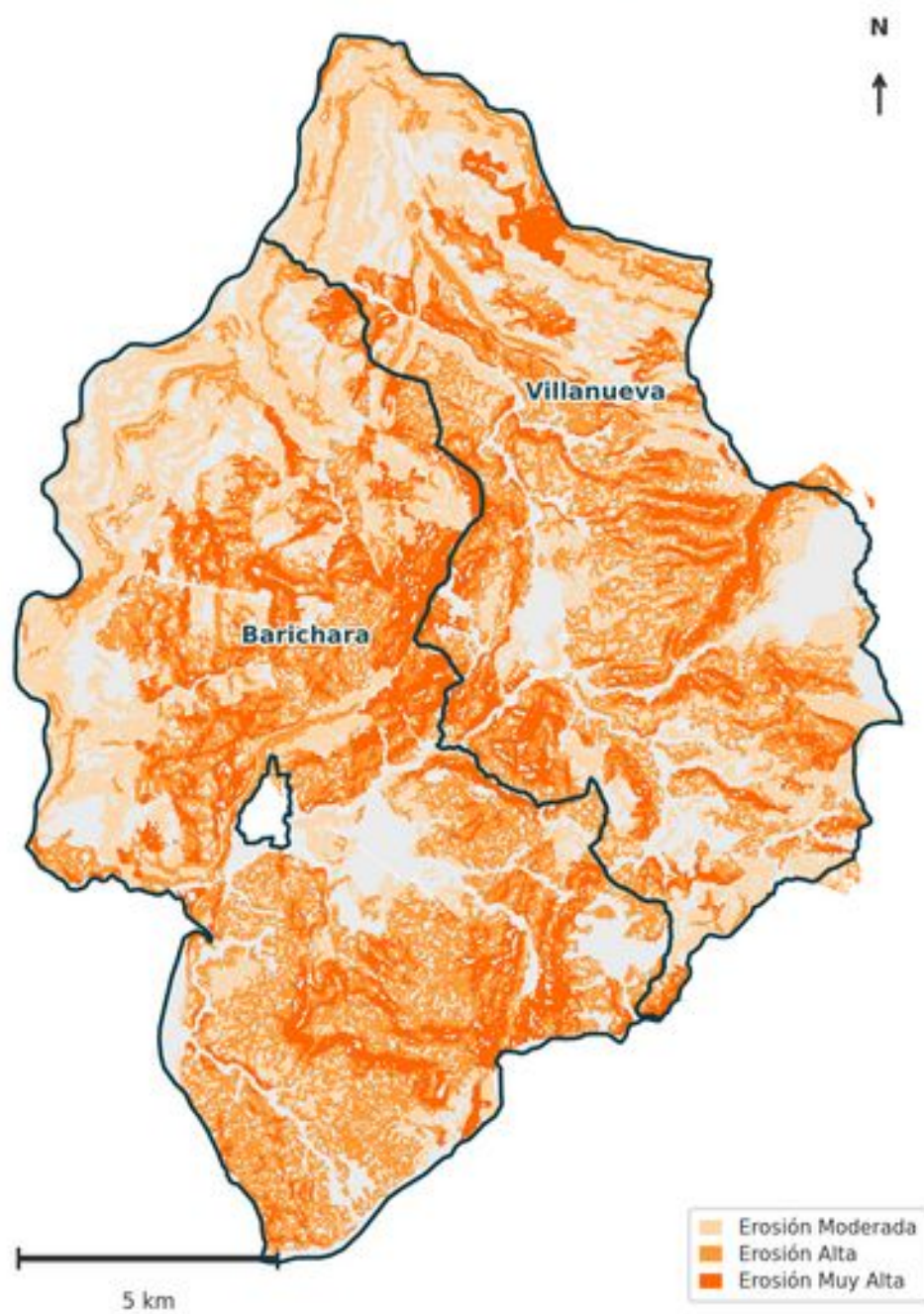
Figura 8. Costo Ecológico de Reconexión y Corredores Potenciales



Versión satelital

- **Figura 9: Pérdida de suelo estimada (Modelo RUSLE 12,5 m)**

Figura 9. Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica — Modelo RUSLE 12,5 m



