

ANEXO 8. COMPONENTES FISICOS

MICROCUEENCA LA PATILLA

Facultad De Ciencias Ambientales

Maestría en Gestión de Cuencas Hidrográficas

Trabajo de Grado

**ZONIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA
E INUNDACIONES EN LA MICROCUEENCA LA PATILLA**

Autor: María José Garay Páez

Tutor: Dayam Soret Calderón

Mayo, 2025

TABLA DE CONTENIDO

Geomorfología	6
Morfogénesis	6
Ambiente Estructural	9
Ambiente Denudacional	16
Ambiente Fluvial y lagunar	26
Ambiente Antrópico	33
Coberturas	37
1.1.2. Tejido Urbano Discontinuo.....	38
1.2.2.Red Vial	39
2.2.4. Cultivos agroforestales	40
2.3.1. Pastos Limpios.....	41
2.3.2. Pastos Arbolados.....	42
2.3.3. Pastos enmalezados	43
3.1.1 Bosque denso	43
3.2.3. Vegetación Secundaria o en transicion	44
3.3.2Afloramiento rocoso	45
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	46
5.1.1. Rios.....	47
Geología	48
Cretácico	49
Formacion Cogollo	50
Formación La Luna	53
Cenozoico	57
Depósitos Cuaternarios (Q)	57
Depósito Cuaternario Aluvial (Qal).....	57
Depósito Cuaternario de Terraza (Qt).....	58
Depósito Cuaternario Coluvial Activo(Qco)	59
Depósito Cuaternario Antrópico de Lleno mixto (Qallmx).....	60
Unidades Geológicas Para Ingeniería	62
Unidades de roca	64
Roca dura de La Formación La Luna (RdK2l).....	64
Roca dura de la Formación Cogollo (RdK1c).....	65

Roca intermedia de la Formación La Luna (RiK2l)	66
Roca intermedia de la Formación Cogollo (RiK1c)	67
Roca blanda de la Formación La Luna (RbK2l)	67
Roca blanda de la Formación Cogollo (RbK1c)	68
Unidades de suelo	69
Suelo Transportado Aluvial (Stal)	70
Suelo Transportado Coluvial Activo (Stcoa)	70
Suelo Transportado Antropico de Lleno Mixto (Stallm)	71
BIBLIOGRAFIA	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Elementos geomorfológicas de la Microcuenca de la Quebrada La Patilla	7
Figura 2. Distribución espacial porcentual de los ambientes morfogenéticos.	8
Figura 3. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente estructural.....	9
Figura 4. Ladera de contrapendiente fuertemente inclinada (Slcfi).....	9
Figura 5. Ladera de contrapendiente moderadamente inclinada (Slcmi)	11
Figura 6. Ladera de contrapendiente levemente inclinada (Slcli)	12
Figura 7. Ladera Estructural fuertemente inclinada (Slefi)	13
Figura 8. Ladera estructural levemente inclinada (Sleli).....	14
Figura 9. Ladera estructural moderadamente inclinada (Slemi)	15
Figura 10. Distribución por área de los elementos geomorfológicos del ambiente Denudacional	16
Figura 11. Cima residual (Dcr)	17
Figura 12. Escarpe de erosión Mayor (Deem)	18
Figura 13. Escarpe de erosión menor (Deeme).....	18
Figura 14. Glacis de acumulación (Dga)	19
Figura 15. Glacis de erosión (Dge)	20
Figura 16. Cono o lóbulo de detritos (Dldf)	21
Figura 17. Ladera erosiva fuertemente inclinada (Dlefi).....	23
Figura 18. Ladera erosiva levemente inclinada (Dleli).....	24
Figura 19. Ladera erosiva moderadamente inclinada (Dlemi)	25
Figura 20. Ladera Ondulada (Dlo)	26
Figura 21. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente fluvial y lagunar.....	26
Figura 22. Barra Puntual (Fbp)	27
Figura 23. Cauce aluvial intermitente (Fcai)	28
Figura 24. Cauce aluvial permanente de la Quebrada La Patilla	30
Figura 25. Planicie de inundación (Fpi)	31
Figura 26. Terraza aluvial baja (Ftb).....	32
Figura 27. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente Antrópico.....	33
Figura 28. Edificación (Aed)	34
Figura 29. Relleno Mixto	35
Figura 30. Vías (Av).....	36
Figura 31. Mapa de cobertura del suelo	38
Figura 32. Tejido Urbano Discontinuo.....	39
Figura 33. Red vial	40
Figura 34. Cultivos agroforestales	41
Figura 35. Pastos Limpios	41
Figura 36. Pastos Arbolados	42
Figura 37. Pastos Enmalezados.....	43
Figura 38. Bosque denso	44
Figura 39. Vegetación Secundaria o en Transición.....	44
Figura 40. Afloramiento rocoso.....	45
Figura 41. Tierras desnudas y degradadas.	46
Figura 42. Cauce de la Quebrada La Patilla	47
Figura 43. Porcentajes de Unidades Geológicas en la Microcuenca.....	48

<i>Figura 44. Mapa de Unidades Geológicas aflorantes en el área de la microcuenca de La Patilla</i>	49
<i>Figura 45. Unidad Litoestratigráfica Formación Cogollo</i>	52
<i>Figura 46. Muestra de Caliza de la Formación Cogollo</i>	52
<i>Figura 47. Muestra de mano de Caliza con bivalvos de la Formación Cogollo</i>	53
<i>Figura 48. Contacto concordante entre la Formación Cogollo y la Formación La Luna</i>	55
<i>Figura 49. Unidad Lito estratigráfica Formación La Luna</i>	55
<i>Figura 50. Muestra de Mano de caliza de la Fm La Luna</i>	56
<i>Figura 51. Fossil de Amonite encontrado en la Fm La Luna, en la Quebrada La Patilla</i>	56
<i>Figura 52. Unidad Lito estratigráfica Depósito Aluvial</i>	58
<i>Figura 53. Unidad Lito estratigráfica Depósito de Terraza</i>	59
<i>Figura 54. Unidad Lito estratigráfica Depósito Coluvial Activo</i>	60
<i>Figura 55. Unidad Lito estratigráfica Depósito de lleno mixto</i>	61
<i>Figura 56. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales</i>	63
<i>Figura 57. Distribución por área de las unidades de Roca (%)</i>	64
<i>Figura 58. Roca dura de la Formación La Luna (RdK2l)</i>	65
<i>Figura 59. Roca dura de la Formación Cogollo (RdK1c)</i>	65
<i>Figura 60. Roca intermedia de la Formación La Luna (RiK2l)</i>	66
<i>Figura 61. Roca intermedia de la Formación Cogollo (RiK1c)</i>	67
<i>Figura 62. Roca blanda de la Formación La Luna (RbK2l)</i>	67
<i>Figura 63. Roca blanda de la Formación Cogollo (RbK1c)</i>	68
<i>Figura 64. Distribución por área de las Unidades de Suelo</i>	69
<i>Figura 65. Suelo Transportado Aluvial</i>	70
<i>Figura 66. Suelo Transportado Coluvial Activo</i>	71
<i>Figura 67. Suelo Transportado Antropico de Lleno Mixto</i>	72

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos geomorfológicos de la Microcuenca de la Quebrada La Patilla	7
Tabla 2. Unidades Geológicas presentes en la Microcuenca de la Quebrada La Patilla	48
Tabla 3. Unidades Geológicas para Ingeniería y su distribución en área	63

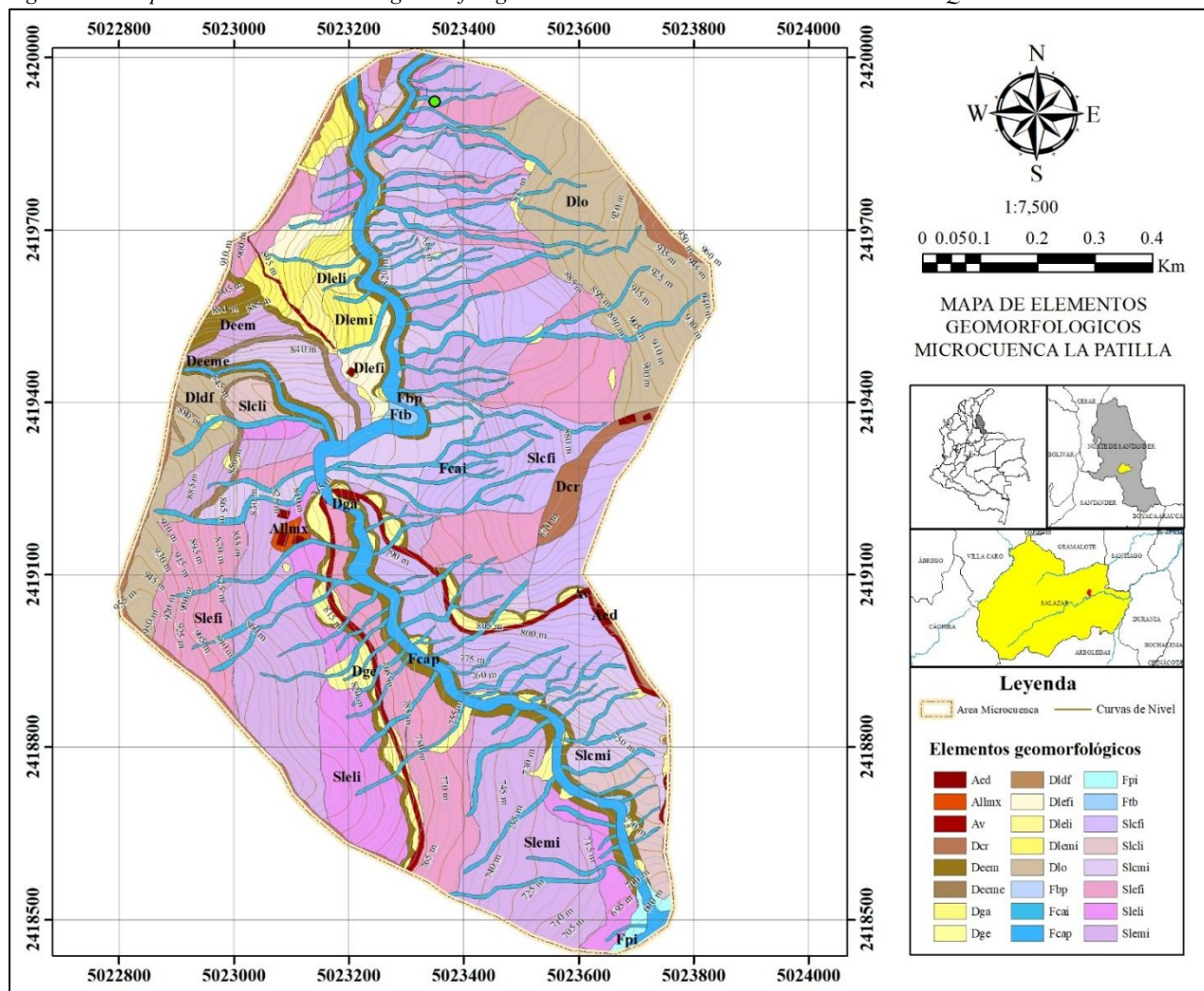
Geomorfología

Morfogénesis

En la morfogénesis, se evidencian todos los elementos morfogenéticos o geomorfológicos del área de estudio, por lo cual en este apartado directamente se definirán dichos elementos morfogenéticos en el mapa de elementos Geomorfológicos. Por otro lado, los mapas de elementos geomorfológicos utilizados en la zonificación de amenaza constituyen una representación analítica basada en la interpretación experta de la génesis y evolución de las formas del relieve (morfogénesis). Esta interpretación integra múltiples variables del medio físico, tales como la morfografía (configuración superficial), morfología (forma y patrón espacial) y morfometría (cuantificación geométrica de rasgos del terreno), en relación con las características litológicas, sedimentológicas y propiedades geomecánicas de las unidades de roca y suelo. Asimismo, incorpora el análisis de la disposición estructural del terreno (morfoestructura) y de la dinámica exógena actual e histórica, reflejada en los procesos morfodinámicos, tanto activos como relictos, incluyendo movimientos en masa, erosión, meteorización y acumulación de materiales (SGC, 2017). Con base en esta aproximación metodológica, se elaboró un mapa morfológico detallado del entorno del área de estudio. Donde este mismo permitió caracterizar y cuantificar espacialmente los distintos dominios morfogenéticos presentes, proporcionando una distribución porcentual de cada unidad, información clave para el análisis integrado del comportamiento del relieve frente a procesos de inestabilidad superficial.



