

Conflicto entre el desarrollo agropecuario y la conservación del agua en microcuencas altoandinas: estudio de caso microcuenca Llano Largo, El Tambo (Nariño) 2020-2023

Postulación al Premio MapBiomás Colombia — Segunda Edición 2026

Sebastián Camilo Parra Díaz

Estudiante de pregrado en Geografía, Universidad de Nariño

Practicante SIG, Fundación Gaia Amazonas — Proyecto MapBiomás Alerta Colombia

sebastianparra@udenar.edu.co

1. Introducción

El municipio de El Tambo sirve como caso de estudio representativo en la región, donde las actividades económicas humanas se expanden hacia ecosistemas altoandinos frágiles, amenazando la seguridad hídrica y la biodiversidad en la cuenca alta del Pacífico. El principal problema está relacionado con la seguridad hídrica, pues el sistema de acueducto urbano de El Tambo, Nariño, registró un Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) de 51 puntos en 2020, 53 en 2021, 49 en 2022 y 41 en 2023. Conforme a los rangos de clasificación establecidos en la Resolución 2115 de 2007, expedida por el Ministerio de la Protección Social y el Ministerio de Ambiente, los cuatro valores del agua distribuida a la zona urbana están en niveles de riesgo alto o medio a lo largo de todo el periodo, es decir, no es apta para consumo humano sin tratamiento adecuado.

Ese resultado sanitario no es un hecho aislado ni exclusivamente operativo. El agua que abastece a El Tambo nace y se conduce a través de la microcuenca Llano Largo, cuya capacidad de regular el flujo hídrico a lo largo del año depende, en gran medida, de la cobertura natural presente en su desplazamiento desde la parte alta hasta la bocatoma donde se abastece el acueducto. Sobre esa cuenca actúan además los extremos del ciclo El Niño-Oscilación del Sur (ENOS): las fases cálidas imponen déficit de caudal por reducción de la precipitación, mientras las fases de la Niña incrementan el arrastre de sólidos hacia las bocatomas por efecto de lluvias intensas sobre suelos desprotegidos. Ninguno de los dos extremos climáticos origina, por sí solo, la crisis hídrica de El Tambo; ambos la exponen a riesgos en diferentes situaciones.

La pregunta que organiza este estudio es, en consecuencia, la siguiente: ¿Cómo afecta el estado de la cobertura natural de la parte alta de la microcuenca Llano largo a la seguridad hídrica urbana?

Responderla exige superponer dos fuentes de información que rara vez se cruzan en la gestión municipal del agua: los registros históricos de calidad sanitaria del Instituto Departamental de Salud de Nariño y los datos de cobertura y uso del suelo de la Colección 3 de MapBiomás Colombia.

2. Materiales y métodos

Área de estudio

La microcuenca de Llano Largo se encuentra ubicada en jurisdicción de el municipio de El Tambo, Su curso principal, la quebrada Llano Largo, tiene su origen en el cerro El Copete, situado aproximadamente a 4,3 kilómetros al este del casco urbano. Esta microcuenca abarca distintas áreas geográficas, incluyendo las veredas de Llano Largo en la región alta, Bello Horizonte en la zona intermedia y el casco urbano de El Tambo en su parte baja. El punto de partida de la quebrada Llano Largo, en el cerro El Copete, se localiza a una altitud aproximada de 2.700 metros sobre el nivel del mar (msnm). Desde este punto, la corriente fluvial desciende progresivamente, atravesando la zona urbana con una orientación de sureste a noroeste. Este recorrido delinea su curso a través de una serie de paisajes, abarcando desde las alturas hasta las áreas más urbanizadas del municipio.

La delimitación precisa de esta microcuenca se establece mediante coordenadas geográficas que definen sus límites cardinales:

- Sur: Latitud 1° 22' 15,193" N, Longitud 77° 23' 9,002" W
- Este: Latitud 1° 23' 31,920" N, Longitud 77° 22' 2,197" W
- Norte: Latitud 10 25' 27,497" N, Longitud 77° 23' 31,807" W
- Oeste: Latitud 10 24' 42,228" N, Longitud 77 24' 20,649" W

Además, la microcuenca Llano Largo se caracteriza por una variación altimétrica notable, evidenciada por su cota máxima de 2.750 msnm y su cota mínima de 2.150 msnm, lo que contribuye a la diversidad topográfica y los distintos entornos naturales presentes en esta región. El código asignado a esta microcuenca, 5205 002, ofrece una identificación específica que facilita su estudio y seguimiento en proyectos relacionados con el uso de recursos hídricos, la gestión ambiental y la planificación territorial en la zona.