Versión limpia

Figura 9. Pérdida de Suelo por Erosión Hídrica — Modelo RUSLE 12,5 m



Versión satelital

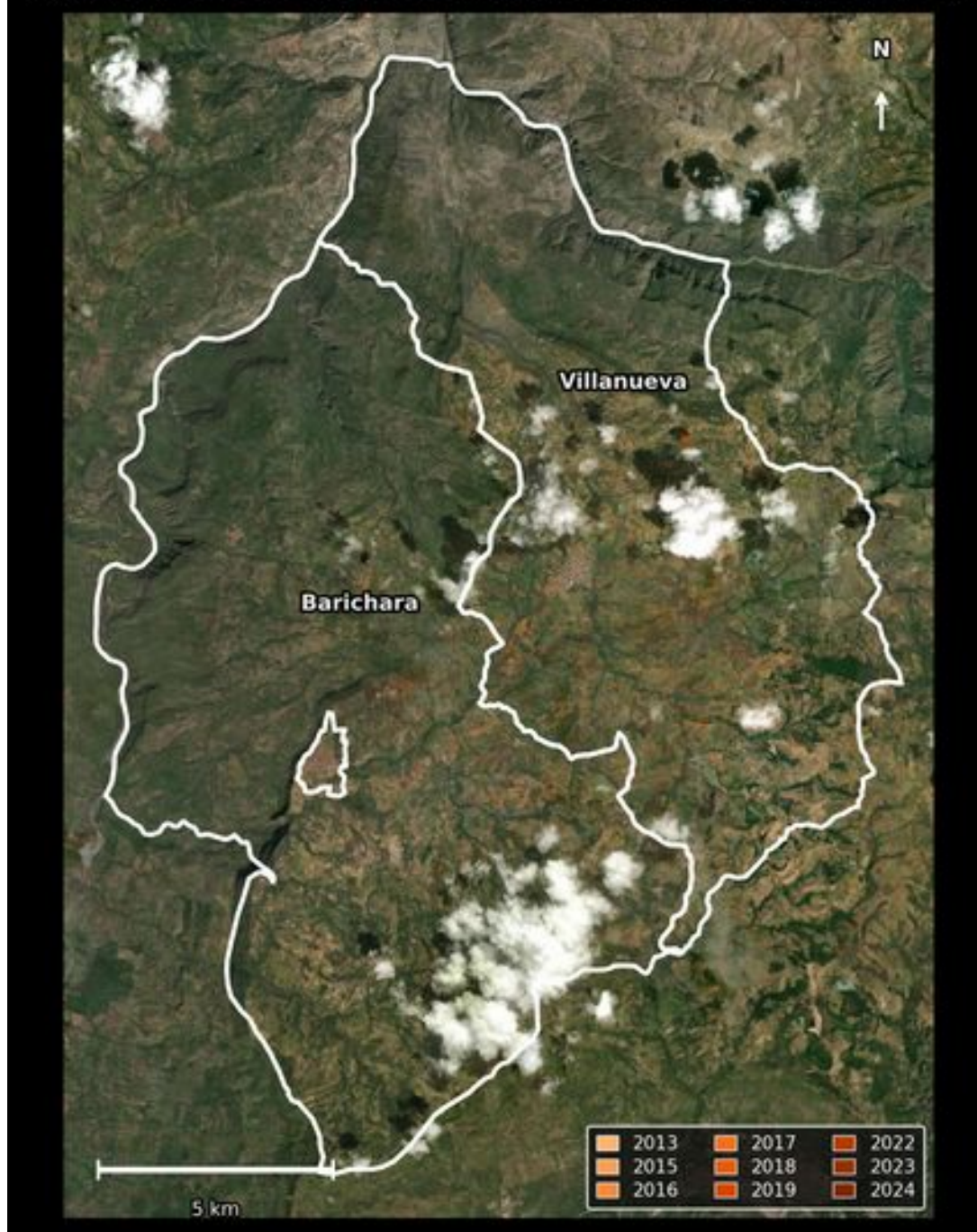
- **Figura 10: Serie histórica anualizada de deforestación (2013–2024)**

Figura 10. Serie Histórica de Pérdida de Bosque por Año (2013-2024)