Figura 1. Mapa de Elementos geomorfológicos de la Microcuenca de la Quebrada La Patilla



Fuente: Autor

Tabla 1. Elementos geomorfológicos de la Microcuenca de la Quebrada La Patilla

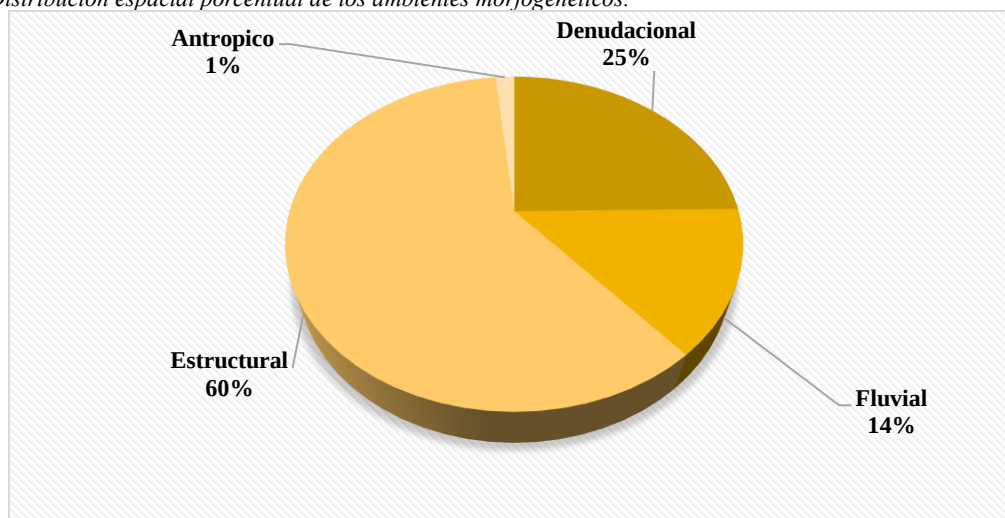
Elementos Geomorfológico	Acrónimo	Área (Ha)	%
Edificación	Aed	0,25	0,23
Relleno mixto	Allmx	0,16	0,15
Via	Av	1,31	1,22
Cima residual	Dcr	3,19	2,98
Escarpe de erosión mayor	Deem	4,38	4,09
Escarpe de erosión menor	Deeme	0,69	0,64
Glacis de acumulación	Dga	0,15	0,14
Glacis de erosión	Dge	2,62	2,45
Cono o lobulo de detritos	Dldf	0,08	0,07
Ladera erosiva fuertemente inclinada	Dlefi	1,20	1,12
Ladera erosiva levemente inclinada	Dleli	0,96	0,89
Ladera erosiva moderadamente inclinada	Dlemi	2,13	2,00

Ladera ondulada	Dlo	11,08	10,36
Barra puntual	Fbp	0,08	0,08
Cauce aluvial intermitente	Fcai	9,63	9,00
Cauce aluvial permanente	Fcap	4,69	4,38
Planicie de inundacion	Fpi	0,33	0,30
Terraza aluvial baja	Ftb	0,19	0,17
Ladera de contrapendiente fuertemente inclinada	Slcfi	13,07	12,22
Ladera de contrapendiente levemente inclinada	Slcli	1,97	1,84
Ladera de contrapendiente moderadamente inclinada	Slcmi	8,78	8,21
Ladera estructural fuertemente inclinada	Slefi	15,44	14,44
Ladera estructural levemente inclinada	Sleli	5,87	5,49
Ladera estructural moderadamente inclinada	Slemi	18,69	17,48
TOTAL		106,92	100,00

Fuente: Autor

Cabe destacar que en la Tabla 1, se logran apreciar 24 elementos geomorfológicos, los cuales presentan tonalidades diversas en la tabla. Dichas tonalidades, representan los ambientes geomorfológicos de los cuales se originaron (ambientes morfogeneticos), que según la clasificación de Carvajal en el 2012 para la quebrada la Patilla se pueden clasificar de la siguiente manera: Ambiente fluvial (Azul), Ambiente antrópico (color café rojizo), Ambiente Denudacional (color Amarillo) y ambiente estructural (Color rosado o violeta). Por lo tanto, se puede realizar la siguiente determinación de ambientes morfogenéticos:

Figura 2. Distribución espacial porcentual de los ambientes morfogenéticos.

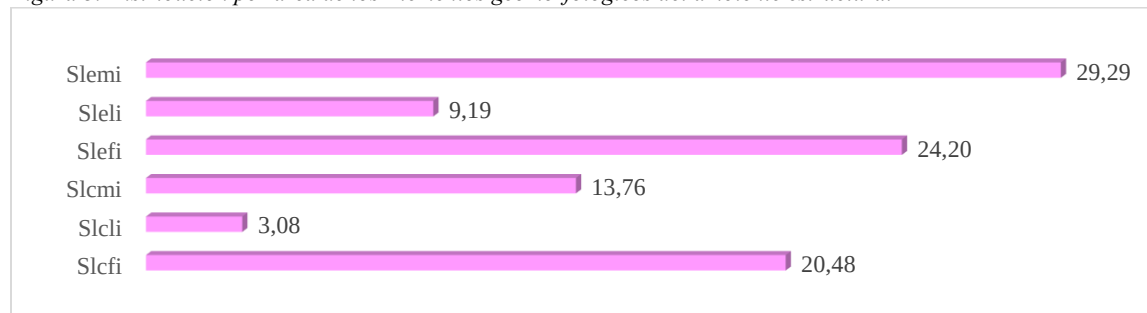


Fuente: Autor

Ambiente Estructural

Este ambiente comprende las geoformas cuyo origen y configuración están determinados principalmente por procesos de la dinámica de la Tierra, tales como el plegamiento, el fallamiento y la fracturación de las unidades litológicas. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estas formas estructurales se evidencian a través de alineamientos topográficos, laderas estructurales, laderas de contrapendiente y demás elementos que siguen patrones definidos por la estructura geológica subyacente. Cabe destacar que las variaciones en la resistencia de los materiales geológicos frente a los agentes exógenos generan contrastes morfológicos que condicionan el drenaje, la pendiente y la estabilidad del terreno.

Figura 3. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente estructural



Fuente: Autor

Ladera de contrapendiente fuertemente inclinada (Slcfi)

Ladera con pendientes superiores a 30°, controlada por planos estructurales dispuestos en dirección contraria al declive del terreno (estratificación). Este tipo de geoforma se asocia a condiciones de alta energía del relieve, y presenta mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa, especialmente cuando los planos de debilidad actúan como superficies de deslizamiento. Su geometría escarpada y disposición estructural desfavorable representan factores condicionantes clave para la evaluación de amenazas geodinámicas, en especial en ambientes de alta pendiente y precipitaciones intensas (SGC, 2012)

Figura 4. Ladera de contrapendiente fuertemente inclinada (Slcfi)



Fuente: Autor

Distribución:

Este elemento geomorfológico se identifica predominantemente en laderas que presentan una orientación opuesta a la disposición estructural de los estratos de las rocas sedimentarias, es decir, donde los planos estructurales (estratificación). Estas laderas, al ser fuertemente inclinadas (pendientes $>30^\circ$), se localizan principalmente en los sectores norte, este y sur de la microcuenca, y tienden a situarse en posición opuesta a las laderas estructurales. Esta distribución refleja un patrón estructural claro y está asociada a zonas de mayor energía del relieve, con potenciales implicaciones en la dinámica de remoción en masa y escurrimiento superficial.

Ladera de contrapendiente moderadamente inclinada (Slc_{mi})

Geoforma con pendiente entre 15° y 30° , cuyo modelado está controlado por planos estructurales (estratificación) que se oponen al sentido de inclinación del relieve. Se caracteriza por una morfología variable y un desarrollo longitudinal prolongado. Estas condiciones generan superficies con potencial de acumulación de agua en la interfaz de contacto, favoreciendo procesos

de inestabilidad superficial como deslizamientos rotacionales o traslacionales. Esta configuración morfogenética es relevante en zonas donde la orientación estructural desfavorable influye directamente en la dinámica del talud (SGC, 2012)

Figura 5. Ladera de contrapendiente moderadamente inclinada (Slc_{mi})



Fuente: Autor

Distribución:

Este tipo de geoforma se encuentra en asociación espacial directa con las laderas fuertemente inclinadas de contrapendiente, y representa transiciones morfométricas con pendientes intermedias (15° – 30°). Por lo tanto, tiene una amplia distribución dentro de la microcuenca, siendo visible en múltiples sectores debido a la predominancia de condiciones estructurales desfavorables que originan este tipo de pendientes. Estas laderas moderadas conservan la orientación opuesta a la estructura de las rocas y exhiben una eficiencia significativa en el drenaje superficial durante eventos de precipitación, favoreciendo procesos erosivos y de transporte de material hacia las partes bajas de la cuenca.

Ladera de contrapendiente levemente inclinada (Slc_{li})

Superficie en declive con pendiente suave (menor a 15°), definida por planos geológicos (estratos) dispuestos en sentido opuesto a la dirección general de la pendiente del terreno. Su morfología puede variar de regular a irregular, y la longitud del plano puede ir de larga a

extremadamente larga. Esta geoforma se desarrolla preferentemente en unidades litológicas donde la resistencia mecánica del material permite un modelado diferenciado por la disposición estructural adversa. Al no estar asociada a estructuras regionales mayores, su presencia puede representar inestabilidad latente, especialmente en condiciones de saturación o en procesos de remoción en masa incipientes. Común en laderas de materiales sedimentarios o metamórficos (SGC, 2012)

Figura 6. Ladera de contrapendiente levemente inclinada (Slcli)



Fuente: Autor

Distribución:

Corresponde a laderas con pendientes suaves (menores a 15°), desarrolladas igualmente en contextos estructurales en los que la disposición de los planos geológicos es contraria al sentido de inclinación del terreno. Estas geoformas se identifican de forma dispersa en el sector occidental de la microcuenca, con una mayor concentración en la zona norte y en el sector bajo de la cuenca, donde el relieve pierde energía y las pendientes se tornan más suaves.

Ladera estructural fuertemente inclinada (Slefi)

Geoforma de alta pendiente ($>30^\circ$), donde los planos estructurales (estratos, foliación o diaclasas) se disponen a favor del declive natural del terreno. Aunque esta orientación tiende a conferir estabilidad relativa, las pendientes pronunciadas pueden favorecer procesos erosivos acelerados y eventualmente fallas por sobrecarga, saturación o intervención antrópica. Este tipo de

ladera se asocia con relieves abruptos y zonas de alta energía geomorfológica, siendo un elemento fundamental en el análisis de riesgos geotécnicos y planificación territorial (SGC, 2012)

Figura 7. Ladera Estructural fuertemente inclinada (Slefi)



Fuente: Autor

Distribución:

Se localizan preferentemente en las zonas cercanas al parteaguas de la microcuenca, asociadas a cimas residuales y divisorias topográficas, donde el relieve es más abrupto y la energía del sistema es mayor. Estas laderas se encuentran generalmente en proximidad a las laderas de contrapendiente fuertemente inclinadas (Slcfi), reflejando un patrón estructural dual en función de la orientación de los estratos. Su presencia implica condiciones de escorrentía rápida y susceptibilidad relativa a procesos erosivos superficiales.

Ladera estructural levemente inclinada (Sleli)

Superficie en declive suave (pendiente $<15^\circ$), controlada por planos estructurales dispuestos a favor de la pendiente del terreno, lo cual proporciona una mayor estabilidad geomorfológica en comparación con las laderas de contrapendiente. La morfología varía entre regular e irregular, con longitud de plano extensa. En estas geoformas, los procesos de erosión y escorrentía tienden a ser más difusos, y los niveles de saturación del terreno se dispersan más

eficientemente. Común en zonas donde la litología favorece la cohesión y el drenaje interno (SGC, 2012)

Figura 8. Ladera estructural levemente inclinada (Sleli)



Fuente: Autor

Distribución:

Este tipo de geoforma se caracteriza por pendientes suaves (menores a 15°), desarrolladas igualmente en laderas donde los planos estructurales están alineados con la pendiente del terreno. Estos elementos representan las zonas de menor energía dentro de las laderas estructurales, donde generalmente inicia el desarrollo del plano estructural visible. Se encuentran de manera dispersa en los sectores alto, medio y bajo de la microcuenca, aunque presentan mayor representación en la parte baja, donde la pendiente general disminuye y se da paso a zonas de acumulación o transición hacia ambientes fluviales o coluviales. Su morfología más estable las hace relevantes para procesos de uso del suelo y ocupación territorial.

Ladera estructural moderadamente inclinada (Slemi)

Corresponde a una ladera con pendiente intermedia (15° – 30°), cuyo modelado está condicionado por la disposición de planos estructurales que siguen la dirección del declive. Estas geoformas mantienen una mayor estabilidad relativa que los contrapendientes, aunque pueden presentar susceptibilidad a procesos como reptación o erosión laminar, especialmente en suelos delgados o con cobertura vegetal escasa. Representan unidades clave para el análisis de equilibrio de laderas en contextos morfoestructurales (SGC, 2012)

Figura 9. Ladera estructural moderadamente inclinada (Slemi)



Fuente: Autor

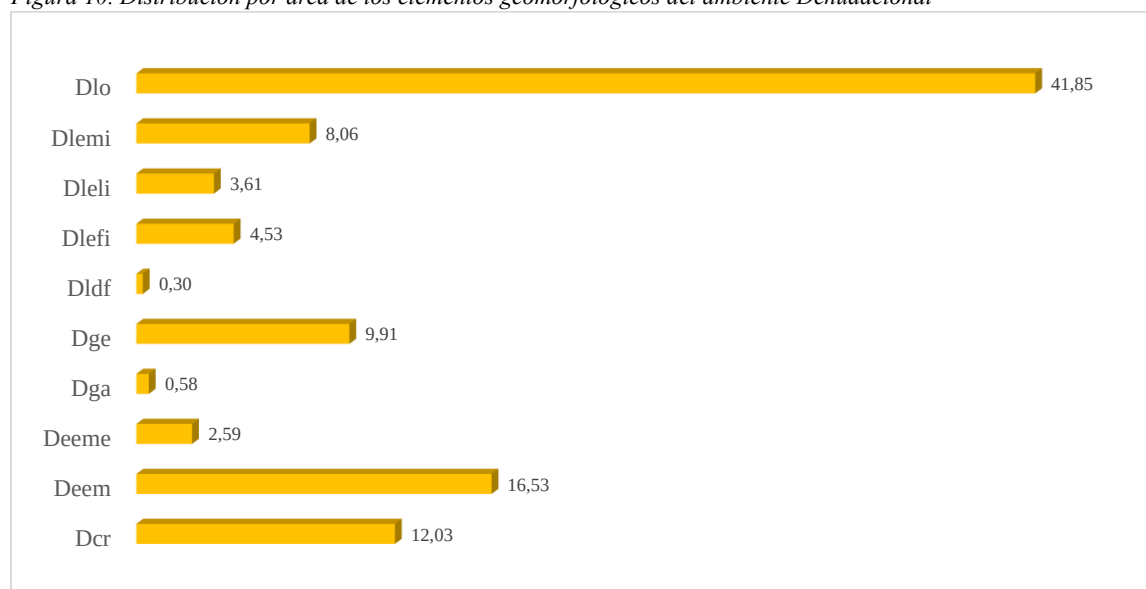
Distribución:

Las laderas estructurales moderadas presentan pendientes entre 15° y 30° , y se desarrollan en continuidad con las laderas fuertemente inclinadas. Su distribución refleja una transición morfológica dentro de las unidades estructurales, en las que se manifiesta una variación natural en la inclinación del relieve a favor de la estructura geológica. Estas geoformas se observan en distintos sectores de la microcuenca, en conexión directa con las Slefi, actuando como unidades intermedias entre las pendientes altas y las más suaves. Esta variabilidad de pendiente dentro de un mismo sistema estructural responde tanto a factores litológicos como al grado de disección del relieve.