Fuentes de información

Se emplearon dos fuentes de datos secundarios. La primera correspondió a la Colección 3 de la serie anual de mapas de cobertura y uso del suelo de MapBiomás Colombia, generada mediante clasificación de series temporales de imágenes satelitales y procesada en la plataforma Google Earth Engine bajo el protocolo metodológico común a la Red MapBiomás. La segunda correspondió a los registros del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) del sistema de

acueducto urbano de El Tambo, sistematizados por el Instituto Departamental de Salud de Nariño (IDSN) para el periodo 2020-2023 conforme a la metodología de cálculo de la Resolución 2115 de 2007.

Geoprocesamiento

El límite de la microcuenca Llano Largo fue delimitado a partir de la cartografía básica disponible y utilizado como máscara de recorte sobre los mosaicos ráster de la Colección 3. El procedimiento se ejecutó en entorno SIG y generó una capa temática restringida al polígono de la microcuenca, sobre la cual se calcularon el área en hectáreas y el porcentaje relativo de cada clase de cobertura mediante tabulación cruzada de píxeles clasificados. El análisis multitemporal 2020-2023 permitió, adicionalmente, verificar la persistencia de la frontera agropecuaria sobre las franjas de mayor pendiente durante el periodo de estudio.

Correlación con los registros de IRCA

Los valores de cobertura obtenidos para la microcuenca se organizaron en una serie temporal paralela a la del IRCA. La correlación entre ambas series es de naturaleza espacial y cualitativa, no estadística: se contrastó la proporción de área agropecuaria y de área sin cobertura boscosa contra el comportamiento del indicador sanitario y contra los registros de fase ENOS reportados por el IDEAM para el mismo periodo, con el fin de establecer si los picos y descensos del IRCA coinciden con fases climáticas específicas sobre una cuenca estructuralmente transformada.

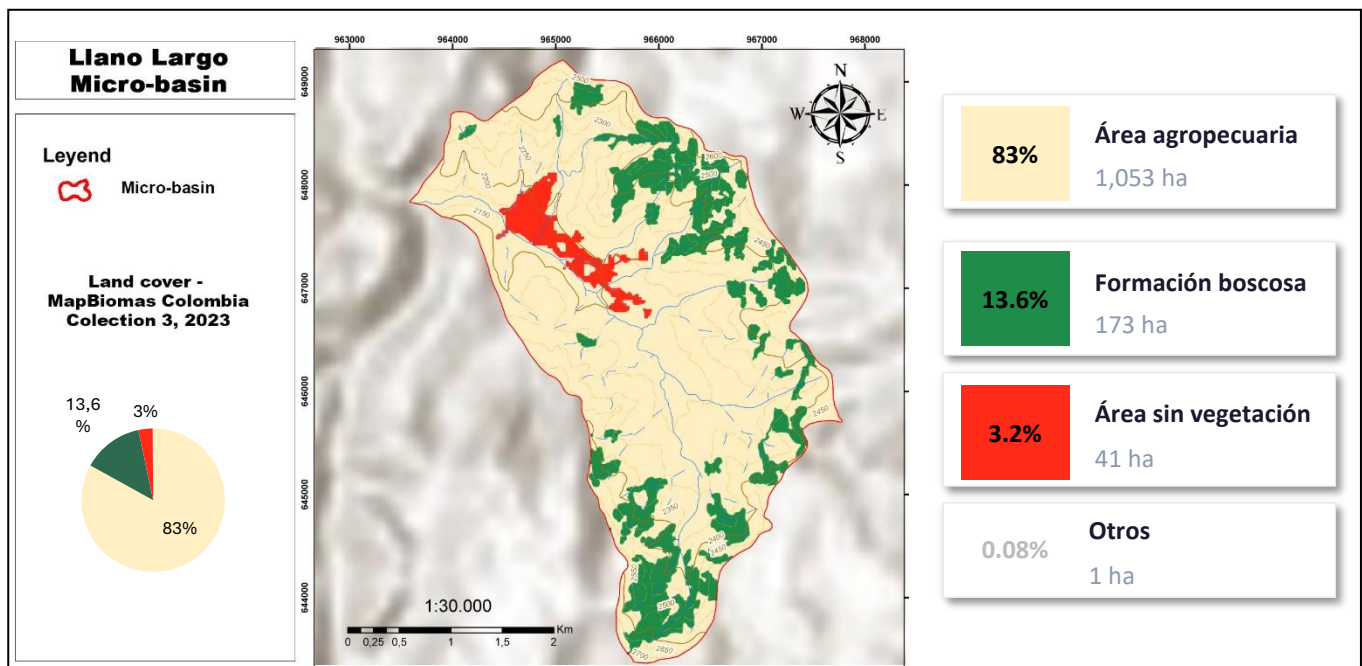
Diálogo técnico con el Cabildo Killa Wuasi