Versión limpia

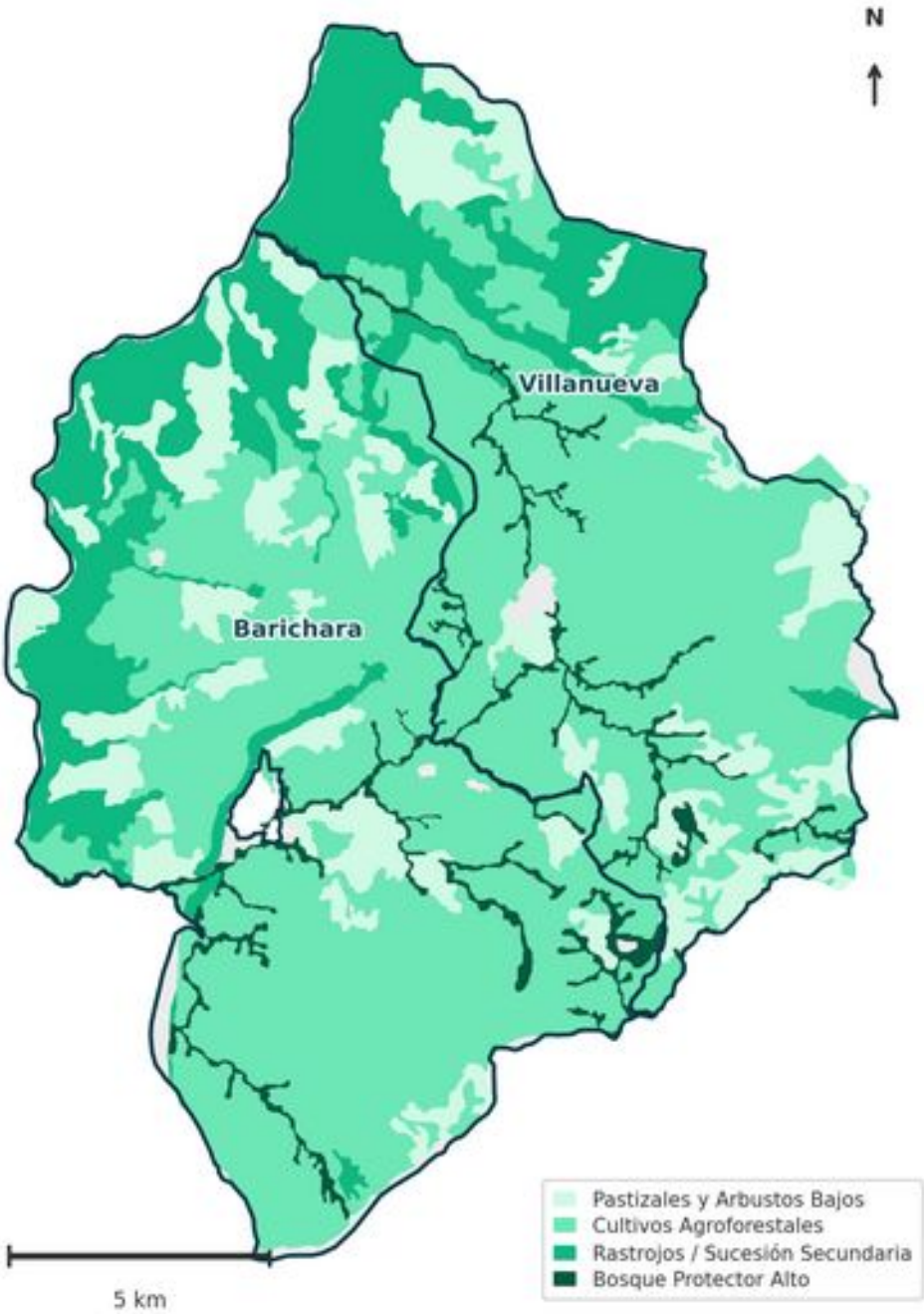
Figura 10. Serie Histórica de Pérdida de Bosque por Año (2013-2024)