Ambiente Denudacional

En este ambiente se abarcan las geoformas modeladas por la acción combinada de procesos de meteorización (física y química), erosión, remoción en masa y transporte de sedimentos. Es importante destacar que este ambiente en la microcuenca de la Quebrada La Patilla, se manifiesta especialmente en zonas de ladera, donde los procesos gravitacionales (como deslizamientos, reptación o caída de rocas) y la escorrentía pluvial remodelan constantemente el paisaje. Por lo tanto, dichas geoformas denudacionales pueden dejar superficies remanentes, como colinas aisladas o terrazas relictuales, y también originar nuevas acumulaciones de material, por ejemplo en forma de flujos de depósitos coluviales, entre otros.

Figura 10. Distribución por área de los elementos geomorfológicos del ambiente Denudacional



Fuente: Autor

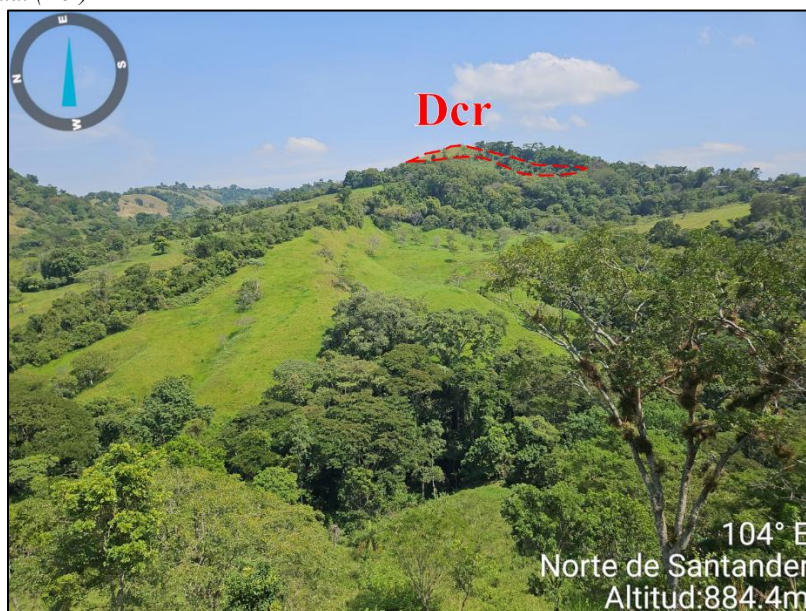
Cima residual (Dcr)

Elemento geomorfológico que corresponde a una elevación del terreno que sobresale entre 200 y 399 metros sobre el nivel de base local, presentando una cima ancha, redondeada y aislada, delimitada por laderas de morfología convexa a recta, con pendientes que varían entre inclinadas y abruptas. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estas formas son evidencia de un relieve residual, producto de la acción combinada de procesos tectónicos (levantamientos) y largos periodos de denudación y meteorización que han modelado el sustrato rocoso. Se desarrollan principalmente en zonas con estructuras tabulares o suavemente inclinadas, donde los factores litológicos permiten la preservación parcial del relieve original. Su presencia indica áreas de mayor estabilidad relativa y control estructural importante dentro del paisaje (SGC, 2012)

Distribución:

Este elemento geomorfológico se distribuye principalmente en los parteaguas oriental y occidental de la microcuenca de la Quebrada La Patilla, con alineamientos alargados en sentido norte-sur (N–S), y en algunos sectores con disposición noreste-suroeste (NE–SW), especialmente hacia el sector oriental, en las inmediaciones de la Finca La Patilla. Estas elevaciones se asocian con zonas estructurales más estables, donde se evidencia afloramiento de roca dura, resultado de procesos prolongados de meteorización diferencial y erosión superficial, que han dejado expuestas unidades litológicas resistentes. Su morfología prominente y redondeada actúa como divisoria topográfica natural dentro del sistema de drenaje.

Figura 11. Cima residual (Dcr)

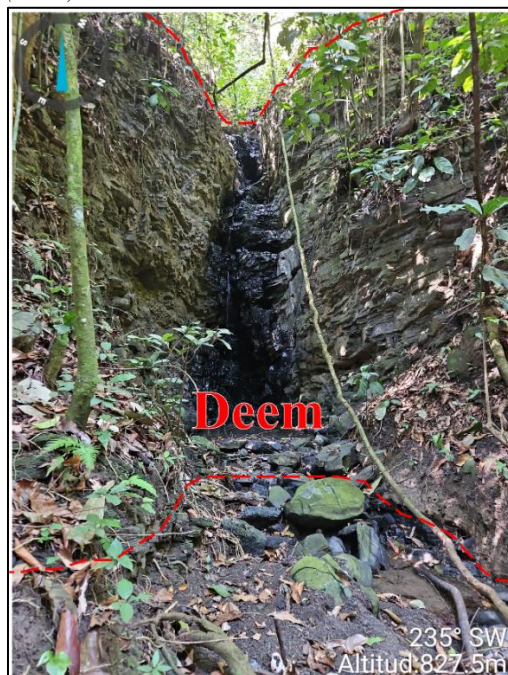


Fuente: Autor

Escarpe de erosión mayor (Deem)

Elementos geomorfológicos de planos subverticales, laderas abruptas o zonas de desplome del terreno, con formas cóncavas, convexas o rectas y pendientes que varían de muy escarpadas a extremadamente escarpadas. Su desarrollo en la microcuenca está asociado a diferentes mecanismos geomorfológicos, tales como la actividad tectónica (fallamiento), la abrasión fluvial intensa (especialmente en márgenes de cauces aluviales), o procesos gravitacionales y de remoción en masa. Cabe destacar que estos escarpes pueden ser tanto de origen antiguo como activo, y representan zonas críticas para la dinámica erosiva y la conectividad entre unidades de ladera y cauce. Su presencia indica sectores con alta energía del relieve y potenciales condicionantes de peligros geodinámicos (SGC, 2012).

Figura 12. Escarpe de erosión Mayor (Deem)



Fuente: Autor

Distribución:

Estos escarpes se presentan predominantemente a lo largo de los márgenes del cauce principal de la quebrada La Patilla, resultado de la socavación lateral activa del mismo sobre las litologías aflorantes. La dinámica fluvial ha originado planos casi verticales en las laderas inmediatas, que son constantemente remodelados por la erosión actual. Su distribución sigue principalmente un patrón de orientación N-S y SE-NW. Adicionalmente, se observan escarpes de similares características en los márgenes de la quebrada El Ejido y en tramos de la vía Santiago-Salazar, donde la acción de movimientos en masa ha dejado expuestos planos estructurales subverticales, indicando una combinación de erosión fluvial y dinámica gravitacional.

Escarpe de erosión menor (Deeme)

Son elementos geomorfológicos de planos subverticales, laderas en fuerte declive o a desplome, generalmente de longitud corta a intermedia, que presentan geometría cóncava, convexa o eventualmente recta. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos escarpes menores se generan principalmente por socavación lateral de cauces, especialmente durante eventos de creciente, así como por procesos remontantes de erosión y deslizamiento en zonas inestables. Su presencia suele coincidir con márgenes fluviales o puntos de contacto entre unidades litológicas contrastantes (SGC, 2012)

Figura 13. Escarpe de erosión menor (Deeme)



Fuente: Autor

Distribución:

Se identifica de manera localizada en el sector noroeste del área de estudio, especialmente en cercanías a la quebrada El Ejido. Este escarpe de menor magnitud surge en la transición hacia el parteaguas de la quebrada La Patilla, en una zona donde no hay influencia directa de cauces perennes, lo que sugiere un origen asociado a erosión fluvial intermitente o movimientos en masa independientes del drenaje principal. Su trazado principal se orienta de oeste a sureste (W–SE), marcando un pequeño pero significativo frente de erosión.

Glacis de acumulacion (Dga)

Superficie suavemente inclinada y cóncava, de longitud moderadamente larga, formada por la acumulación de material fino y bloques coluviales provenientes de las laderas adyacentes. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de glacis se desarrolla en sectores donde el relieve pierde pendiente, favoreciendo procesos de erosión laminar y transporte de sedimentos por escorrentía difusa. Estos glacis actúan como zonas de amortiguamiento entre laderas activas y áreas de cauce, y pueden tener implicaciones importantes en la dinámica sedimentaria local. Se reconocen por su textura superficial homogénea y su papel como receptores de material coluvial (SGC, 2012)

Figura 14. Glacis de acumulación (Dga)



Fuente: Autor

Glacis de erosión (Dge)

Son superficies suavemente inclinadas, de gran extensión longitudinal, esculpidas sobre unidades rocosas por procesos de escorrentía superficial intensa, particularmente en contextos semiáridos o con vegetación dispersa. Aunque la microcuenca de la Quebrada La Patilla presenta un clima más húmedo, la forma glacis de erosión puede manifestarse en sectores con vegetación degradada, suelos expuestos y fuerte carcavamiento, lo cual los convierte en áreas vulnerables a procesos de erosión regresiva (SGC, 2012)

Distribución:

Se desarrollan en zonas con pendientes suaves a moderadas, donde el material meteorizado es transportado por escorrentía superficial en dirección al cauce principal. Son más representativos en la vía Santiago–Salazar, así como en el cauce principal de la quebrada La Patilla, donde la erosión lateral ha modelado escarpes que posteriormente han dado origen a superficies de glacis. Estos elementos también se distribuyen de forma dispersa en otras áreas de la cuenca, donde la erosión progresiva asociada a cauces aluviales ha originado superficies suavemente inclinadas, altamente susceptibles al carcavamiento y pérdida de suelo.

Figura 15. Glacis de erosión (Dge)



Fuente: Autor

Cono o lobulo de detritos (Dldf)

Estructura en forma de abanico o lóbulo, con morfología aterrazada o alomada, que se desarrolla por eventos fluvio-torrenciales altamente energéticos. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos conos se identifican en sectores de salida de canales secundarios o en transiciones entre zonas de alta pendiente y zonas más planas, donde ocurre depósito de materiales clastosoportados. Están compuestos por bloques angulosos a subredondeados, embebidos en una matriz más fina, producto del transporte por flujos hiperconcentrados (SGC, 2012).

Distribución:

Se localiza principalmente en el sector occidental de la microcuenca, en zonas donde las condiciones de pendiente favorecen el transporte torrencial de materiales clastosoportados. Estas geoformas se desarrollan en contextos de cobertura vegetal degradada, suelos desnudos o severamente erosionados, donde las condiciones de alta energía del relieve propician el desplazamiento en masa de bloques y detritos embebidos en matriz fina. Su disposición refleja episodios de remoción en masa y flujos hiperconcentrados ocurridos en eventos previos o potenciales.

Figura 16. Cono o lóbulo de detritos (Dldf)



Fuente: Autor

Ladera erosiva fuertemente inclinada (Dlefi)

Geoforma con pendientes pronunciadas, superiores a los 30° , caracterizada por procesos erosivos intensos como cárcavas profundas, solifluxión activa y surcos desarrollados, que afectan tanto suelos como rocas meteorizadas. Estas laderas presentan longitudes moderadas a muy largas, con formas variables (planas, cóncavas o convexas), y un patrón de drenaje dendrítico bien definido. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, se concentran en zonas de alta pendiente y energía del relieve, usualmente conectadas a escarpes, laderas estructurales o contrapendientes, constituyendo áreas de alta dinámica geomorfológica. Su comportamiento es determinante en los procesos de transporte de sedimentos hacia el cauce y en la generación de eventos de remoción en masa superficial (SGC, 2012)

Distribución:

Este elemento geomorfológico se localiza predominantemente en el sector occidental de la microcuenca, donde se concentran las mayores pendientes del relieve asociado a erosión activa. Corresponde a superficies con inclinaciones superiores a los 30° , que muestran una alta susceptibilidad a procesos intensos de erosión, tales como cárcavas profundas, surcos bien definidos y solifluxión. Estas laderas se encuentran en asociación espacial directa con las laderas estructurales fuertemente inclinadas (Slefi) y con unidades de laderas erosivas de menor pendiente (Dlemi y Dleli), conformando transiciones morfodinámicas verticales donde se intensifica el

transporte de materiales hacia zonas más bajas. Su presencia indica áreas críticas para la estabilidad de laderas y para el control del flujo superficial.

