AÑO 2026

# DOCUMENTO TÉCNICO FASE 2A

## DELIMITACIÓN DEL LIMITE FUNCIONAL DE LA RONDA HÍDRICA

## CONTRATO 00934 DE 2025

ESTUDIO PARA LA DELIMITACIÓN DE LA RONDA HÍDRICA DE LA QUEBRADA LAS GACHAS EN EL MUNICIPIO DE GUADALUPE, SANTANDER

UNION TEMPORAL
LAS GACHAS

1. INTRODUCCIÓN ..... 4
2. OBJETIVOS ..... 6
2.1. OBJETIVO GENERAL ..... 6
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 6
3. ALCANCE DE LA FASE II ..... 7
4. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO ..... 8
4.1. GEOFORMAS ASOCIADAS AL LIMITE FUNCIONAL DEL CAUCE ..... 9
4.1.1. Vegetación acuática ..... 10
4.1.2. Zonas húmedas ..... 10
4.1.3. Bosques de galería y riparios ..... 11
4.1.4. MAPA 7 GEOFORMAS ASOCIADAS AL LA RONDA HÍDRICA ESCALA 1: 10000 ..... 11
4.1.5. MAPA 8 GEOFORMAS Y EVIDENCIAS DE CAMPO ESCALA 1: 5000 ..... 15
4.2. MAPA 9 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO 1: 5000 ..... 18
5. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO ..... 20
5.1. MAPA 10. NIVELES MÁXIMOS DE INUNDACIÓN A LO LARGO DE LA RED DE DRENAJE 20
5.2. MAPA 11 COMPONENTE HIDROLÓGICO ESCALA 1: 5000 ..... 21
6. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO ..... 28
6.1. METODOLOGÍA PARA EL COMPONENTE ECOSISTÉMICO ..... 29
6.2. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA ..... 31
6.2.1. Metodología para el cálculo de las zonas de vida ..... 31
6.2.2. Resultados de la zonificación climática ..... 32
6.2.3. Levantamientos en campo para la caracterización de cobertura vegetal nativa 34
6.3. CÁLCULO ALTURA MEDIA DEL DOSEL DE LA COMUNIDAD VEGETAL (h) ..... 35
6.3.1. Cálculo de la altura de bosque para la zona de vida "*Bosque muy húmedo* subtropical (*bmh-S*)" ..... 36
6.4. RELACIÓN Y ÁREA DE DRENAJE POR UNIDAD GEOMORFOLÓGICA (N) ..... 38
6.4.1. Cálculo de la densidad de drenaje (Dd) por unidad geomorfológica ..... 39
6.5. CÁLCULO DE ÁREAS ACUMULADAS ..... 41
6.5.1. Mapa de la relación entre la densidad de drenaje y el área de drenaje por Unidad Geomorfológica "N" ..... 42
6.6. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO ..... 44
7. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA ..... 46
8. REFERENCIAS ..... 47

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Vegetación Herbácea acuática o que soporta zonas sobre saturadas en humedad al margen del cauce. 10
Figura 2. Vegetación arbustiva de Helecho Macho, indicador de zonas húmedas. 10
Figura 3. Bosque de galería y ripario como indicador dendro-morfológico 11
Figura 4. Mapa 7 Geoformas asociadas a la Ronda Hídrica escala 1:10000. 12
Figura 5. Mapa 8 Geoformas y evidencias de campo escala 1:5000 15
Figura 6. Manantial pseudokárstico 16
Figura 7. Valle ciego o ponor 16
Figura 8. Valle pseudokárstico 17
Figura 9. Cima de escarpe 17
Figura 10. Divisoria o parteaguas 18
Figura 11. Mapa 9 Componente geomorfológico Ronda Hídrica escala 1:5000. 19
Figura 12. Manchas de inundación fenómenos de la niña. 21
Figura 13. Manchas de inundación TR 2.33 años 24
Figura 14. Manchas de inundación TR 15 años 25
Figura 15. Manchas de inundación TR 100 años 26
Figura 16. Metodología para el componente ecosistémico. 30
Figura 17. Diagrama de clasificación de zonas de vida de Holdridge. 31
Figura 18. Metodología para la elaboración del Mapa de Zonas de Vida de Holdridge utilizando Google Earth Engine 32
Figura 19. Zonificación de Holdridge para el área de estudio (Mapa 12) 34
Figura 20. Levantamiento de campo para la caracterización de la cobertura vegetal nativa. 35
Figura 21. Mapa de "H" de los árboles dominantes de una comunidad vegetal por zona de vida (Mapa 13) 38
Figura 22. Mapa de clasificación de Densidad de Drenaje para la quebrada Las Gachas 41
Figura 23. Relación entre la densidad de drenaje y el área de drenaje por unidad geomorfológica (N) (Mapa 14) 43
Figura 24. Componente ecosistémico quebrada las Gachas. (Mapa 15) 45

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Alcance de la Fase 2. Delimitación del límite físico o limite funcional de la Ronda hídrica. 7
Tabla 2.Hietograma de diseño. 22
Tabla 3. Caudales de salida del modelo HEC-HMS 23
Tabla 4. Cálculo del parámetro H para la quebrada las Gachas. 37
Tabla 5. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje. 39
Tabla 6. Escala de valores para la clasificación de densidades de drenaje. 40
Tabla 7. Rangos de clasificación de áreas aferentes. 42
Tabla 8. Relación entre el área acumulada, la clase de área aferente y el parámetro N por unidad geomorfológica 43

**LISTA DE DISTRIBUCIÓN**

| DEPENDENCIA | NO. DE COPIAS |
|---|---|
| OFICINA SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL | 1 |
| | |
| | |

**ÍNDICE DE MODIFICACIONES**

| ÍNDICE DE REVISIÓN | CAPÍTULO MODIFICADO | FECHA DE MODIFICACIÓN | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|
| 0 | | | DOCUMENTO EN PROCESO |
| | | | |

**ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Contrato: | | Contrato de Consultoría No. 0934 DE 2025 | | | |
| Título documento: | | DOCUMENTO TÉCNICO FASE IIA – DELIMITACIÓN DEL LÍMITE FUNCIONAL DE LA RONDA HÍDRICA | | | |
| Documento No.: | | VERSIÓN CERO DOCUMENTO EN PROCESO | | | |
| APROBACIÓN | **NÚMERO DE REVISIÓN** | | | **Versión 0** | **Versión 1** |
| | Vo. Bo Director Consultoría | Nombre | Ing. Berenice Garcés | | |
| | | Firma | | | |
| | | Fecha | | | |
| | Vo. Bo. Interventoría | Nombre | Ing. Diana Ramos | | |
| | | Firma | | | |
| | | Fecha | | | |
| | Vo.Bo. Apoyo a la Supervisión | Nombre | Ing. Rodolfo Sánchez | | |
| | | Firma | | | |
| | | Fecha | | | |
| | Vo. Bo. Supervisión | Nombre | Ing. Edna Castellanos | | |
| | | Firma | | | |
| | | Fecha | | | |

# 1. INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de Santander – CAS, en cumplimiento de su labor misional y en concordancia con su Plan de Acción Institucional "Es Tiempo de la Sostenibilidad", viene adelantando acciones orientadas a la protección, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales en su jurisdicción, con especial énfasis en el recurso hídrico. En este contexto, y atendiendo las problemáticas ambientales asociadas a la presión antrópica sobre los ecosistemas acuáticos, la CAS priorizó la delimitación de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas como un instrumento técnico fundamental para fortalecer la gestión integral del territorio, la planificación ambiental y la protección de los ecosistemas asociados al sistema fluvial.

La delimitación del límite funcional de la ronda hídrica corresponde a la Fase II del proceso de acotamiento y se desarrolla a partir de la integración de los principales componentes físicos que determinan la extensión natural del sistema hídrico en su interacción con el territorio. En este sentido, el límite funcional se define como el resultado de la envolvente generada por la superposición de tres componentes preponderantes: el componente geomorfológico, el componente hidrológico–hidráulico y el componente ecosistémico, los cuales, de manera conjunta, permiten representar de forma integral la dinámica del cuerpo de agua y su corredor asociado.

De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, en su artículo 2.2.3.2.3A.2, la ronda hídrica debe acotarse desde un enfoque funcional, y su delimitación se traza a partir de la línea de mareas máximas o del cauce permanente de ríos y lagos, según corresponda. Para el caso de los sistemas fluviales continentales, como la quebrada Las Gachas, el límite físico de la ronda hídrica se define mediante la aplicación integrada de criterios técnicos que permitan reconocer la extensión espacial ocupada por el cuerpo de agua y sus procesos asociados bajo condiciones ordinarias y recurrentes.

En este marco, el criterio geomorfológico considera los aspectos morfoestructurales, morfogenéticos y morfodinámicos del sistema fluvial, incorporando el análisis de unidades como la llanura inundable moderna, terrazas recientes, escarpes, depósitos fuera del cauce permanente, islas, cauces secundarios, meandros abandonados, sistemas lénticos y aquellas porciones de la llanura inundable que han sido transformadas por la actividad antrópica. Así mismo, se analiza la estructura lateral y longitudinal del corredor aluvial mediante la identificación de indicadores morfológicos representativos.

El criterio hidrológico–hidráulico se orienta a identificar la zona del terreno ocupada por el cuerpo de agua durante los eventos de inundación más frecuentes, considerando la variabilidad intraanual e interanual del régimen hidrológico, el grado de alteración morfológica del cauce y su nivel de conexión con la llanura inundable. Este componente permite reconocer las áreas funcionalmente asociadas al comportamiento hidrodinámico del sistema fluvial.

Por su parte, el criterio ecosistémico incorpora el análisis de la vegetación riparia y la conectividad ecológica del corredor hídrico, considerando la altura relativa de la cobertura vegetal y su eficacia como corredor biológico para el tránsito y la dispersión de las especies. Este enfoque permite integrar las funciones ecológicas del sistema fluvial dentro de la delimitación de la ronda hídrica, reconociendo su papel en la conservación de la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas.

En el presente documento se desarrolla la delimitación del límite funcional de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, a partir de la aplicación integrada de los criterios geomorfológico, hidrológico–hidráulico y ecosistémico, conforme a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y a los lineamientos de la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Este proceso se fundamenta en la información generada en la Fase I, los análisis técnicos desarrollados para cada componente y los productos cartográficos obtenidos, con el fin de garantizar una delimitación técnica y funcional del corredor hídrico.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1. OBJETIVO GENERAL

Definir y establecer el límite físico y funcional de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, mediante la aplicación integrada de los criterios geomorfológico, hidrológico–hidráulico y ecosistémico, de conformidad con los términos de referencia, la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y en cumplimiento del Contrato de Consultoría No. 0934 de 2025.

## 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar el componente geomorfológico de la ronda hídrica, a partir de la identificación, análisis e interpretación de las geoformas asociadas al sistema fluvial, considerando criterios morfoestructurales, morfogenéticos y morfodinámicos.

- Delimitar el componente hidrológico–hidráulico de la ronda hídrica, mediante la identificación de las áreas del terreno ocupadas por el cuerpo de agua durante los eventos de inundación más frecuentes, considerando la variabilidad del régimen hidrológico, la modelación hidráulica y los niveles máximos de inundación asociados a un período de retorno de 100 años.

- Delimitar el componente ecosistémico de la ronda hídrica, a partir del análisis de la cobertura de la tierra, la caracterización de la vegetación riparia y de las especies arbóreas dominantes, así como de la conectividad ecológica del corredor hídrico.

- Integrar los componentes geomorfológicos, hidrológico–hidráulico y ecosistémico, mediante su superposición espacial, para definir el límite físico y funcional definitivo de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas.

## 3. ALCANCE DE LA FASE II

De conformidad con lo establecido en los estudios previos, el requerimiento técnico, los términos de referencia y el Contrato de Consultoría No. 0934 de 2025, a continuación, se presentan los alcances definidos para el desarrollo de la Fase 2 – Delimitación del límite físico o limite funcional de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, los cuales orientan las actividades, productos y resultados técnicos a ejecutar en esta etapa del proyecto.

***Tabla 1. Alcance de la Fase 2. Delimitación del límite físico o limite funcional de la Ronda hídrica.***

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ACTIVIDADES | META O LOGRO ESPERADO |
|---|---|---|
| *2. Definir y establecer el límite físico de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, de acuerdo con criterios técnicos y normativos* | Delimitación del componente geomorfológico | Informe que explica la delimitación del componente geomorfológico de la ronda hídrica, documentado las actividades realizadas para tal fin.<br><br>Mapa 7 Geoformas asociadas a la ronda hídrica, escala 1:10000<br>Mapa 8 Geoformas y evidencias en campo, escala 1:5000<br>Mapa 9 Componente geomorfológico, escala 1:5000 |
| | Delimitación del componente hidrológico | Niveles o caudales con periodos de retorno de interés asociados. Informe que documenta todo el proceso de delimitación del componente. hidrológico<br><br>Mapa 10 Niveles máximos de inundación a lo largo de la red de drenaje, escala 1:5000<br>Mapa 11 Componente hidrológico, escala 1:5000 |
| | Delimitación del componente ecosistémico | Caracterización flora, y acuática (Numeral 2.6 Estudios soporte). Documento técnico que da soporte a todo el proceso de delimitación ecosistémico.<br><br>Mapa 12. Levantamientos en campo para la caracterización de cobertura vegetal nativa. Información secundaria en zonas de vida sin cobertura vegetal. Escala 1:10000<br>Mapa 13. Mapa de "H" de los árboles dominantes de una comunidad vegetal por zona de vida. Escala 1:10000<br>Mapa 14. Mapa de "N" relación entre la densidad y área de drenaje por Unidad Geomorfológica Escala: 1:10000<br>Mapa 15. Componente Ecosistémico, Escala 1:10000 |
| | Definición del límite físico de la ronda hídrica | Documento técnico que soporta la definición física de la ronda hídrica. Mapa 16. Limite físico de la ronda hídrica, escala 1:5000 |

**FUENTE:** (CAS, 2025)

## 4. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

El presente capítulo corresponde con la delimitación del componente geomorfológico de la Ronda Hídrica, el cual hace referencia a aquella zona o franja en la cual se desarrolla la dinámica fluvial de la corriente que comprende los procesos morfodinámicos que permiten a la corriente realizar las funciones de transporte y sedimentación (MINAMBIENTE 2018). De acuerdo con lo establecido en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (2018), este criterio es fundamental para delimitar el componente geomorfológico de la ronda hídrica, en tanto permite reconocer las formas del terreno que evidencian la acción recurrente del flujo y la configuración natural del corredor aluvial.

En el caso de la quebrada Las Gachas, la delimitación de la envolvente geomorfológica se desarrolló a partir de la integración de criterios técnicos que permiten identificar la extensión espacial del sistema fluvial y su interacción con el relieve circundante. En particular, se consideran como elementos principales: (i) la identificación de geoformas fluviales asociadas al cauce, (ii) el reconocimiento de procesos morfodinámicos activos, (iii) el análisis de las variaciones históricas del trazado del cauce y (iv) las evidencias de ocupación del agua en sectores susceptibles a inundación frecuente.

En todo proceso de acotamiento de rondas hídricas es indispensable realizar la identificación de geoformas que estén directamente relacionadas con la dinámica fluvial, como, por ejemplo: llanuras inundables modernas, terrazas recientes, barras aluviales, depósitos fuera del cauce permanente, cauces secundarios y meandros abandonados por mencionar algunos. También, en el proceso, se tienen en cuenta aquellas unidades de origen denudativo o estructural que delimitan lateralmente el corredor fluvial, lo cual fue fundamental en el caso de la Quebrada Las Gachas ya que este presenta la particularidad de ser un sistema lótico de montaña, donde el cauce se encuentra confinado en ciertos tramos por laderas adyacentes, mientras que en otros sectores presenta condiciones de mayor apertura sin el desarrollo de planicies aluviales amplias.