Versión satelital

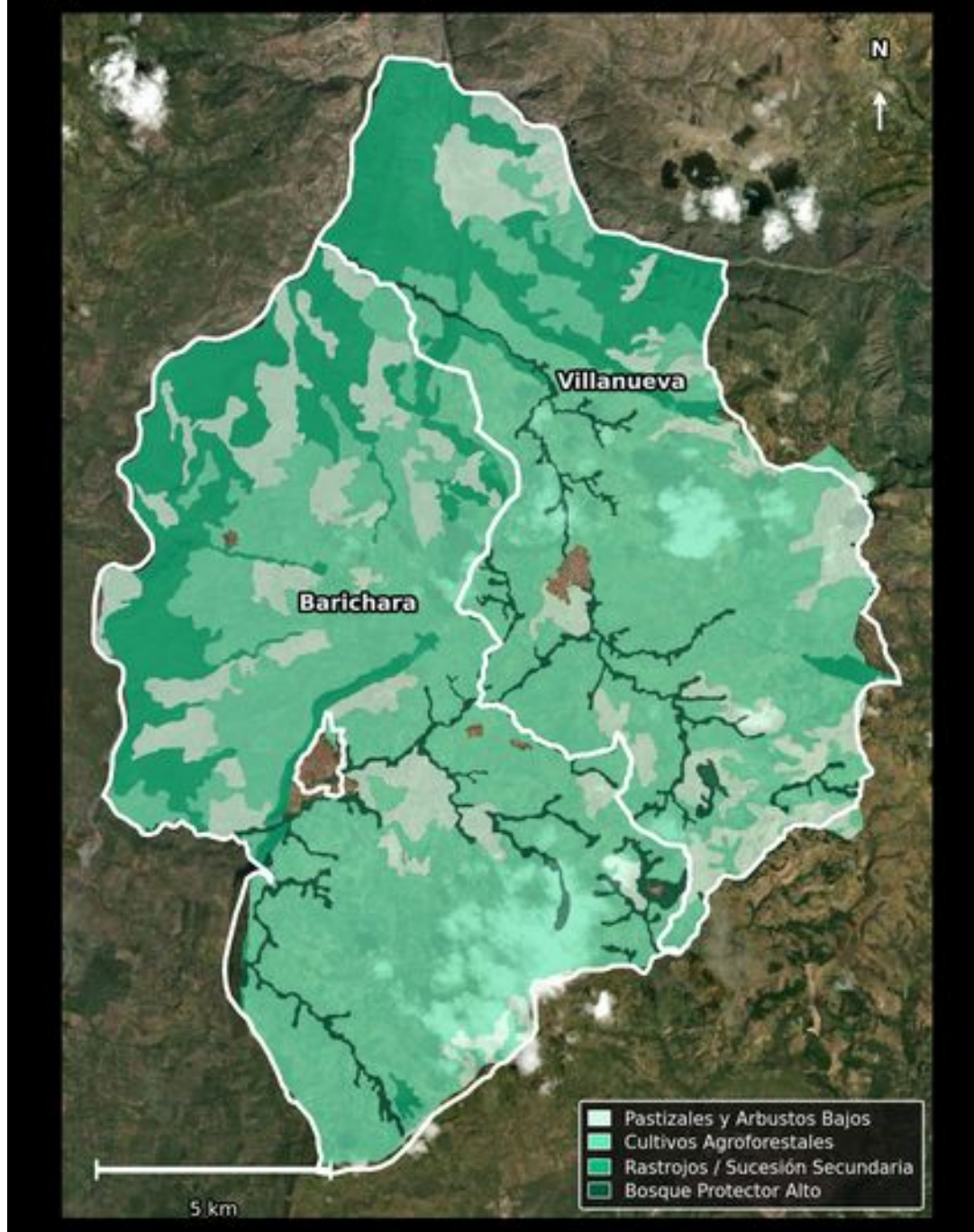
- **Figura 11: Stock de Carbono por cobertura vegetal (Modelo InVEST)**