Figura 17. Ladera erosiva fuertemente inclinada (Dlefi)



Fuente: Autor

Ladera erosiva levemente inclinada (Dleli)

Corresponde a superficies con pendientes suaves, menores a 15° , donde el modelado del terreno se encuentra dominado por procesos de erosión laminar y surcos incipientes. Estas laderas se extienden a lo largo de formas planas a ligeramente convexas, con un patrón de drenaje que tiende a ser subparalelo o subdendrítico, reflejando una evolución progresiva de los procesos erosivos. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de ladera se desarrolla en sectores de transición entre unidades coluviales o acumulativas y áreas de mayor pendiente, funcionando como zonas de redistribución de sedimentos finos. Aunque su dinámica erosiva es menos agresiva, pueden representar áreas críticas en cuanto a pérdida de suelo superficial en coberturas vegetales degradadas (SGC, 2012)

Distribución:

Este elemento geomorfológico corresponde a las laderas de erosión con pendiente suave (menor a 15°), localizadas principalmente en la zona occidental de la microcuenca, en áreas donde el relieve se suaviza y la energía del sistema disminuye. Estas laderas representan los sectores iniciales o terminales de las laderas erosivas, donde se da una transición hacia glacis, abanicos de acumulación o áreas más estables. Aunque los procesos erosivos son menos intensos, la erosión laminar y pérdida progresiva de suelo fértil pueden estar presentes si existe presión antrópica o

cobertura vegetal deficiente. Su asociación con las laderas moderadas y fuertemente inclinadas permite entender la continuidad geomorfológica de los procesos de modelado superficial en la cuenca.

Figura 18. Ladera erosiva levemente inclinada (Dleli)



Fuente: Autor

Ladera erosiva moderadamente inclinada (Dlemi)

Superficie de ladera con pendientes entre 15° y 30° , que presenta una combinación de procesos erosivos superficiales y concentrados, como formación de surcos definidos y cárcavas incipientes, sobre materiales poco cohesionados o alterados. Estas laderas, de longitud media a larga y morfología cóncava o convexa, constituyen unidades clave en la dinámica de ladera de la microcuenca. Suelen localizarse en sectores intermedios del relieve, donde se intensifican los procesos de remoción de sedimentos debido a la inclinación y al escurrimiento superficial acumulado. En la Quebrada La Patilla, representan áreas con alta susceptibilidad a erosión acelerada, especialmente en contextos de uso antrópico intensivo y deforestación (SGC, 2012)

Distribución:

Esta unidad geomorfológica se desarrolla en el mismo sector occidental de la microcuenca, representando las zonas intermedias en términos de inclinación (entre 15° y 30°) dentro del sistema de laderas erosivas. Se encuentra en conexión funcional con las laderas fuertemente y levemente inclinadas, actuando como áreas de tránsito de sedimentos movilizados desde las zonas más

escarpadas hacia zonas de acumulación o menor pendiente. Estas superficies exhiben procesos de erosión media, caracterizados por formación de cárcavas incipientes y escurrimiento superficial concentrado, especialmente bajo condiciones de uso antrópico intensivo o vegetación deteriorada.

Figura 19. Ladera erosiva moderadamente inclinada (Dlemi)



Fuente: Autor

Ladera ondulada (Dlo)

Corresponde a una superficie inclinada de morfología alomada o colinada, con pendientes que oscilan entre inclinadas y escarpadas, y longitud variable. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de ladera se forma en sectores donde predominan suelos residuales y depósitos coluviales, producto de la descomposición in situ de las rocas y el movimiento gravitacional lento. Presentan un patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo, lo cual refleja una evolución mixta entre control estructural y modelado superficial. Estas laderas son comunes en las partes intermedias del relieve y se asocian frecuentemente con procesos de erosión difusa y sedimentación coluvial (SGC, 2012)

Distribución:

Este tipo de ladera se distribuye en los sectores oriental y occidental, próximos a los parteaguas de la microcuenca. Se caracteriza por su morfología alomada o colinada, indicando una transición entre sectores estructurales y denudacionales. Estas laderas marcan el inicio de pendientes ascendentes, y están conformadas por materiales residuales o coluviales, producto de procesos prolongados de meteorización. Su patrón de drenaje tiende a ser subdendrítico, lo que refleja un modelado intermedio entre control litológico y erosión difusa.

Figura 20. Ladera Ondulada (Dlo)

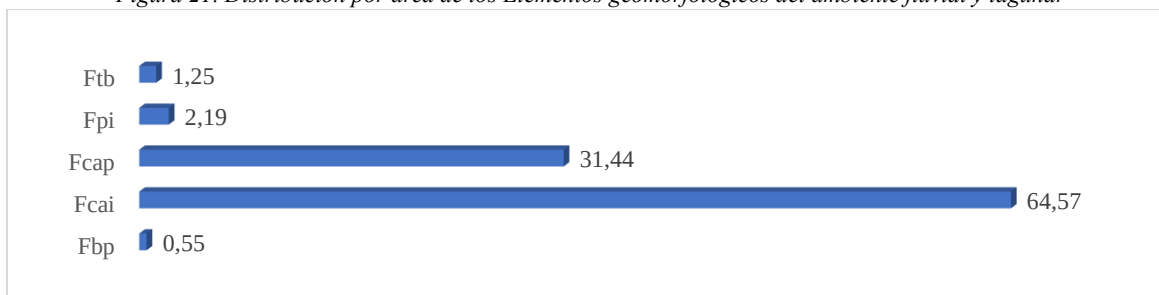


Fuente: Autor

Ambiente Fluvial y lagunar

En este ambiente se incluye las geoformas desarrolladas por la acción de corrientes de agua superficiales, tanto en condiciones normales como durante eventos de mayor magnitud (precipitaciones considerables). En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este ambiente está representado por los cauces aluviales, planicies de inundación, terrazas fluviales y barras de sedimentación. Donde, estos elementos son producto de procesos de erosión lateral y vertical, transporte de carga sólida y deposición de sedimentos, los cuales varían en función del régimen hídrico, la pendiente del cauce y la disponibilidad de material. Cabe destacar que este ambiente es esencial en la regulación hidrológica de la cuenca y en la generación de hábitats acuáticos y riparios.

Figura 21. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente fluvial y lagunar



Fuente: Autor

Barra puntual (Fbp)

En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, las barras puntuales se manifiestan como cuerpos sedimentarios alargados en forma de medialuna, con morfología suave y ondulada, que se desarrollan en los tramos meándricos del cauce principal. Estas geoformas se ubican

específicamente en las zonas cóncavas de los meandros, donde la velocidad de la corriente disminuye, favoreciendo la deposición de sedimentos finos, principalmente arenas bien seleccionadas y materiales arcillosos, que se concentran en las depresiones o artesas del cuerpo.

La formación de estas barras es consecuencia directa de procesos de migración lateral del cauce, en los que la erosión en la margen convexa es seguida por la acumulación en la margen cóncava, dando lugar a patrones de crecimiento rítmico de las barras. En la Quebrada La Patilla, su presencia puede observarse de forma aislada o en pequeños sistemas orillales, lo que indica una actividad fluvial moderada a alta y un dinamismo estructural lateral que evidencia una evolución fluvial activa en el tramo medio de la microcuenca (SGC, 2012)

Figura 22. Barra Puntual (Fbp)



Fuente: Autor

Distribución:

Este elemento geomorfológico se presenta de forma aislada y localizada en sectores específicos del centro y norte de la microcuenca de la Quebrada La Patilla, en tramos donde el cauce desarrolla una morfología sinuosa a meándrica, favoreciendo la deposición de sedimentos en las márgenes cóncavas de los meandros. La barra puntual es producto del transporte lateral de carga fluvial, principalmente arenosa y limosa, y su formación indica una dinámica fluvial activa, así como episodios de migración lateral del canal. Estas geoformas actúan como registros sedimentarios de eventos de creciente y evolución del cauce.

Cauce aluvial intermitente (Fcai)

Se refiere a canales de origen fluvial que presentan flujo estacional o episódico, es decir, únicamente conducen agua durante periodos de precipitación intensa o durante la temporada húmeda, permaneciendo secos o con escorrentía mínima el resto del año. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos cauces se localizan principalmente en quebradas menores y drenajes secundarios, desarrollados sobre sedimentos aluviales poco consolidados o en contacto con materiales coluviales.

Su morfología es irregular y poco definida en sectores superiores de la cuenca, aunque pueden presentar pequeños tramos encajados o ligeramente incisos en zonas donde la pendiente es mayor.

Los depósitos que los conforman son mayoritariamente de textura arenosa y limosa, con ocasional presencia de bloques o gravas en los tramos de mayor pendiente. Su dinámica intermitente los convierte en elementos clave para entender la respuesta hidrológica rápida de la microcuenca, y su activación es común en eventos de tormenta o lluvias de alta intensidad (SGC, 2012).

Distribución:

Estos cauces se distribuyen ampliamente a lo largo de toda la microcuenca, siendo especialmente frecuentes en zonas de alta pendiente y sobre laderas estructurales o erosivas. Se originan a partir de procesos de escorrentía superficial intensa durante episodios de lluvia, dando lugar a flujos temporales de agua que canalizan de forma espontánea por las laderas, generando cauces efímeros o estacionales. La dirección de flujo de estos canales suele ser paralela a la inclinación del terreno, respondiendo a la morfología de las laderas que los contienen. Estos cauces intermitentes son fundamentales en la conectividad hídrica y sedimentaria hacia el cauce principal y pueden transformarse en cárcavas si la cobertura vegetal es deficiente.

A menudo, estos cauces intermitentes se encontraron asociados a procesos erosivos concentrados, cárcavas activas y escurrimiento superficial no canalizado, lo que evidencia su papel fundamental como vías de transporte temporal de sedimentos hacia el cauce principal durante eventos de lluvia.

Figura 23. Cauce aluvial intermitente (Fcai)



Fuente: Autor

Cauce aluvial permanente (Fcap)

Corresponde a un canal fluvial de origen aluvial que mantiene un flujo constante de agua durante todo el año, asociado a una fuente sostenida de escorrentía superficial o subterránea. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de cauce se representa por el tramo principal de la quebrada, el cual presenta una dinámica activa de transporte y modelado sedimentario, excavado sobre materiales aluviales y en algunos sectores sobre macizos rocosos alterados, especialmente donde hay presencia de estructuras geológicas como diaclasas o fracturas.

Este cauce posee secciones variables en forma y tamaño, desde valles estrechos con rasgos de control estructural en forma de "V", hasta tramos más amplios con morfologías meándricas y de divagación moderada en zonas de menor pendiente. Su permanencia se debe a la convergencia de escorrentía proveniente de laderas estructurales, escarpes y superficies coluviales, así como a una base freática relativamente estable. Su depósito incluye gravas, arenas y limos, en configuración canalizada o en pequeñas barras laterales. Este cauce constituye el eje organizador del sistema hidrogeomorfológico de la microcuenca, siendo clave para la conectividad de los procesos fluviales y coluviales (SGC, 2012)

Distribución:

Este elemento corresponde al cauce principal de la Quebrada La Patilla, así como a su afluente importante, la quebrada El Ejido, que converge con ella en la parte media-baja de la microcuenca. La Quebrada La Patilla presenta una trayectoria irregular, con dirección inicial norte-sur (N-S) en el tramo alto, para luego adoptar una orientación noreste-suroeste (NE-SW) en la zona central de la cuenca, y finalmente virar hacia una orientación noroeste-sureste (NW-SE) hasta su desembocadura en el río Salazar. Este cauce mantiene un flujo continuo durante todo el año, asociado a la convergencia de drenajes secundarios, escorrentía base y aportes subterráneos. Su dinámica fluvial estructura el sistema hidrológico principal de la microcuenca.

Figura 24. Cauce aluvial permanente de la Quebrada La Patilla



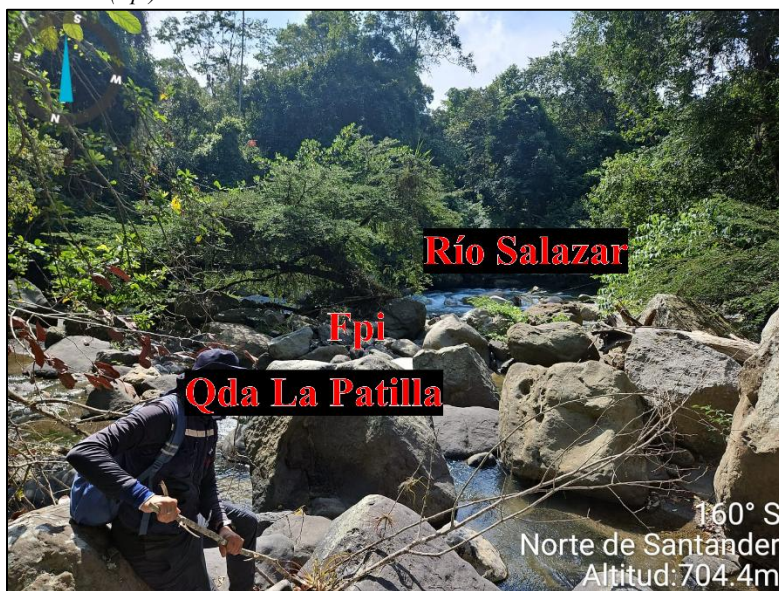
Fuente: Autor

Planicie de inundación (Fpi)

Este elemento geomorfológico se identifica en la microcuenca como una superficie aluvial plana a ondulada, dispuesta de forma adyacente a los cauces principales (en especial el de la Quebrada La Patilla y sus tributarios menores), donde actúa como área de expansión temporal del flujo durante eventos de inundación súbita o estacional. Estas llanuras se localizan principalmente en la parte baja de la cuenca, y están limitadas localmente por escarpes, que marcan antiguos niveles de incisión del cauce.