A pesar de las particularidades del sistema, se realizó el respectivo proceso de identificación de las diferentes geoformas y sus características, permitiendo determinar los límites físicos del componente geomorfológico, en el cual se consideró el cauce o lecho actual de las quebradas como única unidad de ambiente fluvial. Dentro de las geoformas de origen denudacional se tuvieron en cuenta las hondonadas formadas por efectos erosivos de las corrientes o por procesos estudio y los escarpes de erosión menor o escarpes de línea de falla que forman las laderas de los valles, fuentes de material que se sedimenta en el cauce y áreas periféricas.

Para la identificación de geoformas que hacen parte del límite funcional, se realizaron análisis a las geoformas en cuanto su morfología y morfometría, incluyendo la forma de los valles, análisis de los procesos de erosión debido a la acción fluvial de las corrientes, análisis de los materiales geológicos presentes o por donde discurren las aguas, la disposición estructural de las capas rocosas y su fracturamiento que condiciona la dirección de flujo, la resistencia de los materiales y los diferentes patrones de drenaje que configura los cauces. Todas las evidencias

morfológicas fueron verificadas en campo y las zonas de inundación validadas con la comunidad que habita en la zona.

Adicionalmente, el proceso contó con los respecticos análisis multitemporal del cauce permitiendo reconocer los cambios en el alineamiento, procesos de migración lateral y zonas potenciales de ensanchamiento, los cual contribuyó a establecer límites físicos sobre las geoformas identificadas.

Como resultado, se obtuvo la envolvente geomorfológica de la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, la cual está comprendida por una faja de terreno que incluye, el cauce actual o principal de la quebrada en estudio y las geoformas más proximales al cauce que conforman el valle de la quebrada, entre estas las hondonadas, lóbulos coluviales, escarpes de erosión mayor y de línea de falla. Los cuales conforman el valle o laderas adyacentes y que guardan relación directa con la dinámica y procesos denudacionales y fluviales asociados con la quebrada.

En el resultado, se tuvieron en cuenta todas las evidencias geomorfológicas interpretadas mediante los modelos digitales de elevación de alta resolución, ortofotografía y cartografía geomorfológica detallada y posteriormente verificadas en campo, con el fin de corroborar la correspondencia entre las geoformas delimitadas y las condiciones reales del sistema fluvial. De esta manera, la envolvente geomorfológica de la quebrada Las Gachas es insumo esencial para la definición del componente geomorfológico de la ronda hídrica y para su integración posterior con los componentes hidrológico–hidráulico y ecosistémico en la delimitación del límite funcional definitivo.

## 4.1. GEOFORMAS ASOCIADAS AL LIMITE FUNCIONAL DEL CAUCE

Para llevar a cabo la debida identificación de geoformas asociadas al límite funcional, se llevó a cabo el proceso de identificación de los elementos geomorfológicos asociados con la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas, haciendo la respectiva caracterización y cartografía de formas del terreno relacionadas con la zona transicional entre el medio acuático y terrestre o en la zona periférica a la corriente principal.

Durante el proceso y conforme sus particularidades de cobertura de tierras, fue indispensable la identificación del cauce a partir de elementos dendro-morfológicos, entre estos la identificación de vegetación acuática, de zonas húmedas o de tipo riparia o ribereña (bosques de galería o riparios), desarrollados a lo largo o sobre la ribera de la corriente principal de la quebrada.

A continuación, se presenta un registro fotográfico de estos indicativos dendro-morfológicos.

### 4.1.1. Vegetación acuática

Como evidencia de la vegetación acuática se apreciaron plantas de tipo herbáceas observadas al margen del cauce y que son capaces de habitar zonas saturadas en humedad, como por ejemplo las Eliconias y los Anturios.

***Figura 1. Vegetación Herbácea acuática o que soporta zonas sobre saturadas en humedad al margen del cauce.***




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) LA IMAGEN DE LA IZQUIERDA MUESTRA LO QUE PARECE SER UNAS HELICONIAS JÓVENES Y A MANO DERECHA UNOS ANTURIOS. COORDENADAS (E: 4953659 N: 2245081).

### 4.1.2. Zonas húmedas

Un claro ejemplo dedro-morfológico de zonas húmedas son los helechos machos (*Dryopteris affinis*) vegetación de tipo herbácea el cual es característico de zonas húmedas y se desarrolla a lo largo de buenos tramos de la quebrada ayudando a delimitar el área funcional de la ronda hídrica.

***Figura 2. Vegetación arbustiva de Helecho Macho, indicador de zonas húmedas.***




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) LA IMAGEN DE LA IZQUIERDA MUESTRA UNA IMAGEN EN PLANTA DONDE SE LOGRA IDENTIFICAR LA TEXTURA Y TONALIDAD QUE ARROJAN EN LA FOTOGRAFÍA AÉREA LA VEGETACIÓN DE ZONAS HÚMEDAS. (COORD. E: 4954200 N: 2244928). LA IMAGEN DE LA DERECHA MUESTRA UNA IMAGEN EN EL TERRENO DE ESTA VEGETACIÓN DE HELECHALES CARACTERÍSTICOS DE ZONAS HÚMEDAS AL MARGEN DE LA QUEBRADA (COORD. E:4954549 N:2244767).

### 4.1.3. Bosques de galería y riparios

Los bosques de galería y riparios fueron observados haciendo parte del cauce y sus áreas periféricas, este tipo de bosque se identificó hacia la parte alta y baja del sistema fluvial de la quebrada Las Gachas y este se caracteriza por una comunidad densa de árboles y arbustos que se desarrollan a lo largo y ancho de las corrientes de agua.

*Figura 3. Bosque de galería y ripario como indicador dendro-morfológico*

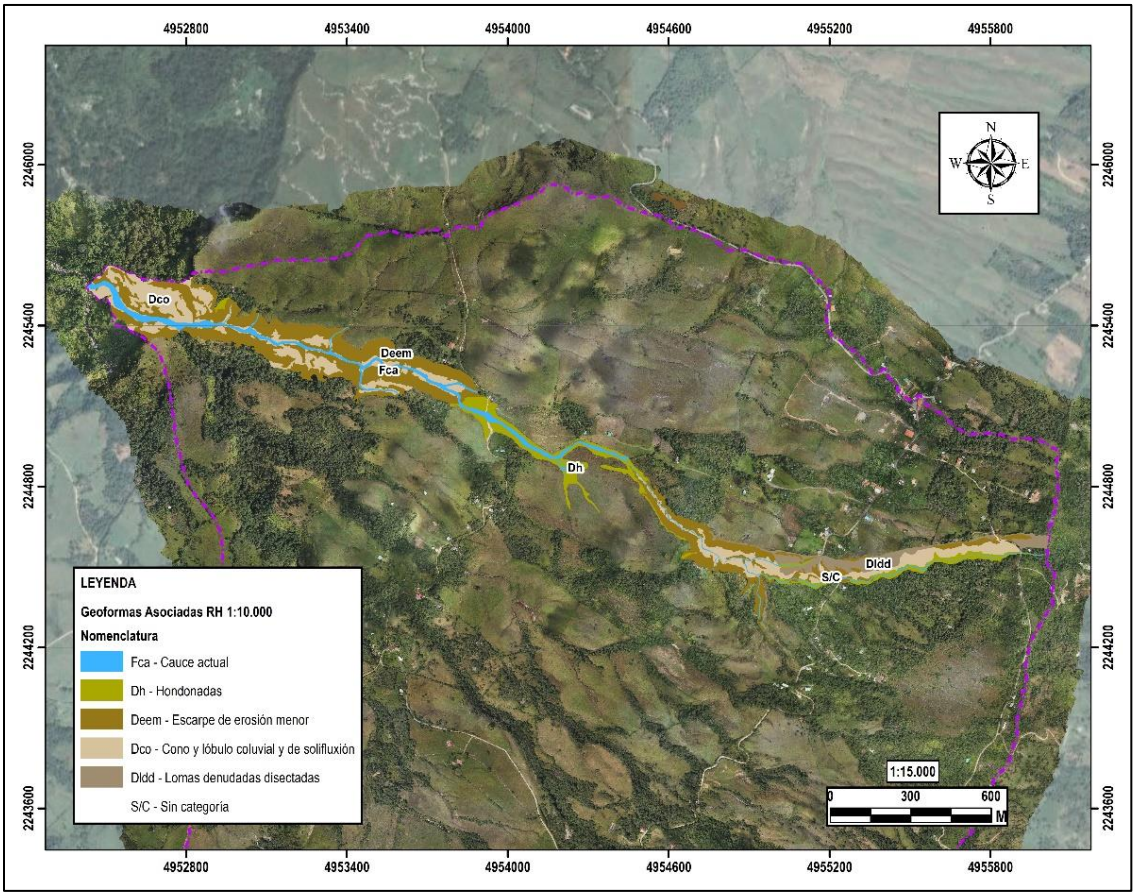



**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) A MANO IZQUIERDA SE OBSERVA UNA IMAGEN EN EL TERRENO QUE MUESTRA EL BOSQUE DE GALERÍA DESARROLLADO A LO LARGO DEL CAUCE (COORD. E: 4955771 N: 2244541). LA IMAGEN DE LA DERECHA MUESTRA UNA VISTA EN PLANTA DEL DESARROLLO DE VEGETACIÓN DE BOSQUE DE GALERÍA Y RIPARIO QUE INDICA EL TRAZO DEL CAUCE (COORD. E:4954549 N:2244767).

### 4.1.4. MAPA 7 GEOFORMAS ASOCIADAS AL LA RONDA HÍDRICA ESCALA 1: 10000

A escala 1:10.000 las geoformas identificadas que se encuentran asociadas a la ronda hídrica son:

*Figura 4. Mapa 7 Geoformas asociadas a la Ronda Hídrica escala 1:10000.*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

- **Cauce actual (Fca)**

En el área de estudio la geoforma de cauce actual representa el canal por donde actualmente discurren las aguas de las quebradas que hacen parte del área de estudio a escala 1:10.000; dentro de lo cual se tiene la quebrada Las Gachas, La colorada, Hervederos, Moscó, Cabezona, La Coca y La Laja entre otras. Este presenta una morfología irregular formado por procesos de erosión e incisión debido a la acción de las corrientes de agua, las cuales en este caso pueden ser tanto permanentes (perennes) como estacionales o intermitentes.

Conforme los materiales geológicos identificados en el área de estudio, los cauces actuales identificados se han formado sobre tres materiales distintos:

1. Sobre lecho conformado por roca o macizos rocosos fracturados dispuestos a manera de ladera estructural, que contienen rocas de resistencia dura e intermedia

pertenecientes a la Formación Areniscas de Chiquinquirá y sobre las cuales se forman rápidos "toboganes naturales" pozos, cascadas y manantiales.

2. Sobre suelos residuales de tipo saprolito a roca, derivados de una secuencia interestratificada o intercalada por estratos o capas de areniscas y lodolitas, que han heredado las estructuras de la roca parental de la cual deriva, controlando en parte su flujo y morfología.
3. Sobre sedimentos o suelos transportados, que se formaron por cambios en el gradiente de las corrientes que permitieron la acumulación de sedimentos aluviales incipientes, mesclados con aporte mayoritario de material coluvial proveniente de las laderas adyacentes que forman los valles.

La morfología de estos cauces es irregular y variable a lo largo y ancho, ya que están íntimamente condicionados por los cambios de pendiente, el tipo de material por donde discurre, el aporte material o carga de sedimentos y su caudal, lo cual induce diferentes grados de resistencia a las aguas a fluir marcando cauces con morfología en planta con un patrón de drenaje recto sobre lecho rocoso, relativamente sinuosos sobre suelos residuales o depósitos y de morfología algo trenzada sobre suelos coluviales hacia la parte baja.

La morfología de los valles también es variable y depende de los materiales por donde el cauce discurre. Por ejemplo, se aprecian valles con formas de V amplios o casi llanos cuando el cauce discurre por el lecho rocoso que se encuentra dispuesto a manera de ladera estructural, en forma de V estrecha, cuando discurre por lecho rocoso o suelos residuales de tipo saprolito generó debido a la incisión un valle mucho más estrecho y profundo. Finalmente, valles cuya morfología es en U sobre suelos residuales o depósitos cuando los procesos formación del valle presenta un equilibrio entre el proceso de incisión y ensanchamiento del cauce.

Para los casos del cauce y valle formado sobre el lecho rocoso o suelos residuales de tipo saprolito, la formación de estos depende de la disposición estructural de estructuras heredadas de la roca como fallas o diaclasas.

Debido a las características particulares de estos cauces identificados no se observaron zonas amplias que tuvieran alguna relación con planicies o llanuras de inundación. Esto se debe a su ubicación en el sistema fluvial, el cual obedece a la parte alta de la cuenca o zona de vertiente de esta, donde predominan más los procesos erosión por escorrentía superficial sobre materiales principalmente rocosos o residuales y en menor medida sobre suelos de depósitos aluviales.

- **Hondonadas (Dh)**

Las hondonadas son una depresión en el terreno formada por procesos de incisión del cauce, bien sea sobre lechos rocosos, suelos residuales o suelos transportados. Generalmente estas geoformas, se localizan como una franja alrededor del área que representa el cauce actual (Fca) anteriormente descrito y haciendo parte del valle, lo cual indica una alta relación con la franja donde se desarrollan los procesos morfodinámicos fluviales asociados al cauce. Es decir, en al

área delimitada como hondonadas, suceden los diferentes procesos morfodinámicos asociados a la dinámica fluvial de las corrientes, zona donde suceden procesos de transporte y depositación de materiales por efectos hidro-gravitacionales provenientes del propio caudal del cauce y de las laderas adyacentes a este por procesos más de caída de material.

Conforme a la morfología y morfometría, estas hondonadas presentan pendientes de ligeramente escarpadas a fuertemente escarpada (<25%) con formas de la ladera de todos los tipos, tanto complejas como irregulares, así como también predominantemente cóncavas, convexas y rectas, marcando valles en V y U. Se aprecian contrastes de relieve bajos y muy bajos respecto al nivel del cauce que van desde tan solo unos cm a 35 m de altura y con longitudes muy cortas y cortas que no superan los 50 m de largo.

- **Escarpes de erosión menor (Deem)**

Corresponde con las ladera abruptas o escarpadas que forman los valles de las corrientes del presente estudio, formados por procesos de erosión y desplome de material, que denota un alto contraste de relieve en el terreno marcado un escalón o un abrupto cambio de altura respecto al nivel base local.

Estos escarpes se pueden formar por distintas causas dentro de las cuales en el área de estudio se presentan las siguientes:

- Por procesos tectónicos de la dinámica interna de la corteza terrestre reflejados en superficie.
- Por procesos de erosión fluvial debido a la dinámica fluvial de las corrientes.
- O por procesos denudacionales gravitacionales e hidro-gravitacionales naturales de la superficie terrestre.

Todos estos procesos dieron como resultado a la configuración actual de estos escarpes cuya morfología de las laderas es de longitud o altura corta (<50 m) y pendientes que varían o van desde moderadamente escarpadas a fuertemente escarpadas (>50%), con formas variables que pueden ser tanto complejas, como irregulares, cóncavas, convexas y rectas.

- **Cono y lóbulo coluvial y de sliflucción (Dco)**

Estas geoformas se consideraron importantes ya que en la parte alta y baja del sistema lótico el valle o vertiente de la quebrada recibe un gran aporte de las lareras escarpadas adyacentes colmatando el cauce y zonas periféricas, siendo estos depósitos incorporados al sistema fluvial.