De manera paralela al procesamiento geoespacial, se sostuvieron sesiones de diálogo técnico con el cabildo indígena Killa Wuasi, actor con presencia en el territorio de la microcuenca. El propósito de estas sesiones fue cualitativo: identificar el conocimiento comunitario sobre especies arbóreas nativas asociadas a la regulación hídrica, como insumo para la propuesta de restauración desarrollada en la sección de discusión. Este componente no sustituye el análisis geoespacial ni se pretende cuantificar junto a él; se documenta de manera independiente, en reconocimiento de que los sistemas de conocimiento ambiental indígena no son reducibles a la métrica satelital.

3. Resultados

La clasificación de coberturas de la Colección 3 de MapBiomias Colombia, recortada al polígono de la microcuenca Llano Largo, muestra una estructura de uso del suelo marcadamente desequilibrada. El área de cobertura agropecuaria alcanza 1.023 hectáreas, equivalentes al 83 % de la superficie total de la cuenca. La formación boscosa remanente ocupa 173 hectáreas (13,6 %), distribuida en relictos que no configuran un corredor continuo. Las áreas sin vegetación suman 41 hectáreas (3,2 %) y los cuerpos de agua identificables por el sensor cubren 1 hectárea (0,08 %) del total.

MAPA 1: Distribución espacial de las coberturas MapBiomias (Colección 3) en la microcuenca Llano Largo.



La lectura espacial del dato es más informativa que el porcentaje agregado. La expansión agropecuaria no se limita a los sectores de menor pendiente, aptos agrológicamente para el pastoreo: ocupa también las laderas de alta pendiente que rodean la zona de recarga en la parte alta, coberturas antes naturales convertidas en pastos limpios. Esa transformación tiene una consecuencia hidrológica directa: la cobertura boscosa regula el ciclo del agua mediante la intercepción de la precipitación por el dosel, la infiltración facilitada por las raíces y la materia orgánica del suelo, y la liberación lenta de agua subsuperficial hacia los cauces. El pasto limpio, sometido además al pisoteo del ganado, compacta el horizonte superior del suelo, reduce su capacidad de infiltración y elimina la función de amortiguación que ejercía el bosque. (Mosquera - Tobón. 2023).

Esta pérdida de regulación se expresa de manera distinta según la fase del ENOS. Durante El Niño, la ausencia de un almacenamiento subsuperficial suficiente impide sostener el caudal base de las quebradas tributarias cuando la precipitación cae por debajo del promedio, y el resultado es un déficit de caudal más severo del que tendría una cuenca con cobertura boscosa intacta. Durante La Niña, el mecanismo se invierte: la lluvia intensa sobre suelos compactados y desprotegidos en las altas pendientes genera escorrentía superficial concentrada, que arrastra sedimentos y sólidos suspendidos directamente hacia las bocatomas del acueducto urbano. Los valores más altos del IRCA en la serie 2020-2021 son consistentes con este segundo mecanismo; el valor más bajo, registrado en 2023, no indica recuperación estructural de la cuenca, sino una fase climática de niño con menor caudal sobre un sistema que continúa sin capacidad de regulación propia.

En síntesis, la microcuenca Llano Largo no enfrenta un problema hídrico coyuntural asociado a un año particularmente seco o lluvioso. Enfrenta un problema estructural de cobertura de la tierra, que la variabilidad climática interanual expone con distinta intensidad, pero que no origina.

4. Discusión y propuesta territorial

El Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) vigente de El Tambo mantiene la zona de recarga de la microcuenca Llano Largo bajo categoría de uso agropecuario. Esa clasificación normativa no es un detalle administrativo: es la base jurídica que ampara la actividad ganadera y agrícola precisamente sobre las altas pendientes que los datos de MapBiomass identifican como el sector de mayor impacto hidrológico de la cuenca. El instrumento de planificación, en su forma actual la cual esta vencida desde 2009, no reconoce la función hídrica del territorio que regula.

Corregir esa clasificación no requiere nueva información primaria. Requiere que el Concejo Municipal incorpore la evidencia geoespacial disponible, recortada a la escala de la microcuenca y contrastada con cuatro años de registros sanitarios dentro de un proceso de revisión y ajuste del EOT que la normativa colombiana permite adelantar actualización completa del instrumento. La propuesta técnica de este trabajo consiste en sustentar, con esos datos, el tránsito de la categoría de uso agropecuario hacia una figura de suelo de protección para la parte alta de la microcuenca Llano Largo.