En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estas superficies aparecen como franjas estrechas, alargadas y relativamente profundas, en sectores donde la red de drenaje adopta un patrón subparalelo de mediana densidad. Este tipo de unidad geomorfológica cumple una función clave como zona de amortiguación hídrica y sedimentaria, y puede representar áreas de riesgo por su susceptibilidad a inundación en temporadas de lluvia intensa (SGC, 2012)

Figura 25. Planicie de inundación (Fpi)



Fuente: Autor

Distribución:

Se localiza en la zona de confluencia entre la Quebrada La Patilla y el río Salazar, en un sector donde el gradiente del terreno disminuye considerablemente, favoreciendo la expansión lateral de las aguas durante eventos de alta precipitación. Estas superficies planas a suavemente onduladas funcionan como áreas de inundación temporal, donde se depositan sedimentos finos en condiciones de flujo lento. Su desarrollo está estrechamente ligado a la hidrodinámica del tramo bajo del cauce principal, siendo además un indicador de procesos recientes de acumulación fluvial y de la capacidad del sistema para amortiguar crecidas.

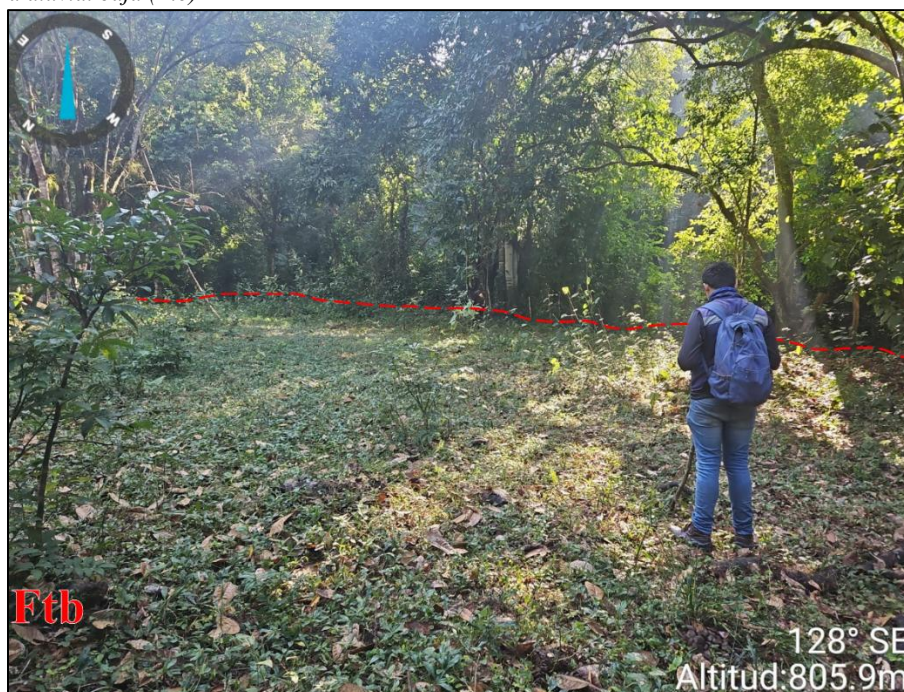
Terraza aluvial baja (Ftb)

Corresponde a una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, que se desarrolla en niveles topográficos bajos respecto al cauce activo, es decir, próxima al lecho fluvial, pero elevada lo suficiente para no ser inundada frecuentemente. Esta geoforma se encuentra modelada sobre sedimentos aluviales recientes, y se dispone generalmente en forma pareada o semi-pareada,

siguiendo el trazado del río, y limitada por pequeños escarpes o taludes de baja altura que marcan antiguos niveles de incisión fluvial.

En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estas terrazas aluviales bajas se localizan en sectores de transición entre zonas planas y las unidades de mayor pendiente, representando antiguos cauces abandonados o superficies de estabilización temporal del flujo, formadas durante fases de acumulación fluvial, seguidas de periodos de incisión vertical progresiva del canal principal.

Figura 26. Terraza aluvial baja (Ftb)



Fuente: Autor

El material que las compone incluye gravas, arenas y limos, con textura granulométrica decreciente conforme se alejan del eje del cauce. Dado su bajo relieve, estas terrazas cumplen un papel importante como zonas de almacenamiento sedimentario en eventos de caudal medio, y pueden ser reactivadas ocasionalmente durante crecidas extraordinarias. Son frecuentes en tramos de cauce meándrico o ligeramente sinuoso, donde se observa una alternancia entre procesos de acumulación lateral e incisión vertical moderada (SGC, 2012)

Distribución:

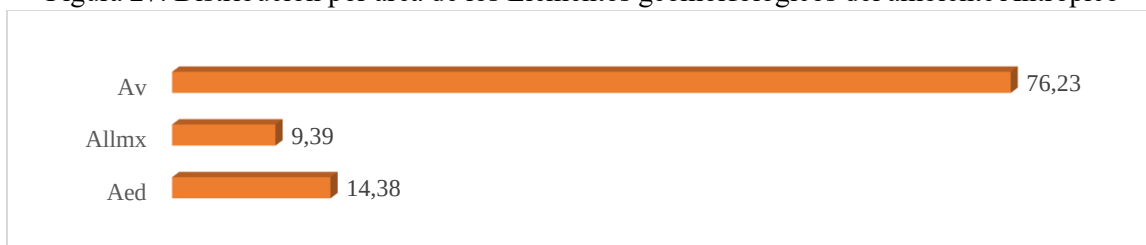
Este elemento geomorfológico se manifiesta de forma puntual en el centro de la microcuenca, adyacente al cauce actual de la Quebrada La Patilla. Se trata de una superficie aluvial de baja elevación, ligeramente elevada respecto al nivel del cauce activo, que evidencia la

existencia de un antiguo canal fluvial abandonado. Esta terraza baja refleja una etapa previa de evolución del cauce, probablemente asociada a eventos de acumulación fluvial, seguidos por incisión vertical moderada. Su depósito está compuesto por materiales aluviales heterométricos, y su conservación sugiere una dinámica de cambio de curso o variación de caudal histórico en el sistema fluvial.

Ambiente Antrópico

Este ambiente comprende las geoformas artificiales o modificadas por la acción humana, reflejando la ocupación y transformación del territorio. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este ambiente se expresa en forma de infraestructura vial (caminos, carreteras), zonas de urbanización o parcelación, entre otros. Cabe destacar que dichas modificaciones alteran el comportamiento natural del paisaje, afectando la escorrentía, la infiltración, la estabilidad del suelo y, en muchos casos, la dinámica del cauce mismo. Por lo tanto, el reconocimiento de este ambiente es clave para entender la amenazas inducidas por el hombre y los impactos en los sistemas naturales, especialmente en zonas de ladera o en áreas cercanas al cauce.

Figura 27. Distribución por área de los Elementos geomorfológicos del ambiente Antrópico



Fuente: Autor

Edificación (Aed)

Corresponde a superficies ocupadas por estructuras construidas de uso residencial, productivo o mixto, que conforman un tejido urbano discontinuo, caracterizado por la dispersión de edificaciones individuales o agrupadas, como casas, fincas, instalaciones agropecuarias o bodegas rurales. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de geoforma se localiza en zonas de acceso cercano a vías principales y secundarias, generalmente sobre terrenos previamente intervenidos o acondicionados para su uso habitacional o económico. Estas áreas implican un grado significativo de transformación del relieve natural, ya que pueden involucrar movimientos de tierra menores, compactación del suelo y alteración de la escorrentía superficial.

Distribución:

Las edificaciones se presentan de forma aislada y esporádica a lo largo de la microcuenca, y corresponden principalmente a fincas de uso agropecuario y viviendas rurales que han permanecido en la zona por más de una década. Estas estructuras forman parte de un tejido urbano discontinuo, adaptado al contexto rural de la cuenca, y tienden a ubicarse en terrenos con accesibilidad desde las vías principales o secundarias, preferiblemente en zonas de pendiente moderada o intervenida. Aunque su presencia es limitada en cuanto a superficie ocupada, representan puntos de transformación directa del paisaje natural, con implicaciones en la estabilidad del terreno, escorrentía y cobertura del suelo.

Figura 28. Edificación (Aed)



Fuente: Autor

Relleno Mixto (Allmx)

Superficie intervenida artificialmente mediante el acopio y redistribución de materiales de origen diverso (suelo, escombros, material de préstamo), con el fin de aplanar, elevar o estabilizar el terreno natural para facilitar la urbanización, la construcción de infraestructura o el uso agrícola mecanizado. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos rellenos se emplean comúnmente para la preparación de terrenos destinados a viviendas rurales, accesos o instalaciones productivas, especialmente en sectores de ladera con pendientes intermedias. Esta unidad geomorfológica antrópica modifica la topografía original, alterando la dinámica de escorrentía, la infiltración y la estabilidad del talud.

Figura 29. Relleno Mixto



Fuente: Autor

Distribución:

Estos elementos geomorfológicos se encuentran asociados funcionalmente a la construcción de edificaciones y trazado de vías, ya que son utilizados para homogeneizar, nivelar o estabilizar el terreno en áreas que originalmente presentaban pendientes irregulares o topografía desfavorable para el desarrollo constructivo. Su distribución no es independiente, sino que acompaña las zonas intervenidas antrópicamente, especialmente en la zona central y sectores de acceso vial en el sureste y noroeste de la microcuenca. Estos rellenos modifican las condiciones naturales del suelo y pueden actuar como superficies artificiales de acumulación o compactación, con implicaciones en la dinámica de escurrimiento y estabilidad superficial.

Vía (Av)

Elemento lineal de origen antrópico correspondiente a infraestructura de transporte terrestre, que incluye vías pavimentadas principales, como la carretera Santiago–Salazar, y vías secundarias o terciarias, de carácter rural o parcelario, que permiten el acceso a edificaciones dispersas, predios agrícolas o áreas forestales. Estas vías constituyen elementos altamente transformadores del paisaje, ya que involucran procesos de corte, relleno y compactación del terreno, así como la canalización artificial de escorrentías. Su traza generalmente sigue la topografía natural, adaptándose a laderas, divisorias o valles, y su presencia incide directamente en la fragmentación del territorio, en la conectividad funcional del sistema antrópico y en la modificación de la dinámica geomorfológica local, especialmente en relación con procesos de erosión acelerada y transporte de sedimentos.

Figura 30. Vías (Av)



Fuente: Autor

Distribución:

Este elemento geomorfológico de origen antrópico se distribuye principalmente en las zonas central, norte y sureste de la microcuenca. En el sector central, destaca la presencia de la vía principal Santiago–Salazar, una carretera pavimentada que representa la infraestructura de transporte más relevante en la cuenca, tanto por su conectividad como por su impacto geomorfológico asociado a cortes y rellenos longitudinales. Adicionalmente, en los sectores sureste y noroeste, se identifican vías secundarias de acceso, de carácter rural o parcelario, utilizadas para conectar predios agropecuarios y fincas dispersas. Estas vías, aunque de menor jerarquía, generan una transformación significativa del relieve a través de modificaciones del terreno natural, escarificación del suelo y alteración de patrones de escorrentía superficial.

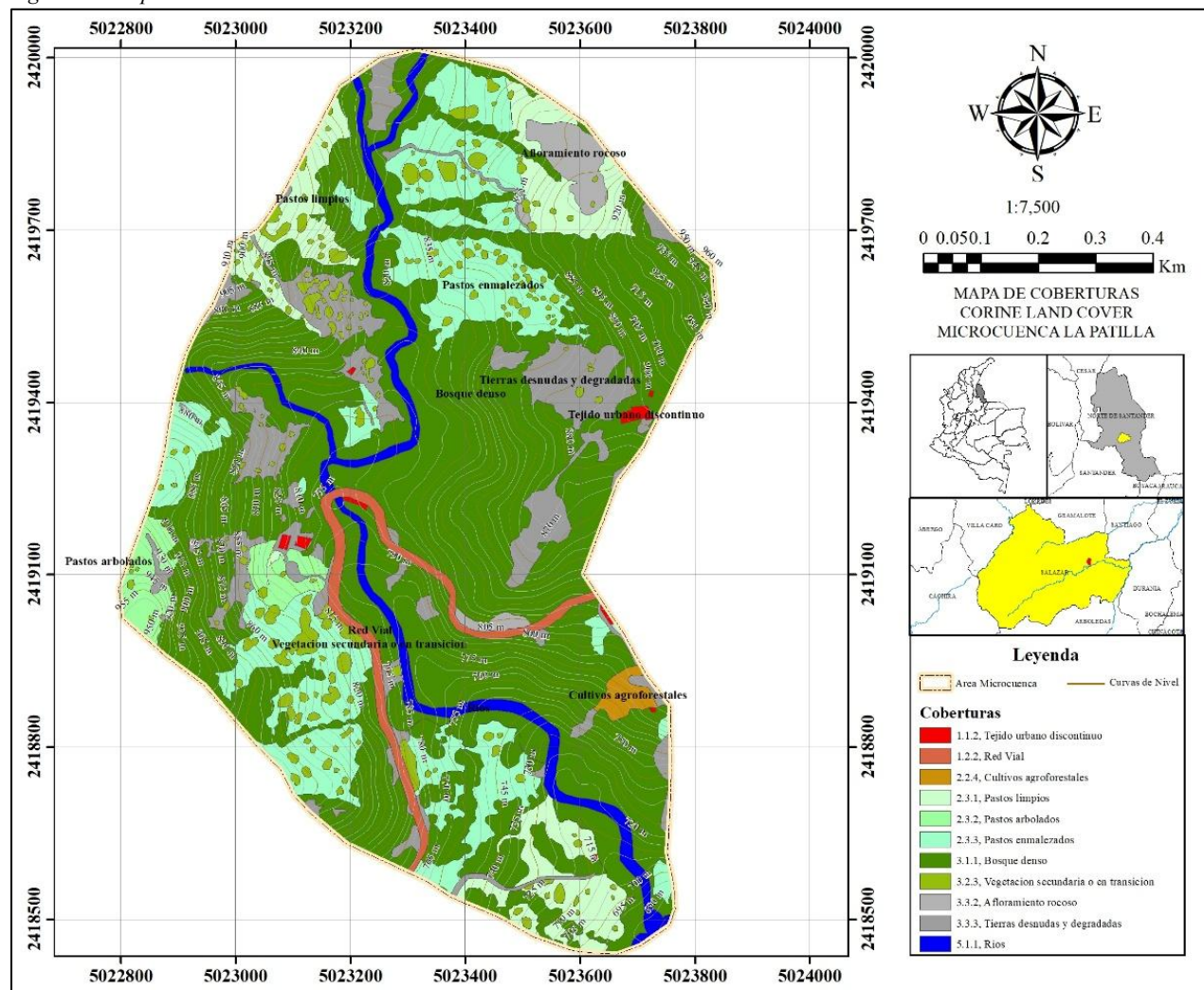
Coberturas

Para llevar a cabo la identificación y clasificación de las coberturas del suelo en la microcuenca de la Quebrada La Patilla, se emplearon metodologías avanzadas que incluyeron la descarga y fotointerpretación de imágenes satelitales provenientes de diversas bases de datos geoespaciales, combinadas con la observación directa en campo mediante el uso de drones y ortofotos. Este proceso permitió una evaluación precisa de las coberturas, garantizando la exactitud en los niveles de detalle necesarios para realizar un análisis completo de las dinámicas del suelo.