- **Escarpe de línea de falla (Slfe)**

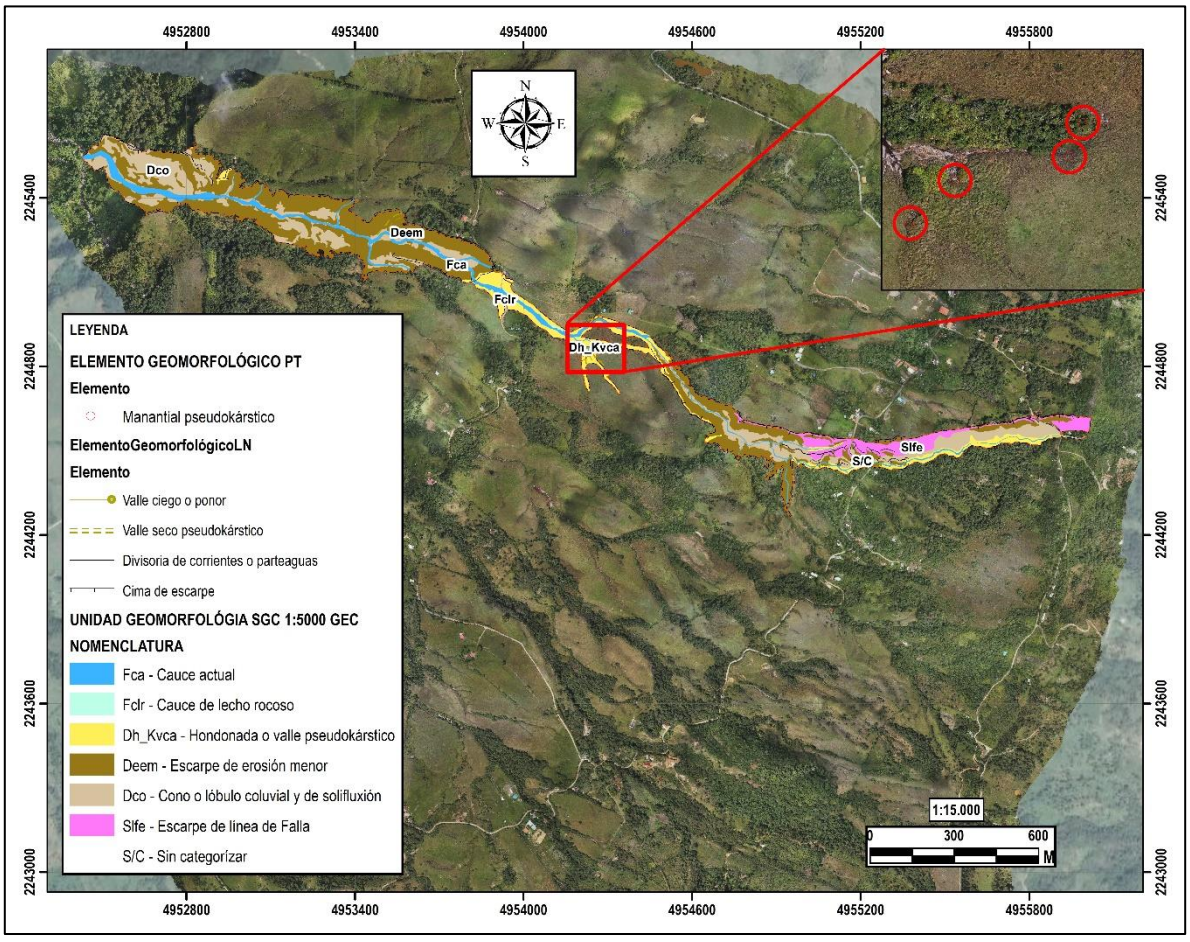
El escarpe de línea de falla se identificó hacia la parte alta del sistema fluvial controlando las corrientes de la quebrada Las Gachas. Este se consideró importante ya que hace parte del valle

de la quebrada y este escarpe es fuente de materiales que caen directamente a la zona de vertiente de la quebrada generando sedimentos a la misma y zonas periféricas.

### 4.1.5. MAPA 8 GEOFORMAS Y EVIDENCIAS DE CAMPO ESCALA 1: 5000

Teniendo un mapa preliminar de geoformas asociadas a la Ronda Hídrica se realizó el proceso de dar detalle a las geoformas identificadas con las evidencias recolectadas en campo, lo cual dio como resultado el mapa 8 de Geoformas y evidencias de campo a escala 1:5000.

*Figura 5. Mapa 8 Geoformas y evidencias de campo escala 1:5000*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

Teniendo en cuenta que las geoformas ya han sido descritas anteriormente, a continuación, se realiza la descripción de los elementos geomorfológicos tipo punto y tipo línea que fueron identificados.

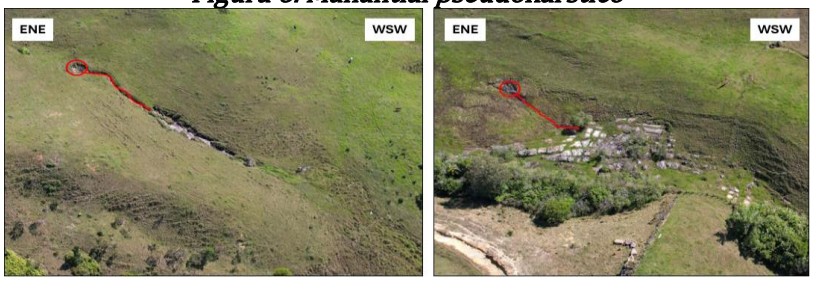
#### *4.1.2.1 Geoformas de origen pseudo Kárstico*

Conforme las particularidades del área de estudio de presentar geoformas asociadas a la disolución intracristalina en areniscas se describen las siguientes geoformas:

- ✓ **Manantial pseudokástico**

Los manantiales son surgencias de caudal pequeño, de alimentación alóctona y de tipo intermitente; son producto de diaclasas que actúan como colectores del agua que discurre por la superficie y es interceptada por la diaclasa. Cada manantial tiene cota de salida diferente e independiente de la de los demás pertenecientes a este grupo. En este caso se le adiciona la palabla pseudocárstico indicando que esta geoforma no es netamente de origen Kárstico debido a la ausencia de roca caliza.

***Figura 6. Manantial pseudokárstico***

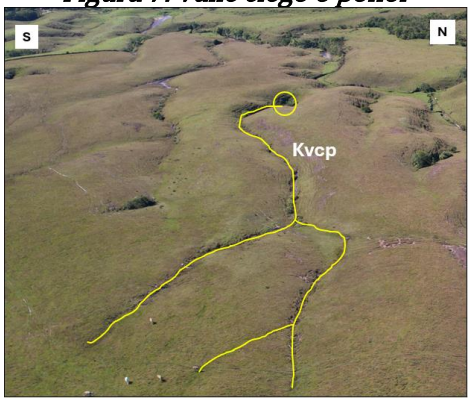



**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) EJEMPLOS FOTOGRÁFICOS DE LOS SECTORES DONDE SE PRESENTAN ALGUNOS MANANTIALES E:4954428 N:2244752 Y E:495059 N:2245010

- ✓ **Valle ciego o ponor (Kvcp)**

Superficie cerrada, de forma elongada, limitada por laderas de pendientes suaves a inclinadas, modeladas por una corriente que desaparece súbitamente en un sumidero kárstico (ponor), este tipo de geoforma geológicamente presenta un fuerte control es estructural y un alto fracturamiento lo que favorece los procesos de disolución.

***Figura 7. Valle ciego o ponor***

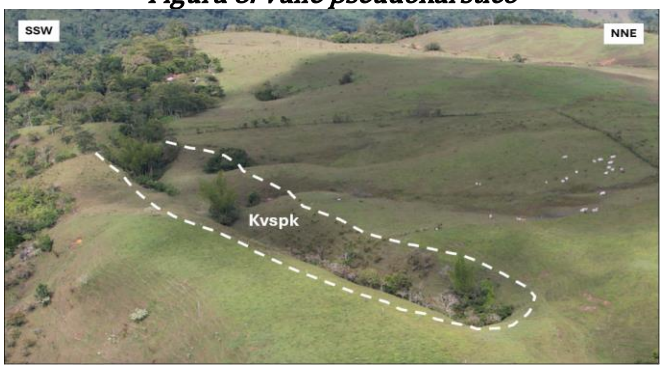



**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) EJEMPLO FOTOGRÁFICO DE LOS VALLES CIEGOS OBSERVADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO E:4954728 N:2245212.

- ✓ **Valle pseudokárstico (Kvspk)**

Zona deprimida de forma elongada, de fondo plano o suavemente ondulado, con bordes cóncavos bien marcados formados por disolución, en este caso la disolución es intracristalina y afecta a las Areniscas de Chiquinquirá.

*Figura 8. Valle pseudokárstico*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) IMAGEN TOMADA CON DRON A LOS VALLES PSEUDOKÁRSTICOS LOCALIZADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO, COORDENADAS E:4953330 N:2245456

#### *4.1.2.2 Geoformas de origen denudacional*

Derivadas de la actividad agradacional o degradacional de las corrientes fluviales. Incluyen cauces actuales de corrientes, niveles de terrazas dejadas por la sedimentación de cauces, incisión y eventos fluvio-torrenciales

- ✓ **Cima de escarpe (Dce)**

borde superior, el punto más alto o la cresta del talud escarpado, donde el terreno abrupto o la pared vertical (el escarpe) se encuentra con la superficie más plana o la zona elevada de la que desciende, marcando el inicio de la caída o el desplazamiento del terreno.

*Figura 9. Cima de escarpe*

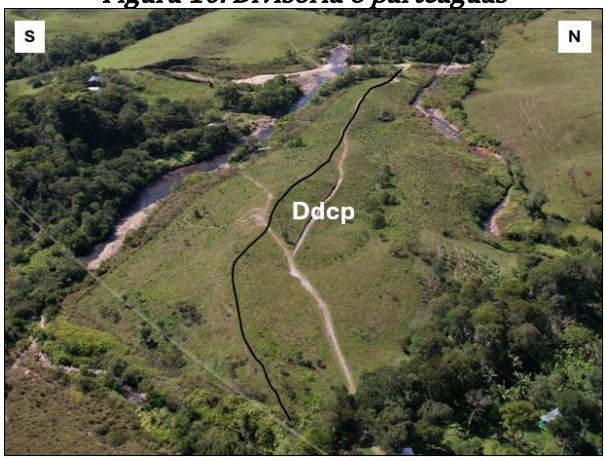



**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) EJEMPLO DE LA CIMA DEL ESCARPE HACIA LA PARTE ALTA DEL ÁREA DE ESTUDIO E:4955484 N:2242539

- ✓ **Divisoria de corrientes o parteaguas (Ddcp)**

línea imaginaria que separa dos cuencas hidrográficas, siguiendo las cumbres o puntos más altos del terreno, donde el agua de lluvia o nieve se divide para fluir hacia diferentes ríos, mares u océanos. Funciona como un límite natural que define el perímetro de una cuenca, determinando qué aguas pertenecen a un sistema de drenaje y cuáles a otro.

*Figura 10. Divisoria o parteaguas*

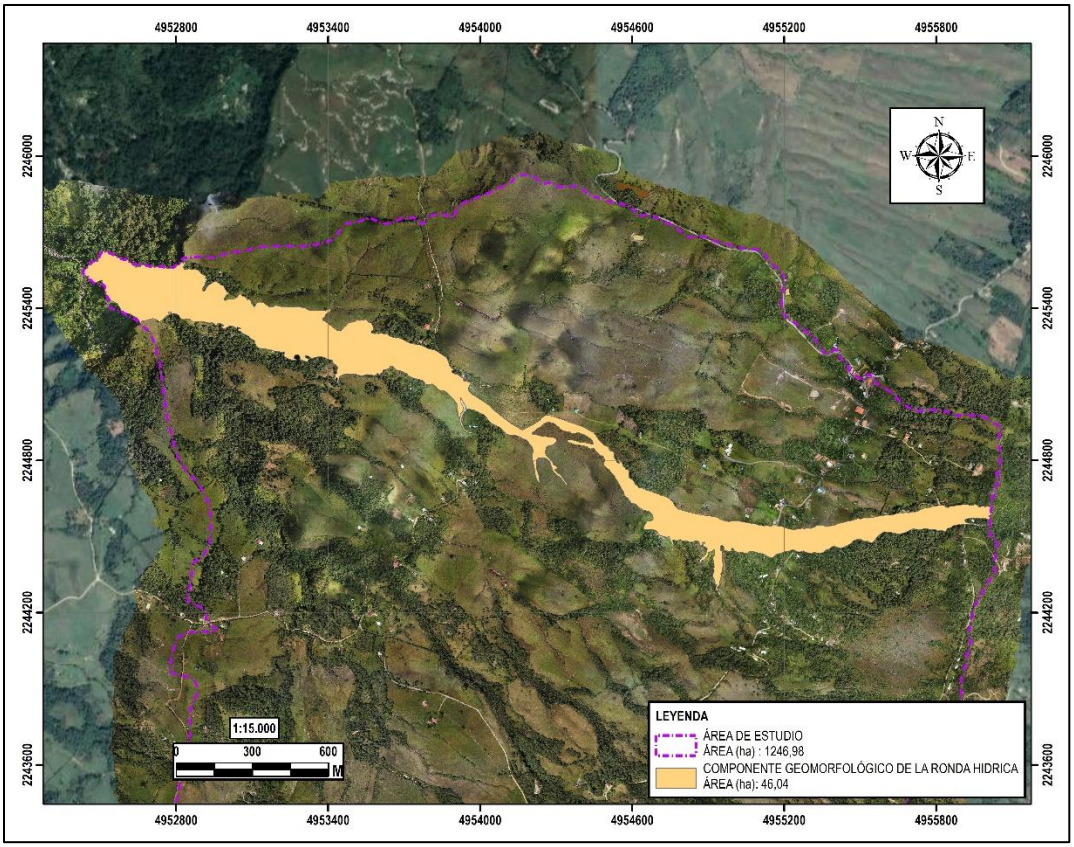



**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025) IMAGEN DONDE SE ILUSTRA LA DIVISORIA DE CORRIENTES ENTRE LAS GACHAS Y UN TRIBUTARIO DE ESTA E:4954136 N:2245007

## 4.2. MAPA 9 COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO 1: 5000

Como resultado de la integración del área que ocupan las geoformas asociadas con la Ronda Hídrica se obtuvo el componente geomorfológico de la Ronda Hídrica, la cual cuenta con una extensión de 46.05 ha.

*Figura 11. Mapa 9 Componente geomorfológico Ronda Hídrica escala 1:5000.*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

# 5. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE HIDROLÓGICO - HIDRÁULICO

La delimitación del componente hidrológico–hidráulico permite identificar la extensión del terreno ocupada por el cuerpo de agua durante los eventos de inundación más frecuentes y representativos del comportamiento ordinario del sistema fluvial. De acuerdo con la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (2018), este componente debe considerar no solo la dinámica hidráulica del cauce, sino también la variabilidad intraanual e interanual del régimen hidrológico, incluyendo la influencia de fenómenos climáticos como el ENSO (El Niño–Oscilación del Sur), los cuales condicionan las fluctuaciones de caudal y la recurrencia de crecientes en los sistemas lóticos.

En este sentido, el análisis hidrológico–hidráulico se orienta a delimitar la zona funcional ocupada por el agua bajo condiciones recurrentes de desbordamiento, considerando los niveles máximos asociados a eventos de inundación de mayor frecuencia, así como la respuesta hidráulica del cauce frente a diferentes escenarios hidrológicos. La Guía establece que dicha delimitación debe incorporar el grado de alteración morfológica del cuerpo de agua, su conectividad con la llanura inundable y las modificaciones antrópicas que puedan influir en la propagación del flujo, lo cual resulta particularmente relevante en quebradas de montaña como Las Gachas, donde la topografía y la energía del flujo controlan la dinámica de inundación.