Figura 11. Stock de Carbono por Cobertura Vegetal — Modelo InVEST



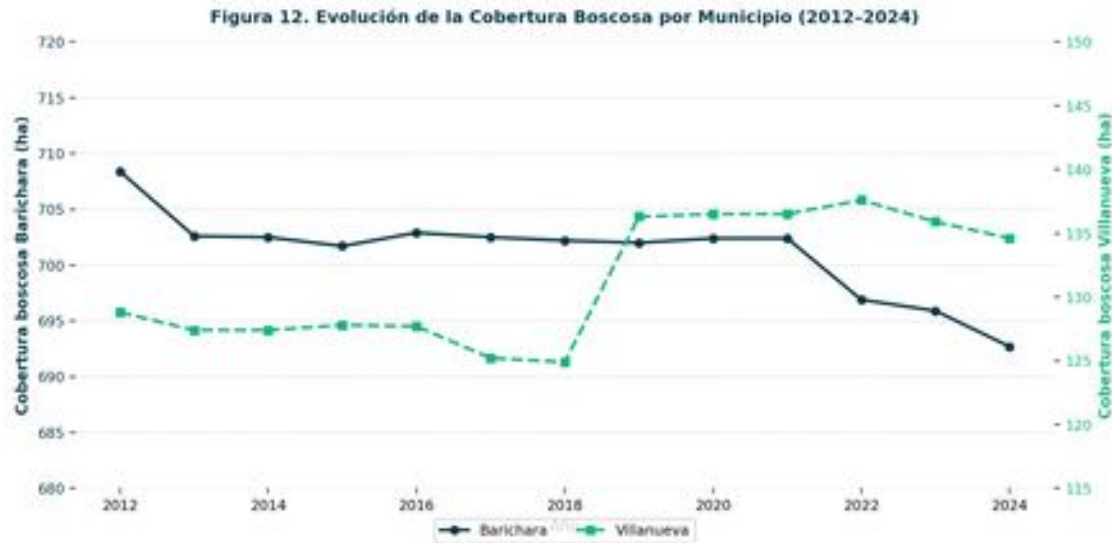
Versión limpia

Figura 11. Stock de Carbono por Cobertura Vegetal — Modelo InVEST



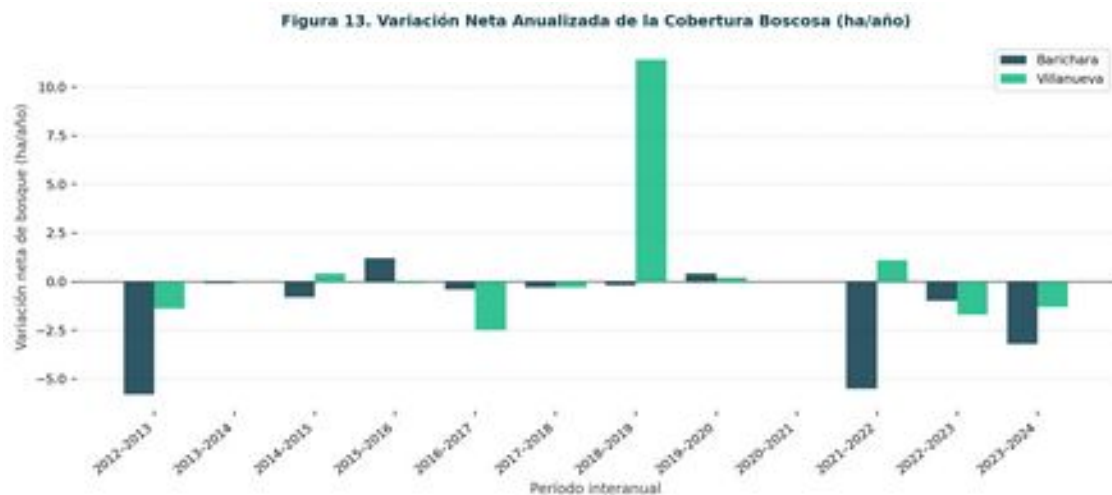
Versión satelital

- **Figura 12: Evolución temporal de la cobertura de bosque por municipio**



Archivo único

- **Figura 13: Variación neta anualizada de deforestación (ha/año)**



Archivo único

Anexo B — Archivos de Datos Técnicos y Capas Vectoriales

- **análisis_outputs/cruce_catastral_erosion_consolidado.csv:** Listado completo de 1.356 predios rurales en condición de amenaza con su código catastral de 30 dígitos, porcentaje de afectación por erosión y vereda correspondiente.
- **análisis_outputs/pomca_suarez_intersection.csv:** Intersección predial completa con la zonificación del POMCA (5.847 predios rurales clasificados con su respectiva categoría POMCA).

- **analisis_outputs/cambio_bosque_veredas_ideam.csv:** Matriz histórica de cambio de bosque por vereda y por año (2012–2024).
- **analisis_outputs/deficit_ronda_hidrica_veredas.csv:** Estado de deforestación e Índice de Déficit Hídrico por vereda para las rondas de 30 metros.
- **analisis_outputs/fragmentacion_veredas_2024.csv:** Métricas de fragmentación del paisaje (parches de bosque, corredores potenciales y nivel de aislamiento veredal).
- **analisis_outputs/ipu_veredas.csv:** Índice de Presión Urbanística (IPU) y predios por debajo de la Unidad Agrícola Familiar por vereda.
- **capas_vectoriales/mapa_0[1-10]*.geojson:** Capas geográficas vectoriales correspondientes a los mapas temáticos en el sistema WGS 84 (EPSG:4326).
- **scripts/generar_figuras_paper.py:** Script Python de generación automatizada de figuras y mapas académicos.

Anexo C — Documentos de Soporte del Proceso Multiactor

- **Análisis comparativo propuestas EOT de Barichara Regenerativa y Eonaria.md:** Evaluación crítica e hibridación conceptual de los abordajes de ambas organizaciones.
 - **Estrategias_Justicia_Socioambiental_Eonaria.md:** Régimen estratégico detallado (Transferencia de Derechos de Construcción, RNSC y exenciones).
 - **Guía para implementación de Pagos por Servicios Ambientales PSA.md:** Manual administrativo y presupuestal del esquema PSA con recursos del 1% ICLD.
-

Documento elaborado por Juan M. Gómez G. para la Fundación Eonaria. Barichara, Santander — Julio de 2026 © 2026 Fundación Eonaria. Todos los derechos reservados. Versión 3.0 — Incorpora análisis comparativo con Barichara Regenerativa, estrategias de justicia socioambiental y ruta PSA completa.