Las coberturas del suelo se entienden como los materiales biofísicos visibles sobre la superficie terrestre, los cuales pueden tener origen natural (como bosques, cuerpos de agua, afloramientos rocosos) o antrópico (zonas urbanizadas, infraestructuras viales, áreas agrícolas, etc.). Es importante destacar que las coberturas del suelo no deben confundirse con el concepto de uso del suelo, que hace referencia a las actividades humanas realizadas en un territorio, como la agricultura, la ganadería o la minería. En este sentido, el análisis de coberturas del suelo proporciona información esencial para entender los procesos de ocupación y transformación del territorio, los efectos de la actividad humana sobre el medio ambiente, y facilita la gestión sostenible del territorio.

A través de un mapa de uso y cobertura del suelo, se reflejan las interacciones entre los factores naturales y las actividades humanas dentro de la microcuenca. Este mapa clasifica las superficies de tierra en cinco grandes grupos, los cuales son esenciales para el análisis geomorfológico de la cuenca. A continuación, se describen los grupos y se incluyen ejemplos específicos relacionados con los elementos geomorfológicos observados en la microcuenca de la Quebrada La Patilla:

Figura 31. Mapa de cobertura del suelo



Fuente: Autor

1.1.2. Tejido Urbano Discontinuo

El tejido urbano discontinuo comprende espacios fragmentados en los que se distribuyen edificaciones, infraestructuras de comunicación, zonas verdes y áreas de uso público. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, este tipo de cobertura se encuentra representado por fincas rurales y asentamientos dispersos que no forman una masa continua de urbanización. Por lo tanto, las fincas o edificaciones están separadas por amplias áreas de vegetación natural o áreas de cultivo agropecuario, creando un patrón urbano interrumpido. Este tipo de cobertura presenta retos para su delimitación precisa, ya que se puede mezclar con coberturas naturales o seminaturales, como áreas de bosques secundarios o vegetación agrícola, en especial en sectores periféricos del territorio (IDEAM, 2010)

Distribución

El tejido urbano discontinuo está representado por áreas de fincas y parcelas dispersas en la microcuenca, donde se localizan las fincas rurales. Estas áreas están marcadas por casas, infraestructuras de acceso y zonas verdes, que se distribuyen de manera interrumpida por el resto de las áreas naturales. Este tipo de cobertura es especialmente visible en la parte central y noreste de la microcuenca, donde las vías secundarias conectan diferentes parcelas de uso agropecuario.

Figura 32. Tejido Urbano Discontinuo



Fuente: Autor

1.2.2.Red Vial

La red vial en la microcuenca incluye infraestructuras de transporte tales como carreteras, autopistas y vías secundarias, que facilitan la circulación en la región. Este tipo de cobertura artificializada se extiende por superficies amplias de más de cinco hectáreas, y su ancho generalmente supera los 50 metros, incluyendo terraplenes, andenes y estaciones de servicio. Estas áreas alteran significativamente el relieve, causando modificaciones en la dinámica del drenaje superficial y contribuyendo a la fragmentación de hábitats naturales, además de promover procesos de erosión en sus márgenes (IDEAM, 2010)

Distribución

La red vial en la microcuenca se extiende principalmente a través de la vía Santiago-Salazar, como una carretera pavimentada que conecta áreas rurales con el centro urbano cercano.

Esta vía atraviesa la zona central y sur de la cuenca, facilitando el acceso a otras vías secundarias que comunican fincas y parcelas rurales. A medida que las vías secundarias se adentran en áreas rurales, se conectan con los cauces aluviales intermitentes y los terrenos de uso agropecuario, afectando las dinámicas de drenaje superficial y los procesos de sedimentación en las áreas de acceso.

Figura 33. Red vial



Fuente: Autor

2.2.4. Cultivos agroforestales

Los cultivos agroforestales en la microcuenca corresponden a zonas donde se practican sistemas agroforestales, donde cultivos herbáceos, arbustivos y arbóreos coexisten en combinaciones ordenadas o alternadas. Esta cobertura está asociada con zonas de transición entre áreas agrícolas intensivas y formaciones forestales o seminaturales. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, los arreglos agroforestales se encuentran principalmente en zonas de ladera y áreas cercanas a los cauces, favoreciendo la conservación del suelo y la regulación hídrica. La presencia de árboles alternados con cultivos, tales como café, cacao o plátano, contribuye a la biodiversidad local y ayuda en la prevención de la erosión (IDEAM, 2010)

Distribución

Los cultivos agroforestales están ubicados predominantemente en las zonas intermedias y bajas de la microcuenca, donde las laderas de pendiente moderada son aptas para el establecimiento de sistemas agroforestales. Estos cultivos combinan especies arbóreas con cultivos de herbáceas y arbustivas, y están asociados a prácticas agrícolas sostenibles en sectores como la

zona baja y media, donde la microcuenca presenta menores pendientes. Los cultivos agroforestales no solo contribuyen a la producción, sino que también juegan un rol en la conservación del suelo, reduciendo la erosión. Sin embargo, en algunos cultivos donde la carga del cultivo es mayor a la que puede soportar la ladera (debido a la pendiente) sufren remociones en masa, afectando a los mismos

Figura 34. Cultivos agroforestales



Fuente: Autor

2.3.1. Pastos Limpios

Los pastos limpios ocupan superficies de terreno dedicadas a pasturas para la ganadería que presentan más de un 70% de cobertura vegetal, manteniéndose libres de vegetación natural o maleza. Este tipo de cobertura está asociado a prácticas agrícolas intensivas, y generalmente se encuentra bajo supervisión constante para evitar la invasión de malezas (IDEAM, 2010)

Distribución

Los pastos limpios se distribuyen principalmente en las zonas ladera con pendientes adecuadas, donde el uso de la tierra está orientado a la ganadería extensiva. Se localizan en el norte y sur de la microcuenca, en áreas de circulación de flujo aluvial.

Figura 35. Pastos Limpios



Fuente: Autor

2.3.2. Pastos Arbolados

Los pastos arbolados son áreas de terreno cubiertas principalmente por pastos, pero con la presencia de árboles dispersos de más de cinco metros de altura. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos sistemas de potreros arbolados se encuentran en las zonas intermedias de ladera y en áreas de transición entre bosques y zonas agrícolas, donde los árboles proporcionan sombra a los animales y favorecen la regeneración del suelo. La cobertura arbórea representa entre el 30% y el 50% de la unidad de pastos, contribuyendo al mantenimiento de la biodiversidad y reduciendo el impacto de la ganadería sobre los suelos (IDEAM, 2010)

Figura 36. Pastos Arbolados



Fuente: Autor

2.3.3. Pastos enmalezados

Los pastos enmalezados corresponden a terrenos de pastoreo donde las malezas y la vegetación secundaria predominan sobre las áreas de pasto. Estas áreas pueden estar siendo recuperadas naturalmente por la vegetación nativa, pero su capacidad de regeneración depende del grado de intervención humana (IDEAM, 2010)

Figura 37. Pastos Enmalezados



Fuente: Autor

Distribución

Esta cobertura se presenta en zonas de abandonos agrícolas o donde las prácticas de manejo del suelo han sido esporádicas. Los pastos enmalezados son comunes en áreas donde la vegetación secundaria ha reemplazado a los pastos limpios debido a la falta de intervención. En la microcuenca, este tipo de cobertura se observa principalmente en las zonas de ladera media y alta, donde la presencia de maleza y vegetación secundaria predomina debido a la escasa intervención humana.

3.1.1 Bosque denso

Los bosques densos son una parte fundamental del ecosistema montano de la microcuenca y tienen un rol crucial en la mitigación de la erosión, el ciclo de nutrientes y la regulación climática local. Estas formaciones vegetales suelen estar poco intervenidas o presentan solo intervenciones selectivas, como la explotación sostenible de madera (IDEAM, 2010)

Distribución

El bosque denso se encuentra principalmente en las zonas altas y de ladera empinada de la microcuenca, en sectores de gran pendiente y en áreas de mayor altitud. Donde es importante destacar que el bosque denso también juega un rol clave en la conservación del ciclo del agua y en la mitigación de deslizamientos en las áreas más vulnerables

Figura 38. Bosque denso



Fuente: Autor

3.2.3. Vegetación Secundaria o en transición

La vegetación secundaria o en transición corresponde a aquellas áreas donde ha ocurrido una intervención humana o un evento natural que ha destruido la vegetación primaria. Esta vegetación está en proceso de sucesión ecológica, y su desarrollo depende de las condiciones ambientales y humanas. Es frecuente encontrar estas áreas en las zonas de transición entre bosques y tierras agrícolas, contribuyendo al proceso de recuperación de ecosistemas (IDEAM, 2010)

Distribucion

La vegetación secundaria se encuentra principalmente en las zonas de transición o en áreas donde la vegetación primaria ha sido intervenida o destruida. Esta cobertura es común en zonas de recuperación tras el abandono de tierras agrícolas o tras la deforestación natural o antrópica. En la microcuenca, estas áreas se localizan a menudo en las zonas intermedias de las laderas o cerca de los afloramientos rocosos, donde la vegetación en regeneración se asocia con prácticas de reforestación o recuperación ecológica

Figura 39. Vegetacion Secundaria o en Transicion



Fuente: Autor

3.3.2 Afloramiento rocoso

Los afloramientos rocosos son áreas donde las rocas expuestas forman superficies desnudas, sin el desarrollo de vegetación significativa. En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, estos afloramientos se localizan principalmente en las zonas de laderas empinadas, asociados estratos rocosos. Además, en estas áreas se pueden encontrar sedimentos gruesos como bloques o cenizas, particularmente en zonas volcánicas (IDEAM, 2010)

Figura 40. Afloramiento rocoso



Fuente: Autor

Distribucion

Estos afloramientos se encuentran principalmente en las zonas altas de la microcuenca, asociadas a los escarpes rocosos que se extienden por las via principal y por los márgenes del cauce principal de la quebrada La Patilla; donde las rocas expuestas no permiten el desarrollo de vegetación, y las áreas adyacentes pueden estar cubiertas por sedimentos gruesos, como bloques de roca.

3.3.3. Tierras desnudas y degradadas

Esta cobertura corresponde a las áreas donde el suelo está expuesto debido a procesos de erosión o degradación extrema. Estas áreas incluyen terrenos salinizados o en proceso de desertificación, lo que refleja un deterioro significativo de la capacidad productiva del suelo. Los procesos de erosión acelerada generan cárcavas y surcos, lo que contribuye a una pérdida de suelo fértil y afecta la calidad del agua en la microcuenca (IDEAM, 2010)

Figura 41. Tierras desnudas y degradadas.



Fuente: Autor

Distribucion

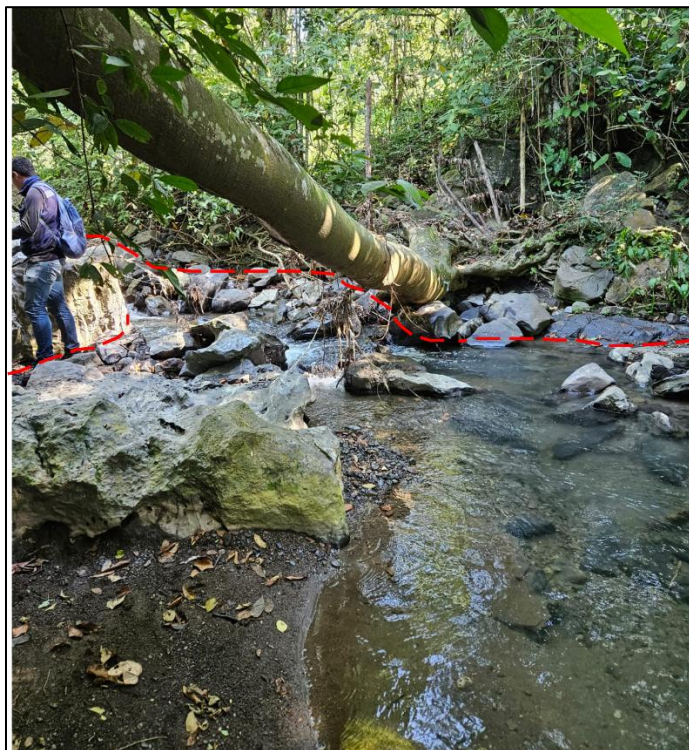
Las tierras desnudas y degradadas se localizan principalmente en las zonas de transición donde la erosión ha destruido las coberturas vegetales originales. Estas áreas están expuestas a condiciones climáticas extremas y procesos de desertificación, y se asocian con el desgaste del suelo debido a la excesiva explotación agrícola o la deforestación. En la microcuenca, este tipo de

cobertura se encuentra en sectores donde la falta de vegetación ha comprometido la capacidad de retención de agua y la productividad del suelo.