Para el caso de la quebrada Las Gachas, este componente se desarrolla mediante la integración de la información topobatimétrica, la estimación de caudales característicos y la modelación hidráulica a lo largo de la red de drenaje, con el fin de representar espacialmente los niveles máximos de inundación y su interacción con el corredor fluvial. Este ejercicio permite diferenciar las áreas funcionalmente asociadas al comportamiento hidrológico recurrente del sistema, frente a aquellas ocupadas únicamente durante eventos extremos.

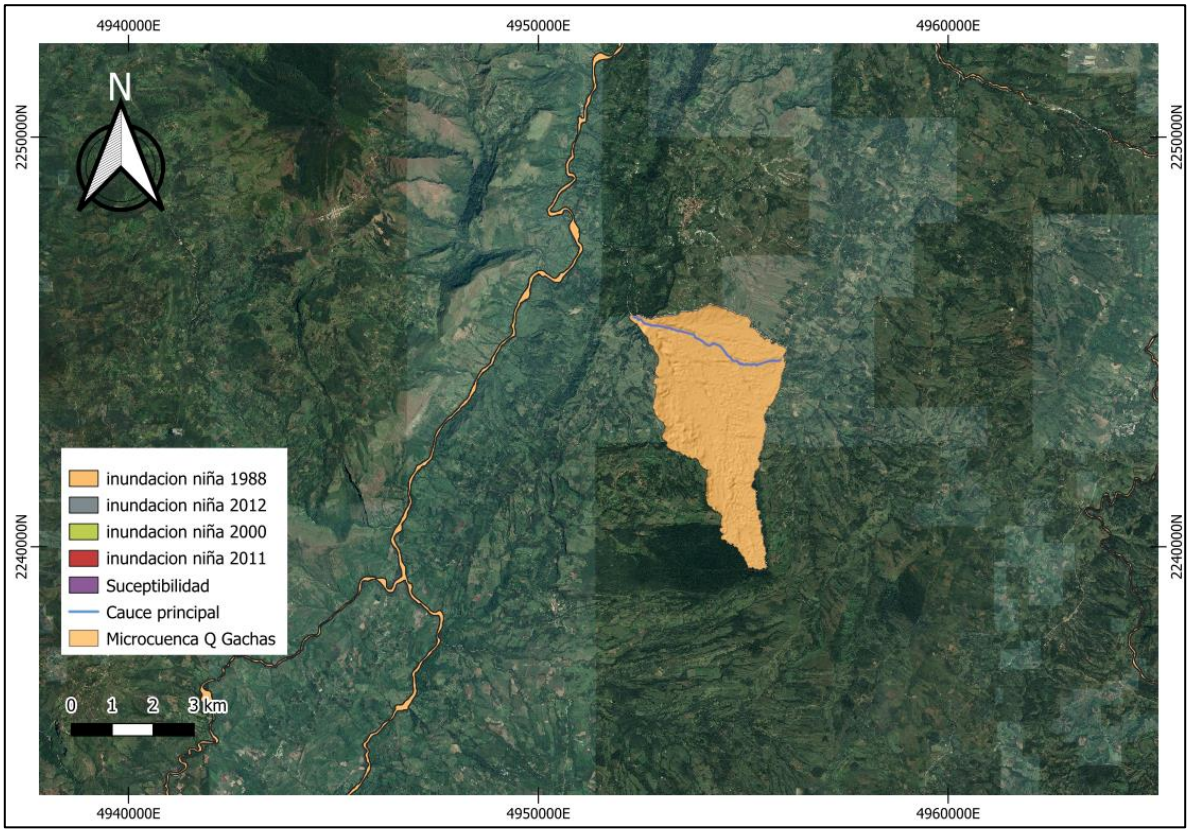
En el presente capítulo se presentan los resultados del análisis hidrológico–hidráulico como insumo para la delimitación de la ronda hídrica. En particular, se expone la construcción de la mancha asociada a los niveles máximos de inundación a lo largo de la red de drenaje, representada en el Mapa 10, así como la delimitación consolidada del componente hidrológico–hidráulico a escala 1:5.000, presentada en el Mapa 11.

## 5.1. MAPA 10. NIVELES MÁXIMOS DE INUNDACIÓN A LO LARGO DE LA RED DE DRENAJE

De acuerdo con los términos de referencia base para el desarrollo del estudio, se realizará el análisis de dinámica fluvial a nivel general de la zona de estudio de las unidades hidrográficas identificadas y que tengan relación directa con el desarrollo del proyecto. Para lo anterior, se presentará un análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales (información secundaria) de toda la zona asociada a la línea de transmisión del proyecto en donde se identificarán los cambios presentados en estas cuencas hidrográficas y sus drenajes respectivos.

A partir de la información secundaria disponible en el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC) de las áreas afectadas por eventos de inundación en periodos de fenómeno de la niña para los años 1998, 2000, 2011 y 2012. A continuación, se presenta la salida gráfica de las zonas afectadas en relación con la cuenca de interés.

*Figura 12. Manchas de inundación fenómenos de la niña.*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

Cómo se observa en la figura anterior, las machas de inundación asociadas por el fenómeno de la niña se generar principalmente por el desbordamiento del rio Suárez para todos los años de registro. No obstante, la mancha de inundación se localiza a unos 2600 m de la cuenca de interés.

## 5.2. MAPA 11 COMPONENTE HIDROLÓGICO ESCALA 1: 5000

Para la elaboración de los mapas de inundación, se definió previamente la tormenta de diseño, la cual para este caso se determinó por medio de la curva IDF de la estación LAJA LA (24015250). Adicionalmente, se utilizó el método del bloque alterno para la construcción del hietograma de diseño, el cual se fundamenta en una tormenta con duración total de tres horas. Este procedimiento se aplicó para los periodos de retorno de 2.33, 15, Y 100 años.

*Tabla 2.Hietograma de diseño.*

| T (min) | 2.33 | 15 | 100 |
|---|---|---|---|
| 5 | 0.7 | 0 | 1.3 |
| 10 | 0.7 | 0.9 | 1.4 |
| 15 | 0.7 | 1 | 1.4 |
| 20 | 0.8 | 1 | 1.5 |
| 25 | 0.8 | 1.1 | 1.6 |
| 30 | 0.8 | 1.1 | 1.7 |
| 35 | 0.9 | 1.2 | 1.8 |
| 40 | 1.0 | 1.3 | 1.9 |
| 45 | 1.0 | 1.3 | 2.0 |
| 50 | 1.1 | 1.4 | 2.2 |
| 55 | 1.2 | 1.5 | 2.4 |
| 60 | 1.3 | 1.7 | 2.6 |
| 65 | 1.5 | 1.9 | 2.9 |
| 70 | 1.7 | 2.1 | 3.4 |
| 75 | 2.0 | 2.4 | 4.0 |
| 80 | 2.6 | 2.9 | 5.1 |
| 85 | 3.9 | 3.6 | 7.6 |
| 90 | 20.6 | 5.4 | 40.6 |
| 95 | 5.5 | 29 | 10.8 |
| 100 | 3.1 | 7.7 | 6.1 |
| 105 | 2.3 | 4.3 | 4.5 |
| 110 | 1.9 | 3.2 | 3.7 |
| 115 | 1.6 | 2.6 | 3.1 |
| 120 | 1.4 | 2.2 | 2.8 |
| 125 | 1.3 | 2 | 2.5 |
| 130 | 1.1 | 1.8 | 2.3 |
| 135 | 1.1 | 1.6 | 2.1 |
| 140 | 1.0 | 1.5 | 1.9 |
| 145 | 0.9 | 1.4 | 1.8 |
| 150 | 0.9 | 1.3 | 1.7 |
| 155 | 0.8 | 1.2 | 1.6 |
| 160 | 0.8 | 1.2 | 1.5 |
| 165 | 0.8 | 1.1 | 1.5 |
| 170 | 0.7 | 1.1 | 1.4 |
| 175 | 0.7 | 1 | 1.4 |
| 180 | 0.7 | 1 | 1.3 |

**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

Adicionalmente, la asignación de los parámetros de infiltración se basó en el método SCS-CN, en donde se definió un valor de curva número con base a la cobertura del suelo definida por la base de datos de uso del suelo de Colombia CORINE Land Cover del Pomca Río Medio y Bajo Suárez. En este caso el valor de CN adoptado para la zona de estudio corresponde a 64.02, lo cual es un valor típico de zonas con coberturas vegetales poco intervenidas. Por último, el tiempo de concentración de la cuenca de estudio se definió por medio de las ecuaciones

empíricas (Teméz, VenTe Chow, entre otros), para este caso se estimo un tiempo de concentración de 70 minutos (1.167 horas). Con base a los datos mencionados anteriormente y por medio del software HEC – HMS, se estimaron los caudales máximos instantáneos para los periodos de retorno definidos anteriormente. A continuación, se presentan los resultados:

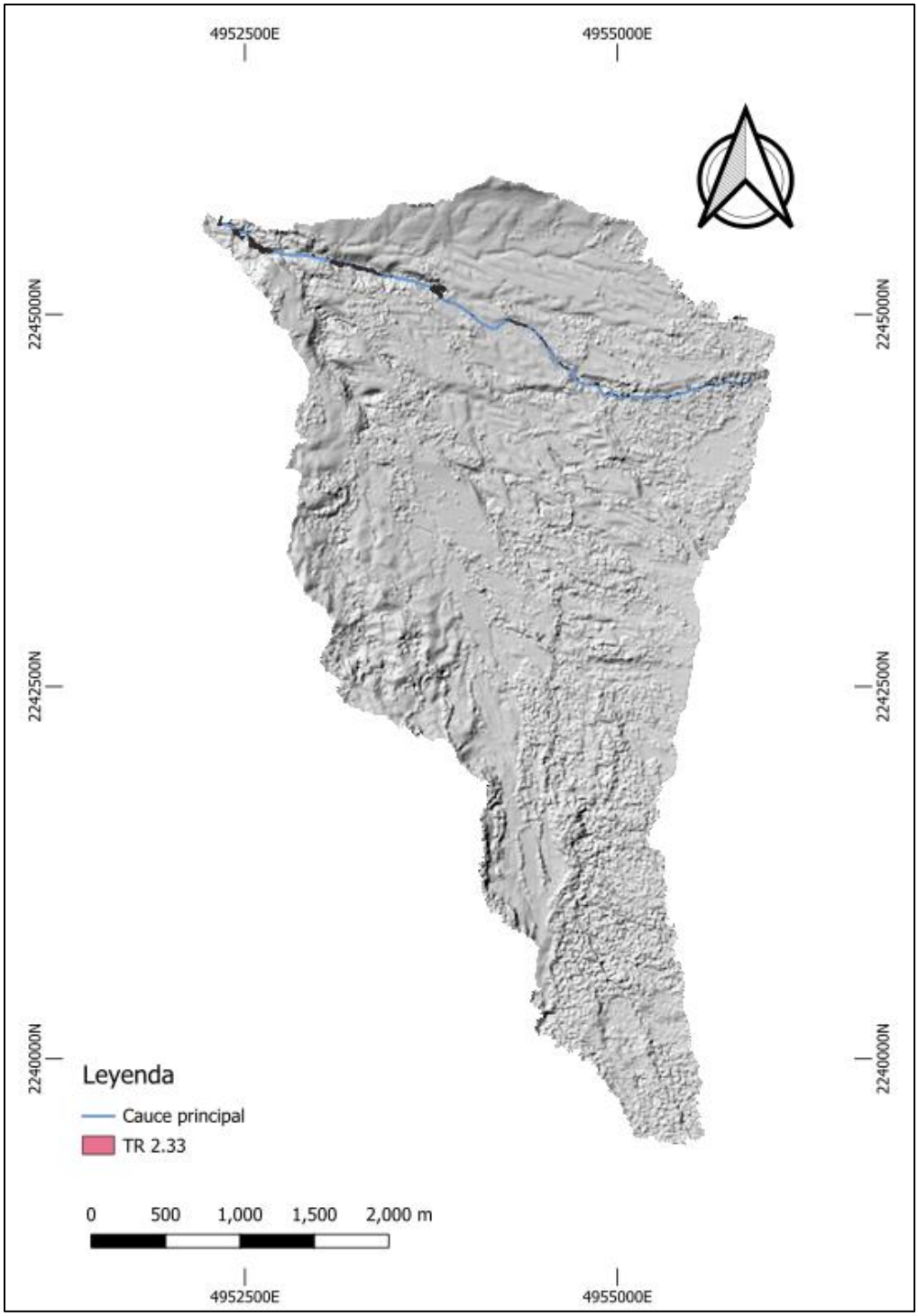
*Tabla 3. Caudales de salida del modelo HEC-HMS*

| Q [m³/s] | Periodo de retorno (Años) | | |
|---|---|---|---|
| | 2.33 | 15 | 100 |
| | 19.5 | 50.7 | 111.8 |

**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

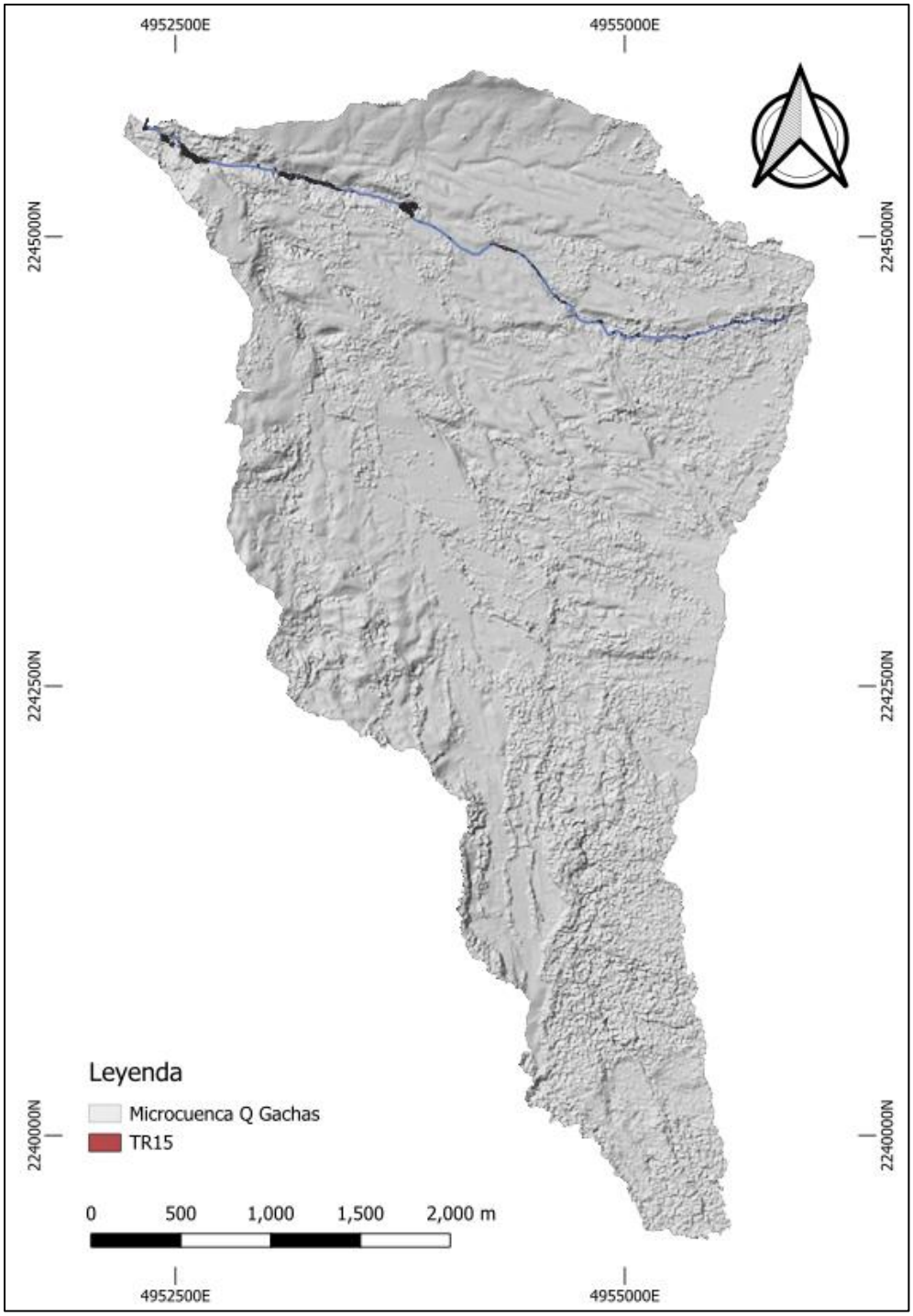
Definidos los caudales máximos instantáneos para los distintos periodos de retorno, sumado a la topobatimetría de las secciones transversales del cauce principal y con el modelo digital de elevación, se elaboró los modelos lluvia escorrentía en el Software HEC – RAS. En este caso se buscó las cotas máximas de inundación para los periodos de retorno definidos. A continuación, se presentan los resultados de las modelaciones:

*Figura 13. Manchas de inundación TR 2.33 años*



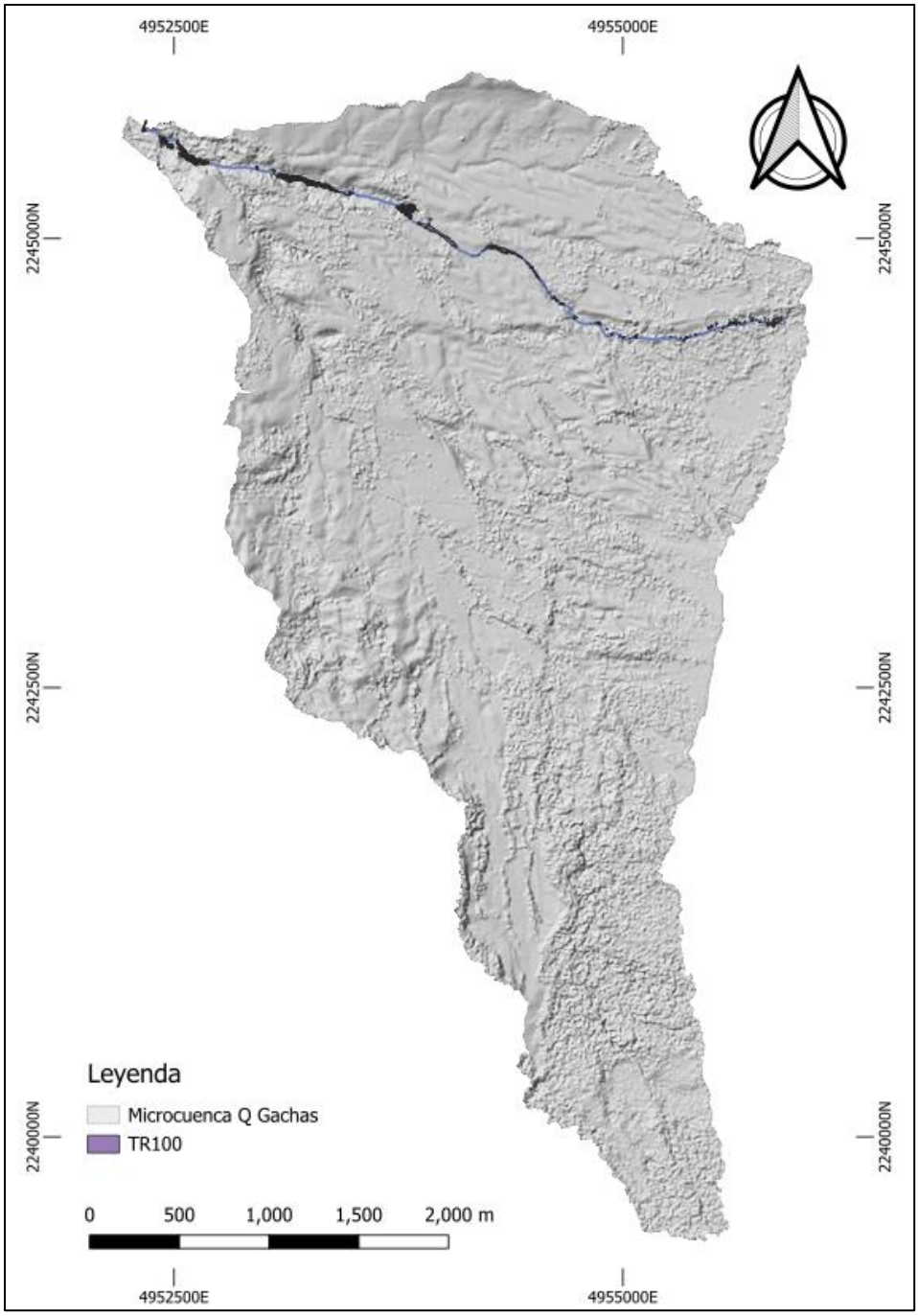

**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

*Figura 14. Manchas de inundación TR 15 años*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

*Figura 15. Manchas de inundación TR 100 años*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

En este caso se observa que las modelaciones evidencian una acumulación de agua en la zona baja de la cuenca, esto puede ser generado por la acumulación de flujo a lo largo de todo el

recorrido del cauce, además de la disminución de la pendiente a la salida de la cuenca. Por otro lado, las manchas de inundación son pocas, esto debido a la alta pendiente de la cuenta (tramos con pendiente del más del 10%), lo cual puede generar una evacuación rápida del flujo.

## 6. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO

La Ley 165 de 1994, mediante la cual se aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica, define el ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y microorganismos y su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional. En este sentido, la interacción entre los componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (suelo, agua y atmósfera) desencadena una serie de procesos físicos, químicos y biológicos conocidos como funciones ecosistémicas, fundamentales para el funcionamiento de los sistemas naturales (Turner & Chapin, 2005) y para el sostenimiento de la vida humana (Daily, 1997).

En este contexto, la quebrada Las Gachas se localiza en un territorio que presenta un alto grado de intervención antrópica, donde actividades como la expansión urbana, la agricultura, la ganadería y, de manera particular, el uso turístico intensivo, han generado transformaciones significativas en las coberturas vegetales y en la estructura del ecosistema ribereño. Estas dinámicas han incidido en la composición y diversidad de la flora y fauna asociada al corredor hídrico, así como en la alteración parcial de sus funciones ecológicas.

La ronda hídrica de un cuerpo de agua constituye una zona riparia o ribereña, es decir, un espacio de transición e interacción entre el medio acuático y el medio terrestre. Estas franjas desempeñan un rol clave en múltiples procesos naturales, tales como la retención de nutrientes transportados por inundaciones periódicas, el control del aporte de materia orgánica hacia el cauce y la provisión de hábitat y recursos para especies acuáticas y terrestres, lo cual se refleja en la estructura trófica de los sistemas fluviales (Gregory et al., 1991). Adicionalmente, la vegetación ribereña actúa como barrera natural frente a contaminantes derivados de los usos del suelo, funcionando como zona de amortiguamiento de los impactos humanos sobre el sistema hídrico (Lowrance et al., 2002).

De acuerdo con la *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (2018)*, el componente ecosistémico tiene como finalidad establecer, mantener o recuperar las coberturas vegetales propias de la región en torno a los cuerpos de agua, garantizando la conservación de sus funciones ecosistémicas y su articulación con los componentes geomorfológico e hidrológico–hidráulico. En sistemas lóticos, como la quebrada Las Gachas, estas franjas riparias constituyen un ecotono fundamental donde se interrelacionan los ciclos del agua, los sedimentos y los nutrientes, favoreciendo procesos como la infiltración, el almacenamiento hídrico y la regulación de la escorrentía superficial.

Asimismo, la presencia de vegetación ribereña contribuye a la estabilidad de las orillas mediante el desarrollo de sistemas radiculares que refuerzan el suelo, reduciendo los procesos erosivos y disipando la energía del flujo durante eventos de crecientes. La rugosidad natural del corredor ribereño disminuye la velocidad de las aguas de inundación, favorece la recarga de acuíferos y promueve la retención de sedimentos y nutrientes. Adicionalmente, la continuidad espacial de estas coberturas facilita la conformación de corredores biológicos, esenciales para el movimiento, refugio y dispersión de numerosas especies.

En este marco, la delimitación del componente ecosistémico de la ronda hídrica considera la estructura, altura y conectividad de la vegetación riparia, así como su relación funcional con el

sistema fluvial. Se reconoce que la distribución de las comunidades vegetales y faunísticas depende de su tolerancia a condiciones de saturación hídrica, inundación periódica y ambientes con baja disponibilidad de oxígeno. De esta manera, este componente se constituye en un insumo esencial para la definición integral del límite funcional de la ronda hídrica, asegurando que el corredor ribereño conserve su papel ecológico, hidrológico y de soporte para la biodiversidad.

## 6.1. METODOLOGÍA PARA EL COMPONENTE ECOSISTÉMICO

La Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece el proceso metodológico que debe aplicarse para la definición del componente ecosistémico. Dicho proceso se estructura a partir de una secuencia lógica de insumos, actividades y productos, orientada a garantizar la trazabilidad entre la información de partida, los análisis realizados y los resultados obtenidos.

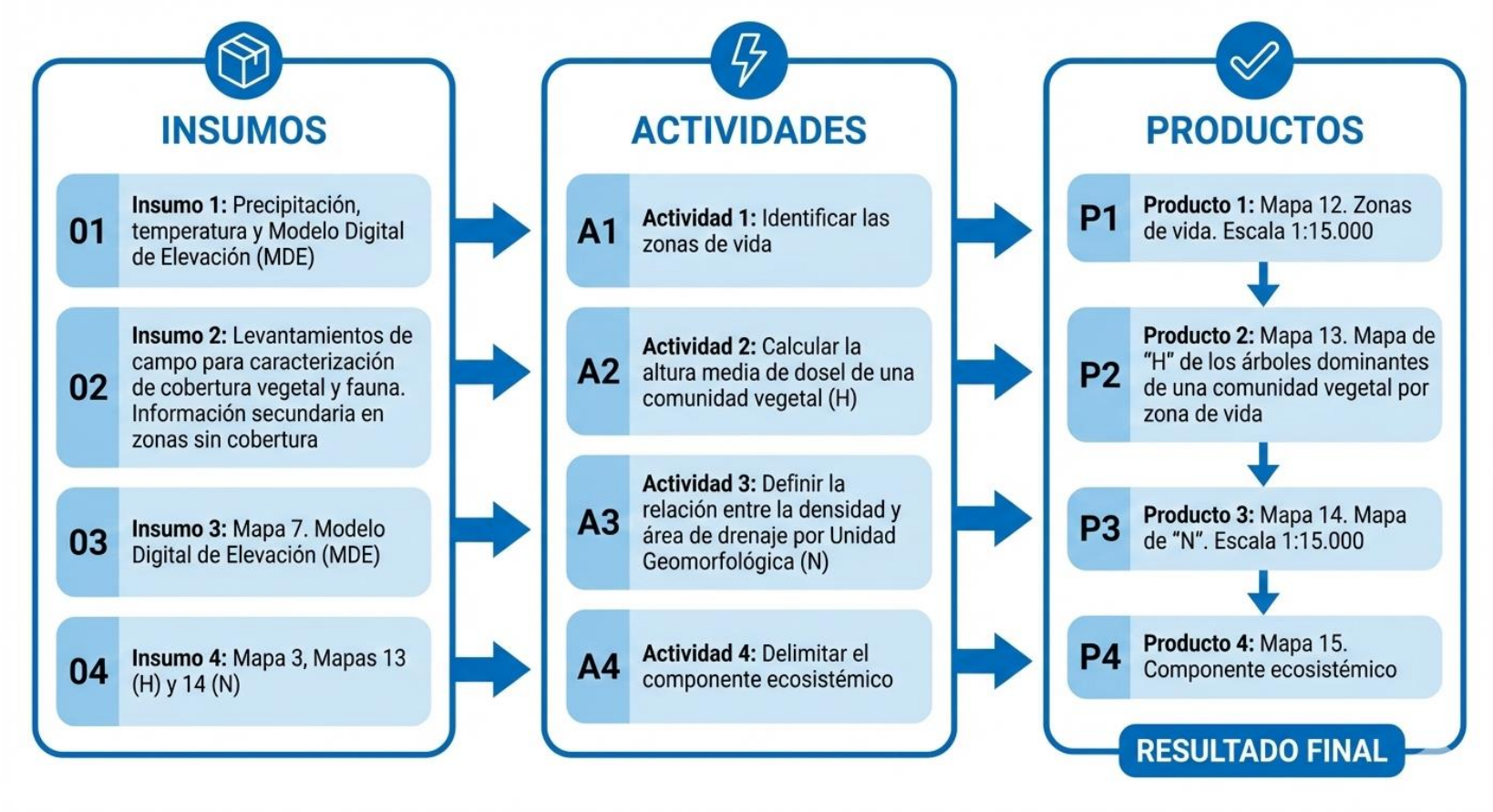
En este sentido, la metodología parte de la integración de variables climáticas (precipitación y temperatura) y del Modelo Digital de Elevación (MDE), a partir de las cuales se identifican las zonas de vida, que constituyen la base ecológica del análisis. Posteriormente, mediante información levantada en campo para la caracterización de la cobertura vegetal nativa, se calcula la altura media del dosel (H) de las comunidades vegetales dominantes en cada zona de vida, como indicador estructural del ecosistema.

De forma complementaria, a partir del MDE se define la relación entre la densidad de drenaje y el área de drenaje por unidad geomorfológica, obteniendo el parámetro N, el cual permite caracterizar el funcionamiento geomorfológico e hidrológico del territorio.

Finalmente, la integración de los resultados derivados de las zonas de vida, la estructura de la vegetación y las variables geomorfológicas permite la delimitación del componente ecosistémico, materializada en un producto cartográfico que sintetiza las unidades ecosistémicas presentes en el área de estudio.

La Figura 16 resume gráficamente esta secuencia metodológica, mostrando la articulación entre los insumos utilizados, las actividades desarrolladas y los productos generados.