Esa modificación normativa no se sostiene, sin embargo, únicamente sobre criterio técnico externo. El Cabildo Indígena Killa Wuasi, en proceso de constitución formal ante las autoridades competentes, ejerce presencia efectiva sobre el territorio de la microcuenca y posee un cuerpo de conocimiento ambiental propio sobre las especies arbóreas asociadas a la regulación hídrica de las cabeceras de cuenca. El Cabildo Killa Wuasi propone, en el marco del diálogo técnico que forma parte de la metodología de este estudio, la incorporación de ese conocimiento como criterio de selección de especies para cualquier plan de restauración ecológica que se ejecute en la zona, y

reivindica su papel como autoridad ambiental del territorio en los términos que reconoce el Decreto Ley 1275 de 2024. La articulación con el Cabildo no es, en este sentido, un componente complementario del proyecto de restauración: es condición de legitimidad y de viabilidad técnica de largo plazo, en la medida en que la sostenibilidad de una restauración con especies nativas depende del acompañamiento y el monitoreo continuado de quienes habitan el territorio.

La restauración ecológica que se deriva de esta propuesta no puede diseñarse, en consecuencia, como un plan de reforestación genérico. Debe fundamentarse en la selección de especies que el Cabildo reconoce por su capacidad de regulación hídrica las que la comunidad denomina, en su terminología propia, “madres de agua” y debe ejecutarse bajo esquemas de gobernanza compartida entre la autoridad municipal, la autoridad ambiental regional y el Cabildo Killa Wuasi. Sin esa arquitectura institucional, un cambio en el EOT quedaría reducido a una modificación cartográfica sin capacidad de transformar la trayectoria de degradación de la cuenca.

5. Conclusiones

El caso de Llano Largo demuestra que la vulnerabilidad hídrica urbana en cuencas altoandinas puede diagnosticarse sin inversión en monitoreo primario, superponiendo datos de cobertura de acceso público como los de MapBiomias Colombia, con registros sanitarios que las autoridades departamentales de salud ya producen de manera rutinaria. Esa es la contribución metodológica central del estudio: convertir dos series de datos administrativos, generadas para propósitos distintos y rara vez cruzadas, en evidencia técnica suficiente para sustentar una decisión de ordenamiento territorial.

La metodología es replicable en otras microcuencas de la vertiente andina nariñense y, en términos más amplios, en cualquier cabecera municipal colombiana abastecida por fuentes de alta montaña con presión agropecuaria documentada por la Red MapBiomias. La condición de replicabilidad no es técnica el geoprocesamiento descrito no exige capacidades fuera del alcance de una oficina de planeación municipal, sino institucional: exige voluntad de integrar la evidencia geoespacial al proceso de revisión del EOT y, cuando existan pueblos indígenas o comunidades locales con presencia en el territorio, disposición a construir la propuesta de restauración junto con sus autoridades propias.

Persiste, en consecuencia, una pregunta abierta para la gestión ambiental municipal en los Andes colombianos: si los datos para identificar el origen estructural de la crisis hídrica ya están disponibles y son de acceso gratuito, el rezago normativo que mantiene zonas de recarga bajo uso agropecuario deja de ser un problema de información. Es, en sentido estricto, un problema de gobernanza.

Referencias bibliográficas

- MapBiomias Colombia. Colección 3.0 de la Serie Anual de Mapas de Cobertura y Uso del Suelo de Colombia, consultada el [fecha de consulta] a través del enlace: <https://plataforma.colombia.mapbiomas.org/>
- IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2020-2023). Boletines de seguimiento al fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Bogotá D.C.: IDEAM. Disponible en: <https://www.ideam.gov.co>
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 2115 de 2007, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá D.C.: Diario Oficial.
- Mosquera M., Tobón C. (2023). Efectos de la restauración de bosques montanos tropicales en el funcionamiento ecohidrológico de cuencas hidrográficas. Bosque , 44(3). <https://doi.org/10.4067/S0717-92002023000300639>
- Saavedra, K. (2024). Perspectivas sobre el uso de tecnología de teledetección para el monitoreo de la deforestación y degradación forestal. Multidisciplinary Collaborative Journal, 2(3), 1–12. <https://doi.org/10.70881/mcj/v2/n3/37>
- Noriega P., Eckhardt K. (2024). Efectos hidrológicos de la conversión de bosque montano tropical a tierras agrícolas en los Andes centrales del Perú. Environmental Quality Management .<https://doi.org/10.1002/tqem.22221>