5.1.1. Ríos

Los ríos de la microcuenca, como la Quebrada La Patilla, son corrientes de agua continua que presentan una dinámica hidrológica activa y desempeñan un rol clave en la erosión y sedimentación a lo largo de su cauce. Estos cauces no solo transportan agua, sino que también contribuyen a la formación de barras, conos de aluvión y otras unidades geomorfológicas fluviales a medida que atraviesan las llanuras de inundación y las áreas de acumulación aluvial (IDEAM, 2010)

Figura 42. Cauce de la Quebrada La Patilla



Fuente: Autor

Distribucion

En la microcuenca de la Quebrada La Patilla, los cauces principales son la Quebrada La Patilla y su afluente, la Quebrada El Ejido, ambos con una importante influencia en la dinámica fluvial y geomorfológica de la región. Por su parte, la Quebrada La Patilla es el cauce principal de la microcuenca y atraviesa la región de norte a sur. Su trayecto sigue un curso sinuoso y meándrico a medida que avanza por las zonas de llanura y terrazas aluviales. Esta quebrada posee

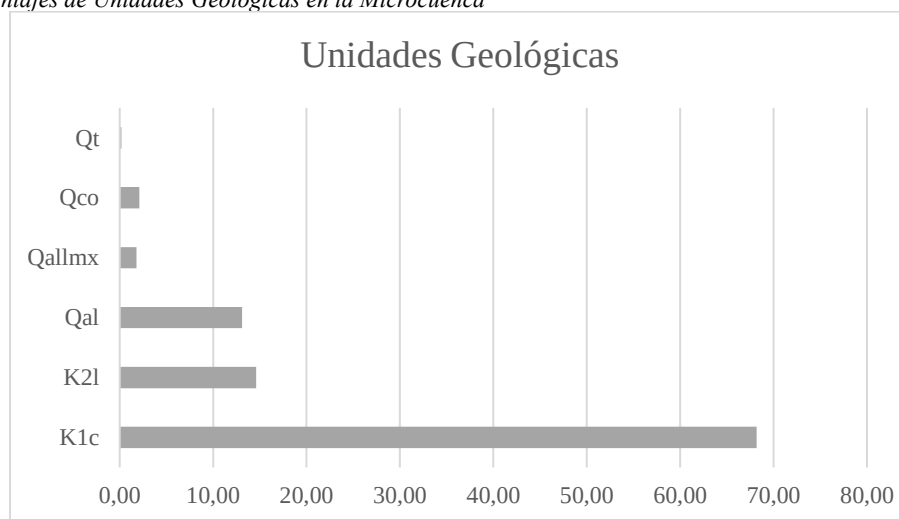
un caudal constante durante todo el año debido a las contribuciones hídricas de las lluvias y los acuíferos subterráneos en las áreas más altas de la cuenca

Geología

La geología de la microcuenca de la Quebrada La Patilla se caracteriza por una gran diversidad de unidades geológicas, tanto del Cretácico como del Cuaternario, lo que refleja una compleja historia geológica que ha dado forma al relieve actual. En esta zona de interés afloran formaciones rocosas que van desde sedimentos marinos de épocas antiguas hasta depósitos recientes, los cuales siguen siendo modelados por procesos de erosión y sedimentación.

Dentro de las unidades del Cretácico, destacan la *Formación Cogollo* y la *Formación La Luna*, ambas de gran relevancia para la dinámica geológica de la cuenca. La Formación Cogollo, que se encuentra principalmente en partes Altas, Medias y Bajas de la microcuenca, está compuesta por rocas sedimentarias como lutitas, areniscas y calizas, que se formaron en un entorno marino durante el Cretácico. Por su parte, la Formación La Luna, también del Cretácico, se extiende principalmente en las áreas norte (finalizando la parte alta de la microcuenca). Esta formación está asociada a sedimentos marinos depositados en un ambiente de transgresión marina. En cuanto a las unidades geológicas del Cuaternario, la microcuenca está dominada por depósitos no consolidados que cubren gran parte del territorio.

Figura 43. Porcentajes de Unidades Geológicas en la Microcuenca



Fuente: Autor

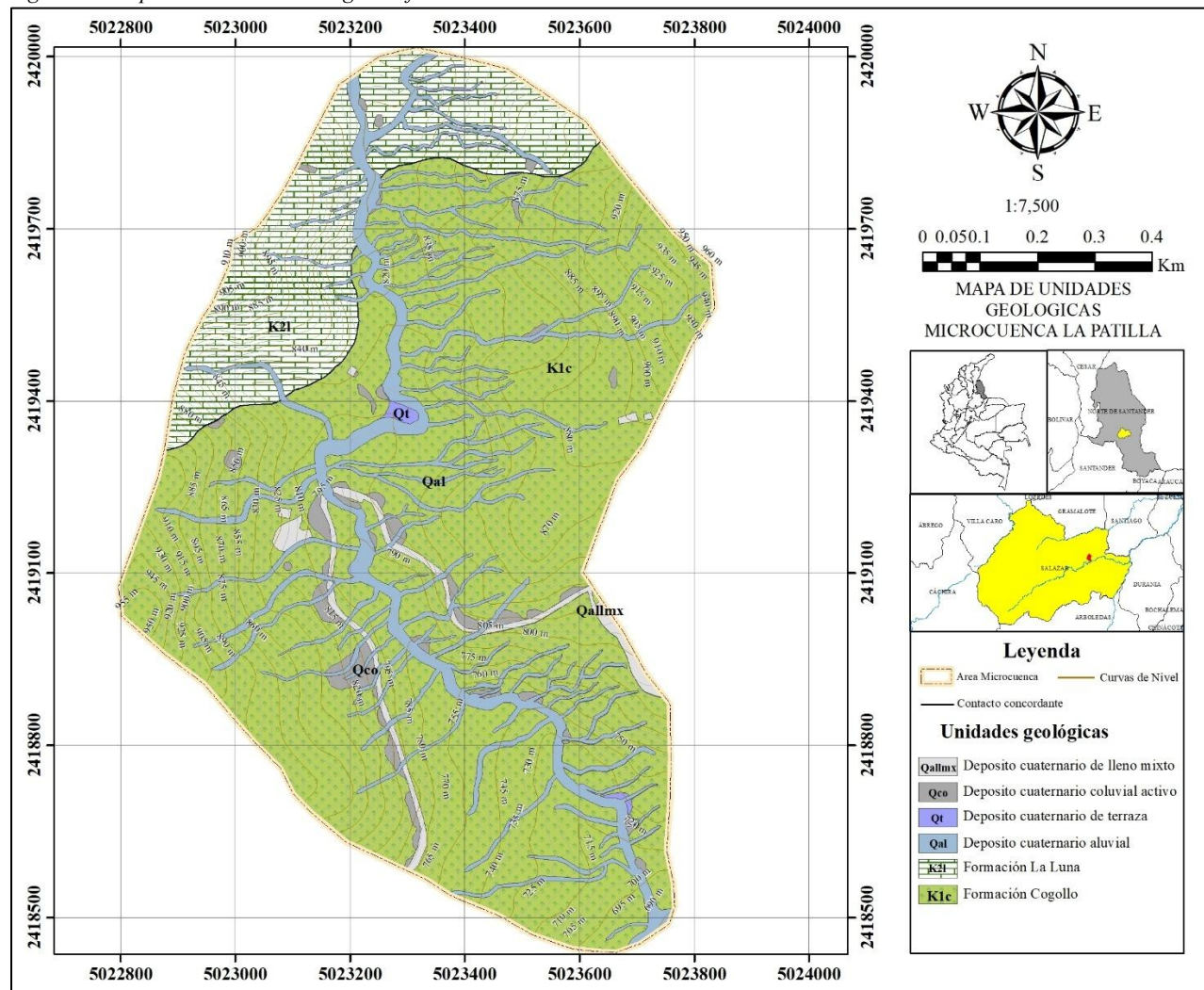
Tabla 2. Unidades Geológicas presentes en la Microcuenca de la Quebrada La Patilla

Abreviatura	Unidad	Area (Ha)	Porcentaje (%)
-------------	--------	-----------	----------------

K1c	Formacion Cogollo	72,91	68,19
K2l	Formacion La Luna	15,63	14,62
Qal	Deposito aluvia	14,02	13,11
Qallmx	Deposito antropico de lleno mixto	1,92	1,80
Qco	Deposito coluvial	2,25	2,10
Qt	Deposito de Terraza	0,20	0,19
Total		106,93	

Fuente: Autor

Figura 44. Mapa de Unidades Geológicas aflorantes en el área de la microcuenca de La Patilla



Fuente: Autor

Cretácico

Durante el Cretácico, que abarcó desde hace aproximadamente 145 a 66 millones de años, el territorio que hoy conocemos como Colombia experimentó una serie de transformaciones geológicas significativas. En este periodo, el continente sudamericano estaba bajo la influencia de

un ambiente predominantemente marino, con vastas zonas sumergidas que cubrían gran parte de lo que actualmente es el norte y centro de Colombia.

El Cretácico Inferior estuvo marcado por un mar cálido y poco profundo, que se expandió ampliamente a través de las regiones del norte de Colombia. Este mar cubría extensas áreas costeras, llegando a afectar incluso lo que hoy son las zonas altas de la cordillera de los Andes. El mar se extendía desde la actual costa del Caribe hasta las zonas interiores de la región andina, lo que permitió que se depositaran sedimentos marinos ricos en calizas, lutitas y areniscas, que con el tiempo se consolidaron para formar las unidades geológicas del Cretácico, como las Formación La Luna y la Formación Cogollo.

Este periodo estuvo caracterizado por una alta actividad biológica, con la proliferación de organismos marinos como ammonites, corales y bivalvos que contribuyeron a la acumulación de restos orgánicos en los sedimentos. Estos sedimentos marinos, cuando se compactaron y litificación, dieron lugar a las rocas sedimentarias que hoy afloran en varias zonas de Colombia, y que forman la base estructural de muchas de las cuencas actuales, incluida la microcuenca de la Quebrada La Patilla.

A medida que avanzaba el Cretácico Superior, el mar comenzó a retroceder, y grandes áreas de tierra emergieron gradualmente, marcando el fin de la transgresión marina.

Dentro de las unidades geológicas formadas en este tiempo geológico, en la microcuenca de la Quebrada la Patilla se pueden evidenciar las siguientes:

Formacion Cogollo

Descripción autor previo de estudio

En el área de estudio se levantó el techo de la Formación Cogollo correspondiente al Miembro Guayacán, el cual consta de capas tabulares muy gruesas de shales negros y calizas micríticas a biomicríticas con contactos netos concordantes, paralelos continuos (Osorio, 2017)

La base del Miembro Guayacán se compone de capas tabulares de shales negros a gris oscuro, con algunas intercalaciones esporádicas de arenitas piritosas de color gris oscuro y capas muy gruesas (oscilan entre 1 a 3 mts) de calizas biomicríticas masivas (wackstone) gris medio, con bivalvos (Osorio, 2017).

Hacia el techo se puede observar una intercalación de capas gruesas a muy gruesas de shales negros y calizas de color gris oscuro, con aloquímicos correspondientes a 40% de bivalvos (Osorio, 2017)

Descripción Litológica

La litología encontrada en el área trabajada consiste en afloramientos de capas gruesas tabulares con un contacto neto planar de calizas tipo wackstone (Dunham) biomicrita (Folk) de color gris claro, capas muy gruesas tabulares con láminas de shale de color gris oscuro con un contacto neto semiondulado y capas gruesas tabulares con un contacto neto planar de litoarenitas de color Marrón oscuro. En la microcuenca de la Quebrada la Patilla, aflora el miembro Guayacan, el cual posee la litología de Calizas con Shales que mencionaba el autor contemplado como referente bibliográfico

Contacto

La Formación Cogollo se evidencio en contacto con la Formación La Luna (siendo la Fm La Luna el contacto suprayacente de la Fm Cogollo).