*Figura 16. Metodología para el componente ecosistémico*

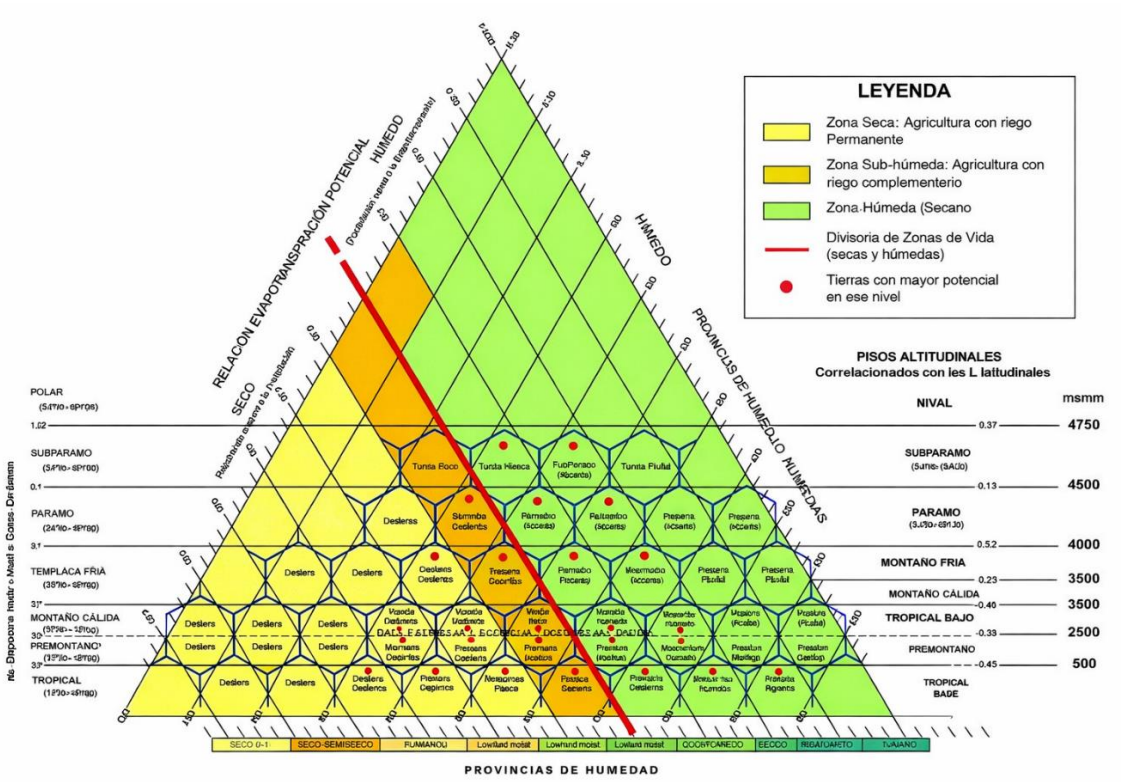



**FUENTE:** TOMADO Y MODIFICADO DE **(MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018)**

## 6.2. DETERMINACIÓN DE LAS ZONAS DE VIDA

Las zonas de vida son conjuntos naturales de asociaciones, sin importar que cada grupo incluya una catena de diferentes unidades de paisaje o de medios ambientales, que pueden variar desde pantanos hasta crestas de colinas (Holdridge, 1987). Además, comprenden divisiones igualmente balanceadas de los tres factores climáticos principales, es decir, calor, precipitación y humedad. El diagrama de la Figura 17 es una representación gráfica de las zonas de vida más comunes en el planeta y se aplica igualmente para ambos hemisferios (Holdridge, 1987).

*Figura 17. Diagrama de clasificación de zonas de vida de Holdridge.*




FUENTE: (Holdridge, 1987)

### 6.2.1. Metodología para el cálculo de las zonas de vida

El procedimiento metodológico se desarrolló en cuatro fases secuenciales implementadas en la plataforma de procesamiento en la nube Google Earth Engine (GEE), tal cual se explica a continuación.

En la Fase 1 (Entrada de Datos), se utilizaron como insumos principales ráster generados para la caracterización hidrológica, correspondientes a la Precipitación Media Anual (P) y la Temperatura Media Anual (T), derivados de la interpolación de datos de estaciones locales y

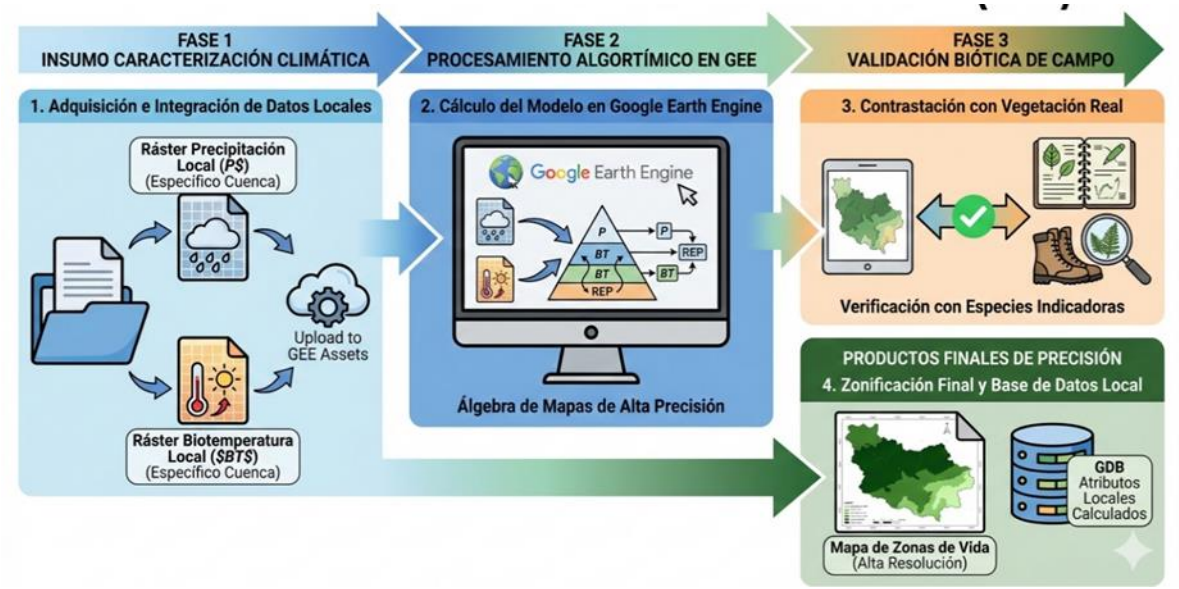
cartografía climática oficial. Estos insumos, junto con el límite vectorial de la cuenca, fueron cargados como 'Assets' en la plataforma Google Earth Engine (GEE).

Fase 2 Procesamiento Algorítmico en la Nube: Mediante un script personalizado en GEE, se ejecutó el algoritmo de Holdridge. El procesamiento en la nube permitió realizar el álgebra de mapas píxel a píxel sobre los rásters locales de alta resolución, calculando la Relación de Evapotranspiración Potencial (REP) y clasificando cada celda en su zona de vida correspondiente.

La Fase 3 Validación Biótica en Campo: El mapa preliminar resultante fue sometido a un proceso de validación cruzada mediante los datos de los levantamientos de vegetación en campo. Se contrastó la presencia de especies indicadoras (ej. *Cyathea sp., Miconia sp.*) con la unidad bioclimática modelada para confirmar la coherencia ecológica del resultado.

Finalmente, en la Fase 4 (ver Figura 18), el ráster clasificado se exportó a Google Drive en formato GeoTIFF y se integró en un SIG de escritorio, donde se aplicó la simbología correspondiente para interpretar los códigos resultantes (ej. ID 22 corresponde a Bosque Muy Húmedo Premontano).

***Figura 18. Metodología para la elaboración del Mapa de Zonas de Vida de Holdridge utilizando Google Earth Engine***




**FUENTE: (UNION TEMPORAL LAS GACHAS, 2025; GORELICK, 2017; HIJMANS, 2005)**

### 6.2.2. Resultados de la zonificación climática

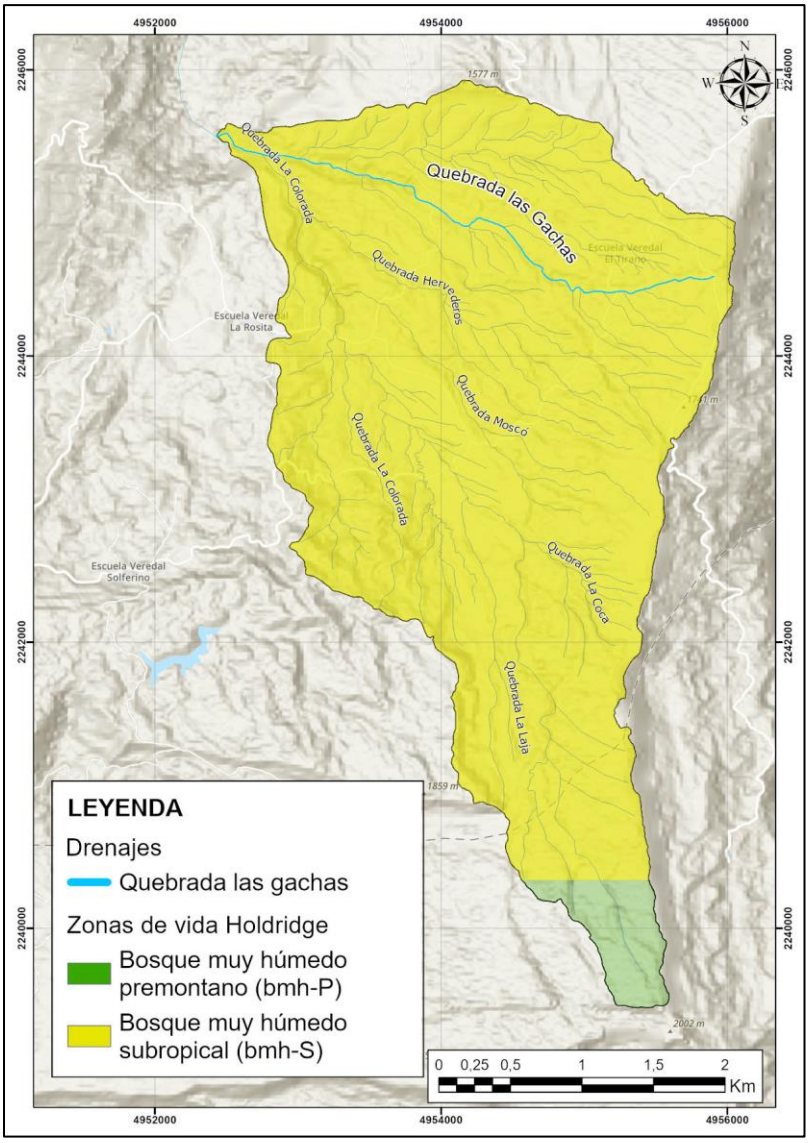
La modelación bioclimática realizada para la cuenca de la Quebrada Las Gachas evidencia una transición ambiental asociada a un marcado gradiente altitudinal y a una alta disponibilidad hídrica. El análisis muestra el predominio del Bosque Muy Húmedo Subtropical (bmh-S, ID 32)

en la mayor parte de la zona baja y media de la cuenca. Esta unidad se caracteriza por una REP baja, indicativa de un superávit hídrico que sostiene la dinámica de drenaje superficial observada en la red hídrica.

En los sectores de mayor altitud, especialmente en las cabeceras del sur de la cuenca, se presenta una transición hacia el piso altitudinal Premontano, representado por el Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-P, ID 22). Esta unidad refleja la disminución progresiva de la biotemperatura con la altitud, combinada con valores robustos de precipitación anual, configurando un ecosistema de alta sensibilidad ecológica y con alta capacidad de regulación hídrica (ver Figura 19).

Es importante indicar que la zonificación bioclimática obtenida mediante el modelo de Holdridge fue posteriormente contrastada con la vegetación registrada durante los recorridos y muestreos en campo realizados en la zona de Bosque Muy Húmedo Subtropical (bmh-S). En los tres puntos evaluados (P1, P2 y P3), la composición florística observada se alinea con las especies típicamente descritas para esta unidad, lo cual confirma la validez de la clasificación climática generada en GEE. La presencia recurrente de géneros como *Clusia, Miconia, Cyathea, Coussapoa, Hedyosmum* y *Pouteria*, así como la dominancia puntual de *Cyathea sp., Coussapoa sp. y Miconia albicans*, evidencia condiciones de alta humedad atmosférica, suelos permanentemente húmedos y coberturas asociadas a canopia cerrada, coherentes con ecosistemas de muy alta disponibilidad hídrica.

*Figura 19. Zonificación de Holdridge para el área de estudio (Mapa 12)*

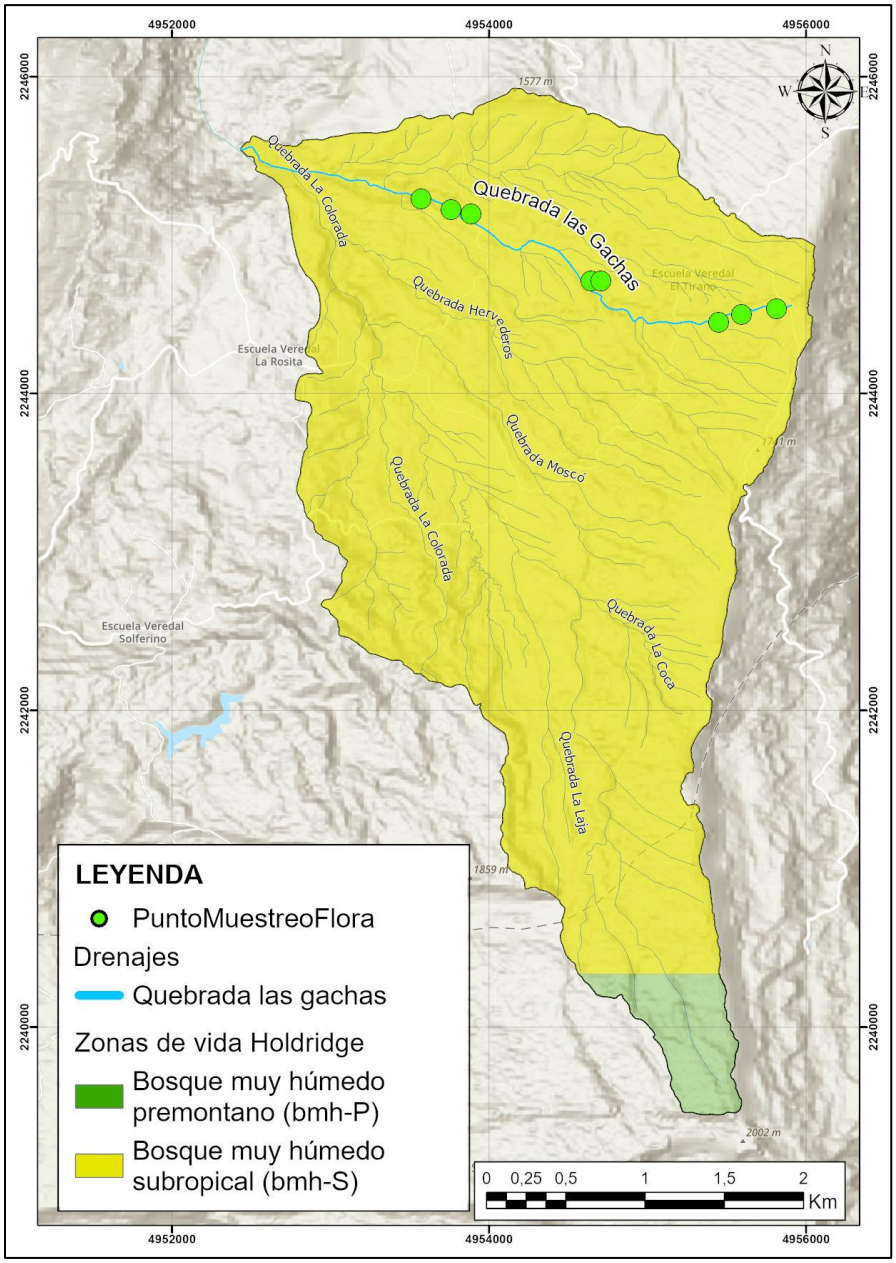



**FUENTE: (UNION TEMPORAL LAS GACHAS, 2025; GORELICK, 2017; HIJMANS, 2005)**

### 6.2.3. Levantamientos en campo para la caracterización de cobertura vegetal nativa

Como parte del proceso metodológico, se realizaron levantamientos de campo orientados a la caracterización florística y estructural de la vegetación nativa presente en la zona de vida bosque muy húmedo subtropical, en la cual se localiza el cauce de la quebrada las gachas. la localización espacial de las parcelas de muestreo se presenta en el mapa 12, el cual constituye un insumo fundamental para la determinación del índice de valor de importancia (ivi) y, posteriormente, del parámetro estructural h.

*Figura 20. Levantamiento de campo para la caracterización de la cobertura vegetal nativa*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

## 6.3. CÁLCULO ALTURA MEDIA DEL DOSEL DE LA COMUNIDAD VEGETAL (H)

La altura media del dosel de una comunidad vegetal (H) corresponde a una característica estructural de fácil medición que representa el dosel promedio de la vegetación nativa asociada a una zona de vida determinada. Este parámetro constituye un insumo fundamental para la

delimitación del componente ecosistémico de la ronda hídrica, en tanto permite definir una franja destinada a establecer, mantener o inducir las condiciones necesarias para el desarrollo de comunidades animales y vegetales propias de un ecosistema ripario.

En este sentido (Chen J. , 1991)afirma que, "*Cuando la franja ripária alcanza una longitud equivalente a tres veces H, la temperatura del suelo y del aire, la velocidad relativa del viento, la humedad del suelo y la radiación solar alcanzan una efectividad acumulada de 100%, situación que favorece positivamente los procesos biológicos que se dan en ella*". En el cálculo de H se deben tener en cuenta la caracterización florística y estructural de las zonas de vida en cobertura vegetal nativa y/o sin cobertura vegetal nativa.

El cálculo del parámetro H tiene como objetivo caracterizar la vegetación nativa que existe o que potencialmente existiría en la subzona hidrográfica bajo condiciones naturales, excluyendo coberturas vegetales intervenidas tales como plantaciones forestales, bosques intervenidos, cultivos, pastos u otras coberturas que no representan la estructura y composición original del ecosistema.

Para la determinación de H se parte de la caracterización florística y estructural de las zonas de vida identificadas, considerando coberturas con vegetación nativa. A partir de los resultados del Índice de Valor de Importancia (IVI), se seleccionan las tres (3) especies con mayor importancia fitosociológica y se calcula el promedio de la altura media de dichas especies, valor que constituye el parámetro estructural H. Este procedimiento permite validar que la altura media del dosel represente comunidades vegetales con dominio de especies de alto valor ecológico, incluyendo especies endémicas o casi endémicas cuando estas se encuentran presentes.

### 6.3.1. Cálculo de la altura de bosque para la zona de vida "*Bosque muy húmedo* subtropical (*bmh-S*)"

Con base en el cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) realizado para el área de estudio en la quebrada Las Gachas, se identificaron las tres especies con mayor importancia fitosociológica dentro de la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical (bmh-S):

*Chrysophyllum sp*. (IVI = 37,84), *Hedyosmum goudotianum* (IVI = 19,24) y *Miconia s*p. (IVI = 15,60).

A partir de estas especies se calculó la altura promedio del dosel, obteniéndose un valor de 11,5 m, el cual corresponde al parámetro H para dicha zona de vida.

Este valor representa la condición estructural de la vegetación nativa asociada a la red de drenaje de la quebrada Las Gachas y se adopta como insumo para la delimitación del componente ecosistémico de la ronda hídrica.

*Tabla 4. Cálculo del parámetro H para la quebrada las Gachas.*

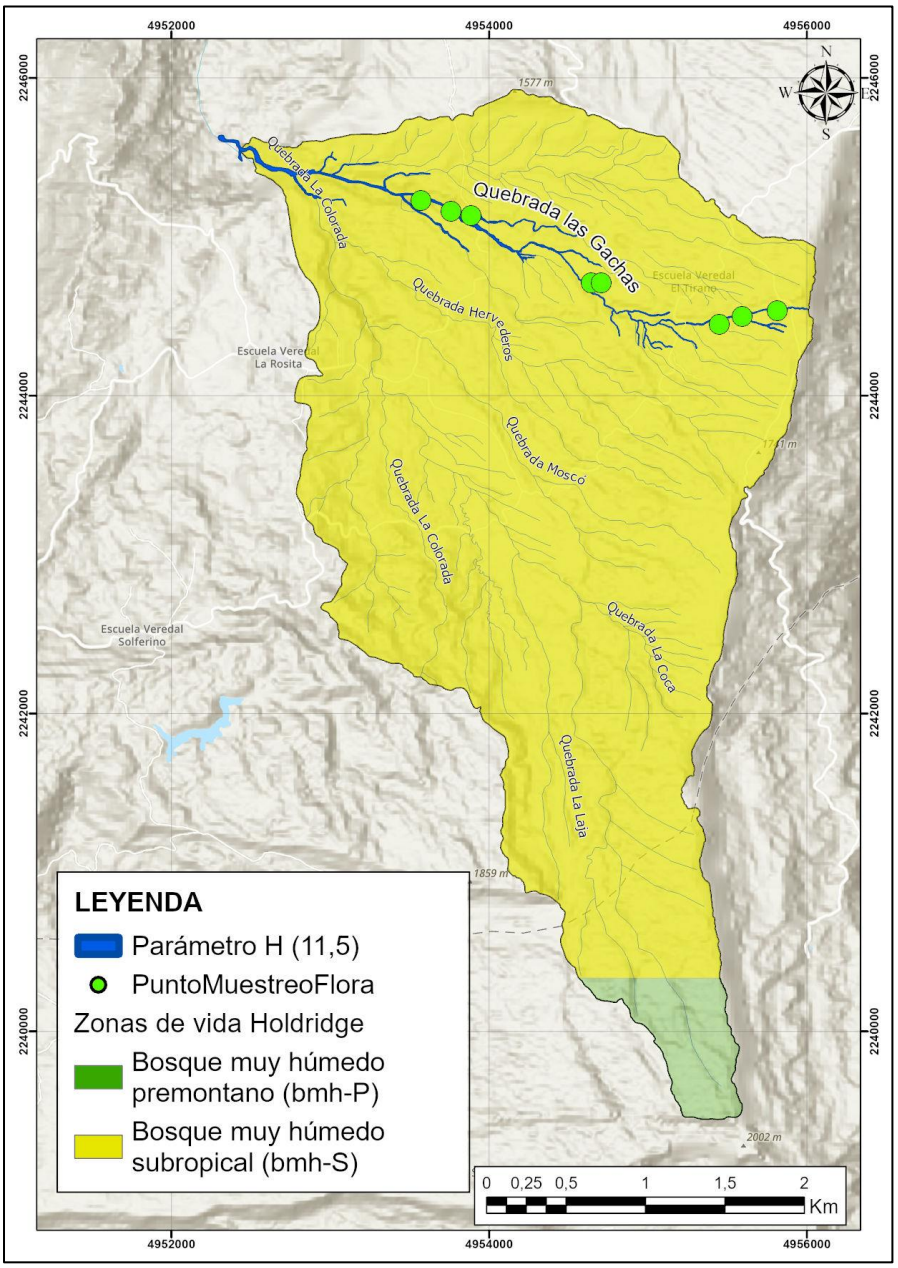
| UNIDAD HIDROGRÁFICA | ZONA DE VIDA | ESPECIES CON MAYOR IVI | CÁLCULO DE H |
|---|---|---|---|
| Quebrada las Gachas | Bosque muy húmedo subtropical (bmh-S) | *Chrysophyllum sp*<br>*Hedyosmum goudotianum*<br>*Miconia sp* | 11,5 |

**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

De acuerdo con la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas, el valor de H depende de la zona de vida y puede variar a lo largo de la red de drenaje en función de esta. En consecuencia, H no corresponde a una variable espacial continua ni a una superficie interpolada, sino a un parámetro estructural ecosistémico que se asigna como atributo espacial a los tramos de la red de drenaje que atraviesan una determinada zona de vida. La representación cartográfica de H, por tanto, no implica la delimitación de un área o franja, la cual se define posteriormente mediante la aplicación del criterio de tres veces H (3H) para la delimitación de la faja ecosistémica de la ronda hídrica.

A continuación, se presenta la representación cartográfica del atributo “H”.

*Figura 21. Mapa de "H" de los árboles dominantes de una comunidad vegetal por zona de vida (Mapa 13)*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

## 6.4. RELACIÓN Y ÁREA DE DRENAJE POR UNIDAD GEOMORFOLÓGICA (N)

La relación entre la densidad de drenaje y el área aferente por unidad geomorfológica, en adelante denominada N, expresa la relación natural existente entre el patrón de drenaje y la

morfología del territorio. Este parámetro permite ajustar la delimitación del componente ecosistémico de la ronda hídrica en función de las condiciones geomorfológicas e hidrológicas que controlan la respuesta del sistema fluvial.

Para el cálculo de N se empleó la tabla de doble entrada, en la cual se relaciona el área de la cuenca aferente, expresada en kilómetros cuadrados ($km^2$), con la densidad de drenaje, expresada en kilómetros por kilómetro cuadrado ($km/km^2$). La densidad de drenaje se determinó a partir de la relación entre la longitud total de los drenajes naturales y el área de la unidad geomorfológica dominante de la cuenca.

De acuerdo con este criterio, la franja ecosistémica asociada a la ronda hídrica tiende a ser menor en aquellas corrientes que presentan una alta densidad de drenaje y áreas aferentes reducidas, debido a una mayor concentración de flujos y conectividad hidrológica. Por el contrario, la franja ecosistémica es mayor en sectores donde se presentan bajas densidades de drenaje y áreas aferentes más extensas, lo cual refleja una mayor capacidad de regulación hidrológica y estabilidad geomorfológica del sistema.

***Tabla 5. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje.***

| ÁREA DE CUENCA AFERENTE (KM2) | VALOR DE N | | |
|---|---|---|---|
| | DENSIDAD DRENAJE | | |
| | BAJA <1.5KM/KM2 | MEDIA 1.5-3.0KM/KM2 | ALTA >3 KM/KM2 |
| 0 < A ≤1 | 2,0 | 1,5 | 1,0 |
| 1 < A ≤10 | 2,5 | 2,0 | 1,5 |
| 10 < A ≤ 100 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| 100 < A ≤ 1000 | 3,5 | 3,0 | 2,5 |
| 1.000 < A ≤ 10.000 | 4,0 | 3,5 | 3,0 |
| 10.000 < A ≤ 100.000 | | 4,0 | |

**FUENTE:** (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

### 6.4.1. Cálculo de la densidad de drenaje (Dd) por unidad geomorfológica

Para el cálculo de la densidad de drenaje (Dd) se empleó la unidad geomorfológica definida para el área de estudio de la quebrada Las Gachas, la cual corresponde en su totalidad a la unidad denominada “Ladera estructural de cuesta”, cartografiada a escala 1:10.000. Dado que la cuenca se desarrolla íntegramente sobre esta unidad y no se identifican unidades geomorfológicas adicionales con comportamiento hidrológico independiente, el análisis de la densidad de drenaje se realizó de manera integrada para dicha unidad, conforme a los lineamientos establecidos en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
La densidad de drenaje se calculó como el cociente entre la longitud total de los cauces naturales que conforman el sistema fluvial y el área de la unidad geomorfológica, ambas expresadas en unidades del Sistema Internacional. Para ello se consideró la longitud total de la

red de drenaje presente en la cuenca y el área correspondiente a la unidad geomorfológica dominante.

La densidad de drenaje se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Dd_i = \frac{L_i}{A_i}$$

Donde:

$Dd_i$: densidad de drenaje de la unidad geomorfológica i (km/km$^2$)
$L_i$: longitud total de los drenajes asociados a la unidad geomorfológica i (km)
$A_i$: área de la unidad geomorfológica i (km$^2$)

Área unidad geomorfológica: 1.246,982 ha = 12,46982 km$^2$
Longitud total de drenajes: 81,752 km
Densidad de drenaje (Dd):

$$Dd = \frac{81{,}752\ km}{12{,}469\ km^2} = 6{,}55\ km/km^2$$

En el caso de la quebrada Las Gachas, la unidad geomorfológica "Ladera estructural de cuesta" presenta un área de 12,469 km$^2$ y una longitud total de drenajes de 81,752 km, lo que da como resultado una densidad de drenaje de 6,55 km/km$^2$.

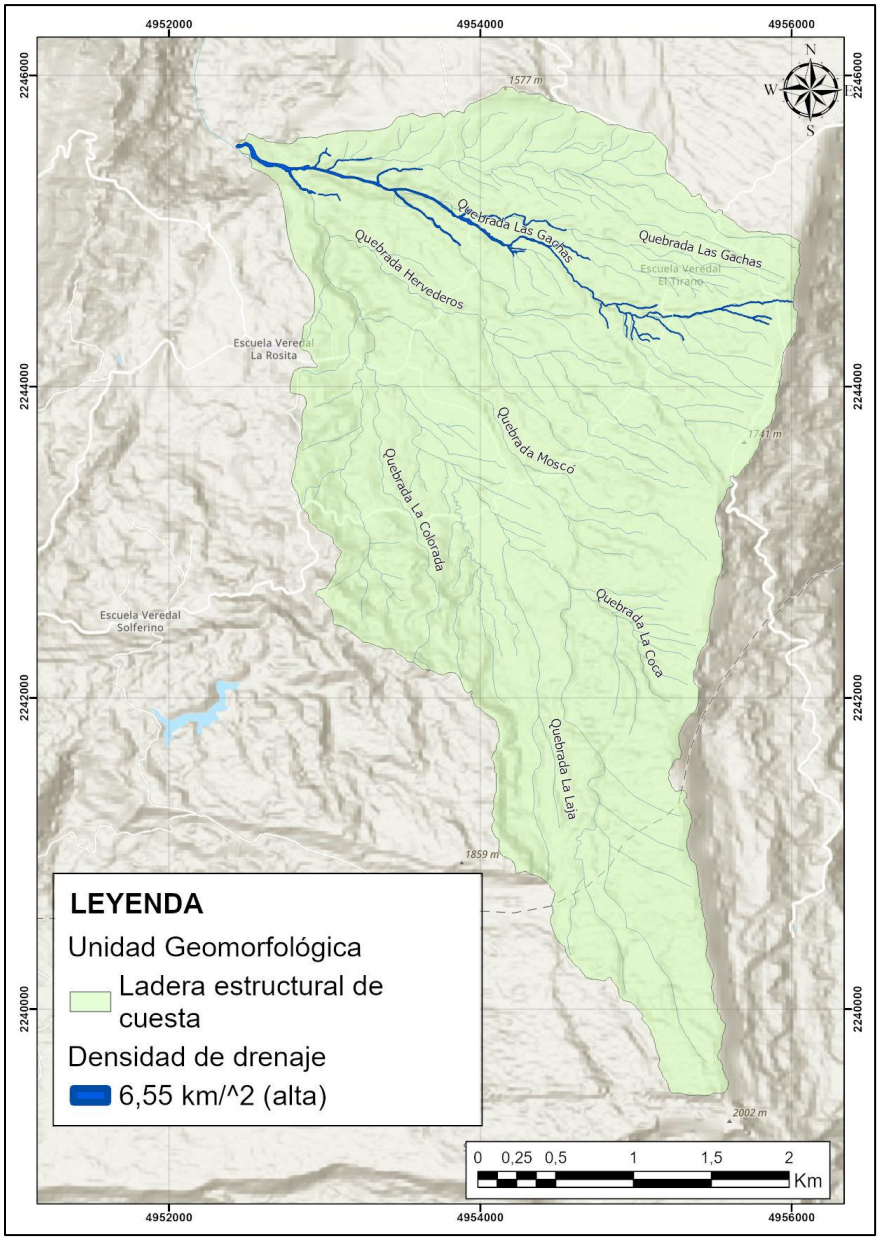
Posteriormente, la densidad de drenaje obtenida fue clasificada conforme a la escala de valores presentada en la Tabla 5. Valor de N según área de la cuenca y densidad de drenaje., la cual se emplea como insumo para la determinación del parámetro N y la delimitación del componente ecosistémico de la ronda hídrica.

***Tabla 6. Escala de valores para la clasificación de densidades de drenaje.***

| DENSIDAD DE DRENAJE (DD) | | |
|---|---|---|
| **BAJA** | **MEDIA** | **ALTA** |
| < 1.5 Km/Km$^2$ | 1.5 - 3.0 km/km$^2$ | > 3 km/km$^2$ |

De acuerdo con los rangos de clasificación establecidos, este valor corresponde a una densidad de drenaje alta, lo cual refleja un patrón de drenaje bien desarrollado y una elevada conectividad hidrológica del sistema.

*Figura 22. Mapa de clasificación de Densidad de Drenaje para la quebrada Las Gachas*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

## 6.5. CÁLCULO DE ÁREAS ACUMULADAS

Para el cálculo del área aferente asociada a la red de drenaje de la quebrada Las Gachas se empleó el análisis de áreas acumuladas (Aa), conforme a lo establecido en la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible, 2018). Este análisis permite determinar el área total de la cuenca que aporta escorrentía superficial a cada punto del sistema de drenaje y constituye un insumo fundamental para la determinación del parámetro N, correspondiente a la relación entre el área aferente y la densidad de drenaje por unidad geomorfológica.

El procedimiento se desarrolló a partir de un Modelo Digital del Terreno (DTM) de alta resolución (1 m), el cual fue reescalado a una resolución espacial de 5 × 5 m, con el fin de adecuarlo a la escala de trabajo 1:10.000 y garantizar la estabilidad del análisis hidrológico, evitando la generación de microdrenajes artificiales asociados al microrelieve. Posteriormente, el DTM fue sometido a un proceso de acondicionamiento hidrológico que incluyó la corrección de depresiones espurias, asegurando la continuidad del flujo superficial.

A partir del DTM acondicionado se aplicaron los algoritmos de dirección de flujo y acumulación de flujo, obteniéndose un raster de áreas acumuladas expresado inicialmente en número de celdas. Dichos valores fueron convertidos a unidades de superficie ($km^2$), generando el mapa de áreas acumuladas (Aa), en el cual cada celda representa el área de la cuenca aferente aguas arriba de ese punto.

De acuerdo con la metodología definida en la Guía, los valores de áreas acumuladas fueron reclasificados en rangos de área aferente, conforme a los intervalos establecidos en la guía (ver Tabla 7).

*Tabla 7. Rangos de clasificación de áreas aferentes.*

| ÁREA DEL NIVEL SUBSIGUIENTE AFERENTE (KM²) | CLASE |
|---|---|
| $0 < a \leq 1$ | 1 |
| $1 < a \leq 10$ | 2 |
| $10 < a \leq 100$ | 3 |
| $100 < a \leq 1000$ | 4 |
| $1.000 < a \leq 10.000$ | 5 |
| $10.000 < a \leq 100.000$ | 6 |

**FUENTE:** (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018)

El análisis de las áreas acumuladas permitió identificar un valor máximo de 12,46982 $km^2$ en el punto de salida de la cuenca de la quebrada Las Gachas, consistente con el área total de la unidad hidrográfica. Conforme a los rangos el área aferente se clasifica en el intervalo de la clase 3 ($10 < A \leq 100$ $km^2$).

### 6.5.1. Mapa de la relación entre la densidad de drenaje y el área de drenaje por Unidad Geomorfológica "N"

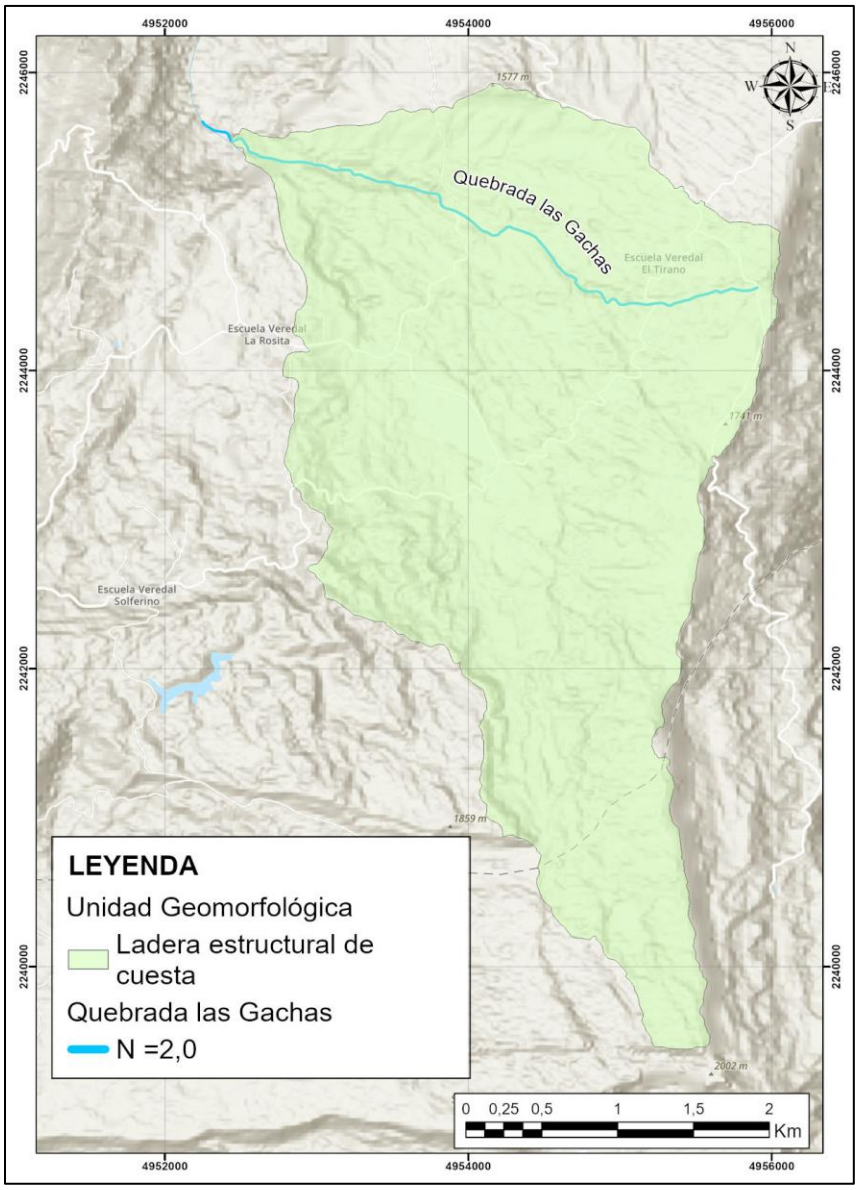
La relación entre la densidad de drenaje y el área aferente de la cuenca se expresa mediante el parámetro N, el cual integra el comportamiento del patrón de drenaje y la morfología del territorio por unidad geomorfológica.

*Tabla 8. Relación entre el área acumulada, la clase de área aferente y el parámetro N por unidad geomorfológica*

| UNIDAD GEOMORFOLÓGICA | ÁREA ACUMULADA (KM²) | CLASE ACUMULADA | N |
|---|---|---|---|
| Ladera estructural de cuesta | 12,46982 | Clase 3 (10 < A ≤ 100) | 2,0 |

**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

*Figura 23. Relación entre la densidad de drenaje y el área de drenaje por unidad geomorfológica (N) (Mapa 14)*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

## 6.6. DELIMITACIÓN DEL COMPONENTE ECOSISTÉMICO

El límite del componente ecosistémico se definió a partir de la integración de dos parámetros estructurales: la altura media del dosel de la comunidad vegetal representativa de la zona de vida (H) y la relación entre la densidad de drenaje y el área aferente de la cuenca (N), conforme a los lineamientos establecidos en la *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas*.

La delimitación del componente ecosistémico se estimó mediante la siguiente expresión:

$$\text{Componente ecosistémico} = H \times N$$

Donde:

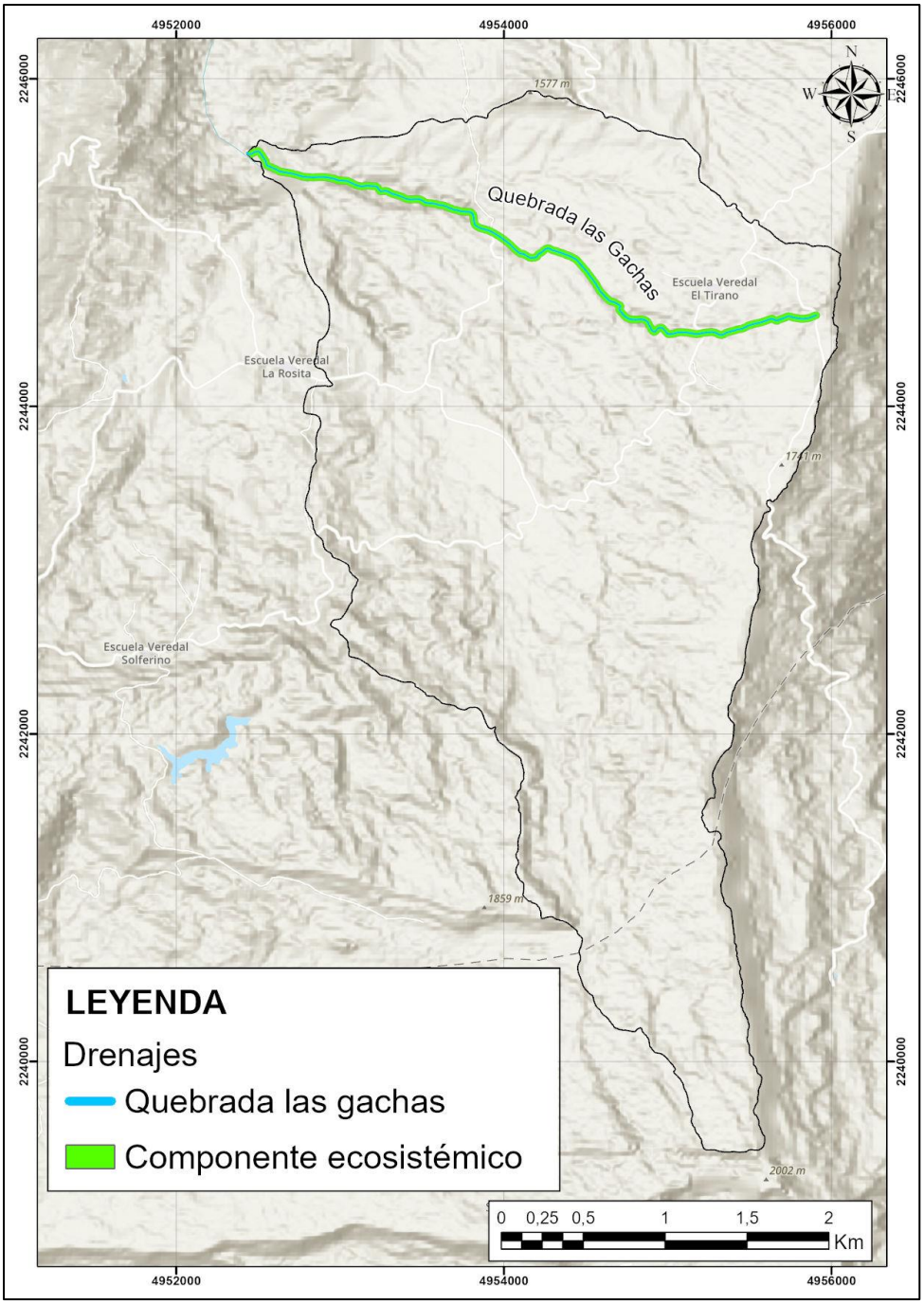
- H corresponde a la altura media de las especies representativas de la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical (bmh-S), calculada a partir del promedio de la altura de las tres especies con mayor Índice de Valor de Importancia (IVI), con un valor de $H = 11{,}5$ m.
- N corresponde a la relación entre la densidad de drenaje y el área aferente de la cuenca, determinada para la unidad geomorfológica dominante Ladera estructural de cuesta, con un valor de $N = 2{,}0$, asociado a una densidad de drenaje alta y a un área aferente clase 3, en el rango $10 < A \leq 100$ km$^2$.

En el caso de la quebrada Las Gachas, ambos parámetros presentan valores uniformes a lo largo de la red de drenaje, dado que el área de estudio se encuentra asociada a una única zona de vida y a una sola unidad geomorfológica dominante. En consecuencia, el ancho del componente ecosistémico se definió como un valor constante a lo largo del cauce, equivalente a:

$$\text{Componente ecosistémico} = 11{,}5 \text{ m} \times 2{,}0 = 23 \text{ m}$$

Este ancho se representó cartográficamente como una faja continua a cada margen del cuerpo de agua.

*Figura 24. Componente ecosistémico quebrada las Gachas. (Mapa 15)*




**FUENTE:** (Union Temporal Las Gachas, 2025)

## 7. DEFINICIÓN DEL LÍMITE FÍSICO DE LA RONDA HÍDRICA

La delimitación del límite físico de la ronda hídrica constituye el resultado integrador del proceso técnico desarrollado en la Fase II del proyecto de acotamiento para la quebrada Las Gachas. Este ejercicio representa un instrumento para la planificación ambiental y la gestión integral del recurso hídrico, en tanto que permite definir espacialmente la franja de protección asociada al sistema fluvial bajo los criterios funcionales, conforme a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y a la Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia.

En este sentido, el límite funcional de la ronda hídrica se determina a partir de la envolvente generada por la superposición de los componentes geomorfológico, hidrológico–hidráulico y ecosistémico, los cuales expresan de manera complementaria la dinámica natural del cuerpo de agua y su interacción con el entorno físico y biológico. La integración de estos criterios permite reconocer no solo la extensión del corredor fluvial asociado a los procesos de inundación frecuente y modelado del relieve, sino también las zonas riparias necesarias para el mantenimiento de la conectividad ecológica y el funcionamiento ecosistémico del sistema.

Para el caso particular de la quebrada Las Gachas, un sistema lótico con alta influencia antrópica y presión sobre sus coberturas ribereñas, la delimitación definitiva de la ronda hídrica adquiere especial relevancia como medida de ordenamiento y protección ambiental. El producto final de esta fase se materializa en la cartografía del límite físico de la ronda hídrica, el cual servirá como insumo para orientar las estrategias de manejo, conservación, restauración y control de ocupación en las áreas adyacentes al cauce, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso hídrico y a la reducción de los conflictos socioambientales en el territorio.

## 8. REFERENCIAS

CAS, C. A. (2025). *REQUERIMIENTO TECNICO DE CONTRATACION .*

Chen, J. (1991). Edge effects: microclimatic patterns and biological responses in old-growth Douglasfir forests. (U. o. Washington, Ed.) *Ph. D. dissertation*, 174.

Chen, J. F. (1991). *Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests.* . Ecological Applications, 1(4), 387–396. https://doi.org/10.2307/1941893.

Curtis, J. T. (1951). *An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin.* . Ecology, 32(3), 476–496. https://doi.org/10.2307/1931725.

Holdridge, L. R. (1987). *Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).*

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas de Colombia.* Colombia.

Union Temporal Las Gachas. (2025). *Estudios para la delimiicion de la ronda hidrica de la Quebrada Las Gachas en el municipio de Guadalupe, Santander.* Bucaramanga.