Edad

la edad de la Formación Cogollo es Cenomaniano (Cretácico Superior) basado en Plicatula, Exogyra, Trigonia, Cordita y Ostrea (Sutton, 1946)

Espesor

El espesor no fue posible determinarlo con exactitud ya que no se encontró en el área de trabajo la base de la Formación (miembro inferior, medio). Sin embargo, Notestein menciona que su espesor varia de 225 y 218 metros respectivamente en los anticlinales de Tibú y Socuavó, por otro lado en el anticlinal de Rio de Oro presenta un espesor de 175 metros (Notestein & Bowler, 1944)

Figura 45. Unidad Litoestratigráfica Formación Cogollo



Fuente: Autor

Figura 46. Muestra de Caliza de la Formación Cogollo



Fuente: Autor

Figura 47. Muestra de mano de Caliza con bivalvos de la Formación Cogollo



Fuente: Autor

Formación La Luna

Descripción autor previo de estudio

En la sección de la Quebrada La Patilla se realizó el levantamiento estratigráfico de la Formación La Luna teniendo un espesor total de 70.9 metros (Osorio, 2017)

En la sección desde el punto de vista litológico hacia la base se encuentra el Miembro La Aguada como una intercalación de capas de calizas biomicríticas medianas a delgadas de color gris oscuro intercalado con limolitas calcáreas, suprayaciendo descansa el Miembro Chejendé que presenta una intercalación abundante de shales y limolitas calcáreas con capas de calizas biomicríticas a micríticas gris oscura con olor a hidrocarburo y concreciones calcáreas de aproximadamente 30 cm, sobre este Miembro concordantemente descansa el Miembro Tímbetes con una intercalación de chert negro tabular con foraminíferos y calizas con concreciones de aproximadamente 80 cm, con la presencia de dos niveles de roca fosfática hacia el techo, suprayaciendo se encuentra el Miembros Ftanita del Táchira como una intercalación de capas tabulares de chert con foraminíferos y calizas biomicríticas a micríticas (Osorio, 2017)

Descripción Litológica

La litología encontrada fueron capas delgadas tabulares con un contacto concordante neto planar de caliza tipo wackstone (Dunham); biomicrita (Folk) de color gris oscuro, capas delgadas tabulares con un contacto concordante neto planar limolitas calcáreas de color gris medio intercaladas entre sí. Esta Formación Aflora en la Quebrada el Ejido y en el cauce principal de la Quebrada La Patilla, donde se encontró el contacto de esta con la Formación Cogollo. Posteriormente, siguiendo aguas arriba de la Quebrada la Patilla se evidenciaron intercalaciones entre calizas wackstone(Dunham) y Biomicrita (Folk) de color gris oscuro con presencia de concreciones y con shale calcáreos de color gris medio y chert de color negro. Cabe destacar que el techo de la formación no fue cartografiado, debido a que la sección superior no afloraba en el área de la Microcuenca de la Quebrada La Patilla.

Contacto

La Formación La Luna tiene un contacto infrayacente con la Formación Cogollo la cual presenta un contacto concordante neto (Ver Figura 48), el mismo fue cartografiado en el margen izquierdo del cauce principal de la Quebrada La Patilla (Aguas arriba). Sin embargo, el contacto suprayacente que se ha reportado por autores con la Formación Colón- Mito Juan no fue encontrado en la microcuenca, justificandose en que el mismo se encuentra por fuera de la misma, donde dicha formación posee un contacto fallado con el basamento.

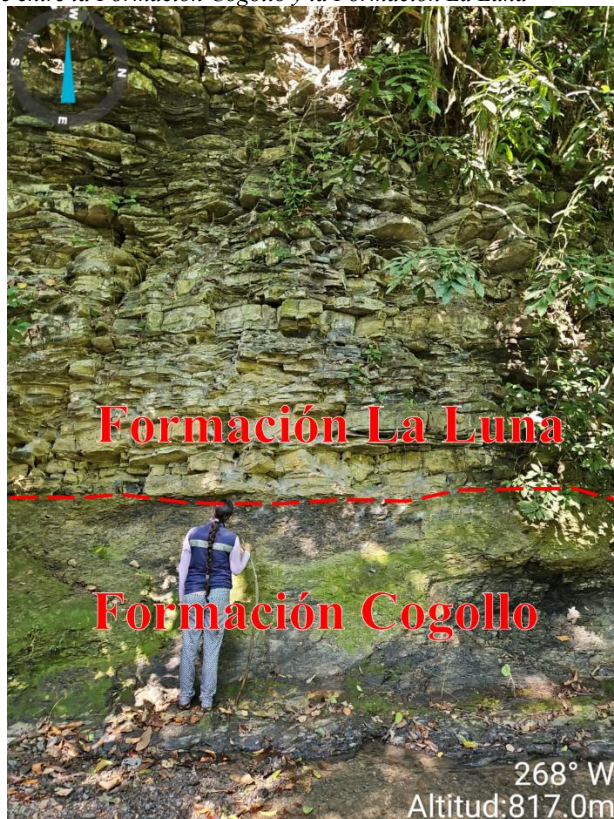
Edad

Turoniano (Sutton, 1946)

Espesor

El espesor determinado para nuestra área de estudio fue de 35 m aproximadamente, ya que no se cartografió completa la unidad litoestratigrafica por estar por fuera del area de influencia de la microcuenca de la Quebrada La Patilla varia en espesor.

Figura 48. Contacto concordante entre la Formación Cogollo y la Formación La Luna



Fuente: Autor

Figura 49. Unidad Lito estratigráfica Formación La Luna



Fuente: Autor

Figura 50. Muestra de Mano de caliza de la Fm La Luna



Nótese los fósiles de conchas y bivalvos

Fuente: Autor

Figura 51. Fossil de Amonite encontrado en la Fm La Luna, en la Quebrada La Patilla



Fuente: Autor

Es importante destacar que en estudios geológicos realizados anteriormente en la Quebrada La Patilla, Osorio en 2017 menciona la presencia de Amonite *Coilopocera springeri Hyat.*, el cual puede ser el espécimen encontrado en este trabajo de grado (en el Cauce de la Quebrada La Patilla).

Debido al contenido fosilífero de las Rocas de la Formación La Luna, la Quebrada La Patilla es muy visitada, posicionándola como uno de los principales Sitios Geoturísticos en el municipio de Salazar de las Palmas

Cenozoico

La era Cenozoica, que se extiende desde hace unos 66 millones de años hasta la actualidad, es la era geocronológica más reciente en la historia de la Tierra. Durante este período, se produjeron una serie de eventos geológicos clave que transformaron profundamente el paisaje de lo que hoy es Colombia.

Uno de los fenómenos más significativos de la era Cenozoica fue el levantamiento de la Cordillera de los Andes, un proceso tectónico que tuvo un impacto crucial en la geología del país. Donde la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana en el cretácico tardío generó enormes tensiones que dieron lugar al empuje y elevación de los Andes, configurando una de las principales cadenas montañosas del mundo. Cabe destacar que este proceso tectónico también fue responsable de la formación de cuencas sedimentarias, donde se acumulaban materiales provenientes de la erosión y del transporte fluvial, incluidos sedimentos fluviales y lacustres.

De esta era geocronológica, podemos destacar las siguientes unidades litoestratigráficas aflorantes en el área de interés:

Depósitos Cuaternarios (Q)

Esta unidad corresponde a depósitos clásticos de origen aluvial, coluvial y antrópicos que marcan los eventos sedimentológicos más recientes.

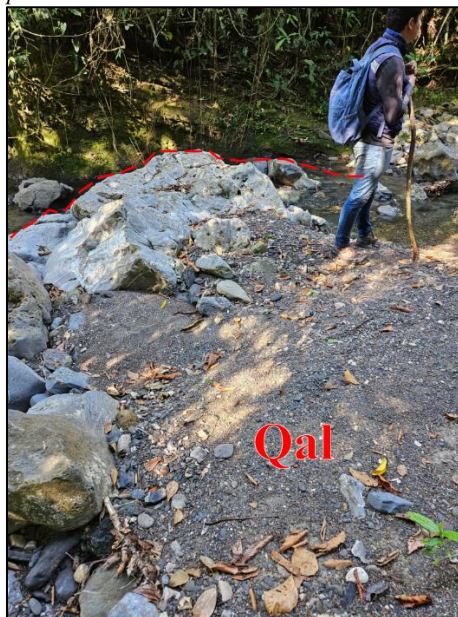
Depósito Cuaternario Aluvial (Qal)

Los depósitos aluviales están principalmente localizados en áreas cercanas a sistemas de drenaje, donde predominan sedimentos de naturaleza clástica. Estos materiales, soportados por clastos de bloques, gravas y guijarros angulosos con baja esfericidad, suelen estar acompañados por una matriz de materiales finos de tonalidad café. Su composición polimíctica incluye una

diversidad de fragmentos que varían desde rocas sedimentarias hasta componentes calcáreos altamente fracturados.

Por lo tanto, los depósitos aluviales en la microcuenca de la Quebrada La Patilla presentan una notable variabilidad a lo largo de su extensión, con una clara diferenciación entre las zonas de alta y baja energía del sistema fluvial. En la parte media y baja de la microcuenca, los grandes bloques de roca calcárea son comunes debido a que estos materiales han sido transportados en episodios de alta energía durante periodos de crecidas generadas por intensas precipitaciones. Estos bloques, que provienen en su mayoría de la Formación La Luna, son arrastrados por las altas corrientes de los cauces permanentes como la Quebrada La Patilla y la Quebrada El Ejido. Dado su gran tamaño y alta densidad, estos fragmentos calcáreos se depositan en zonas de baja pendiente, donde la energía del flujo es lo suficientemente baja como para permitir que se acumulen.

Figura 52. Unidad Lito estratigráfica Depósito Aluvial



Fuente: Autor

Depósito Cuaternario de Terraza (Qt)

Los depósitos de terraza aluvial en la microcuenca de la Quebrada La Patilla representan acumulaciones estratificadas de materiales finos que se han originado por la disminución progresiva de la energía fluvial durante eventos de sedimentación en antiguos niveles de cauce. Estas terrazas se localizan principalmente en las zonas de baja pendiente adyacentes al cauce

aluvial, donde el flujo de agua pierde velocidad y con ello su capacidad de transportar partículas de mayor tamaño.

Estos depósitos están constituidos predominantemente por materiales de granulometría fina, como limos, arcillas y arenas finas, que presentan una textura homogénea y una tonalidad característica café a pardo-grisácea, resultado de procesos de oxidación en ambientes de saturación intermitente. En su composición mineralógica, estos sedimentos muestran una marcada polimictia, con una mezcla de fragmentos derivados de rocas sedimentarias, como lutitas y arenitas, y componentes calcáreos altamente fracturados, los cuales provienen del retrabajo de materiales más antiguos pertenecientes a unidades como la Formación La Luna.

Estos depósitos reflejan una historia de sedimentación fluvial, donde la actividad del cauce principal de la Quebrada La Patilla experimentó fases de estabilidad relativa en su perfil de equilibrio, favoreciendo la acumulación de los mismos.

Figura 53. Unidad Lito estratigráfica Depósito de Terraza



Fuente: Autor

Depósito Cuaternario Coluvial Activo (Qco)

Los depósitos cuaternarios coluviales activos (Qco) en la microcuenca de la Quebrada La Patilla se caracterizan por su composición mixta, donde se encuentran materiales finos como lodos que soportan bloques angulosos de calizas y chert. Estos depósitos coluviales se forman en las

zonas de pendientes más pronunciadas, donde la erosión gravitacional transporta materiales desde las áreas más altas hacia los valles y zonas de ladera baja.

En las áreas donde afloran estos depósitos, como a lo largo de la carretera Santiago-Salazar, es común encontrar lodolitas disgregadas provenientes de la Formación Cogollo. Las lodolitas se presentan en forma de fragmentos que han sido sometidos a procesos de meteorización y desintegración en las laderas empinadas de la región, y que son arrastrados por los flujos superficiales hacia las áreas más bajas. Además de las lodolitas, también se evidencian depósitos de guijarros y bloques de calizas que han sido fragmentados a partir de los macizos rocosos presentes en los escarpes de erosión circundantes. Estos fragmentos rocosos de caliza y chert, al ser transportados, se depositan en las zonas de baja pendiente, formando capas de material suelto que se acumulan en las áreas de contacto entre las laderas y los valles.

Figura 54. Unidad Lito estratigráfica Depósito Coluvial Activo



Fuente: Autor

Por lo tanto, este tipo de materiales en la microcuenca refleja una constante dinámica de transporte de materiales debido a la erosión que afecta a las zonas de ladera, donde los bloques de rocas más duras y resistentes se fragmentan y se desplazan hacia las zonas más bajas bajo la influencia de procesos gravitacionales.

Depósito Cuaternario Antrópico de Lleno mixto (Qallmx)

Estos depósitos en la microcuenca de la Quebrada La Patilla son sedimentos que han sido transportados artificialmente por actividades humanas que tienen como objetivo nivelar o

homogeneizar el terreno. Estos depósitos se componen por una mezcla heterogénea de materiales traídos de diversas fuentes externas, con el fin de modificar las características del relieve original y adaptarlo para distintos usos, como la adecuación para vivienda o la agricultura.

Figura 55. Unidad Lito estratigráfica Depósito de lleno mixto



Fuente: Autor

En estos depósitos, el material de relleno se caracteriza por una predominancia de arenas y sedimentos finos traídos de otras zonas, que son utilizados para rellenar irregularidades del suelo o elevar el nivel de las tierras bajas. Por tanto, los sedimentos de tamaño arenas suelen ser de origen externo, a menudo provenientes de canteras cercanas o de depósitos aluviales, y son empleadas por su capacidad para facilitar la compactación del suelo y mejorar su estabilidad. La arena se mezcla con sedimentos locales como limos y arcillas, creando un relleno polimíctico que puede incluir fragmentos de rocas de diversa naturaleza.

Estos rellenos son comúnmente utilizados para nivelar terrenos en pendientes moderadas o bajas, facilitando la construcción de vías de acceso, parcelas agrícolas o zonas urbanas. Los bloques rocosos o fragmentos calcáreos que se integran en la mezcla suelen ser materiales de desecho de actividades de construcción o excavación. En muchos casos, estos rellenos se depositan sobre terrenos no consolidados, alterando las propiedades físicas y químicas del suelo original, lo que puede tener implicaciones para la dinámica de escorrentía, infiltración de agua y comportamiento geotécnico del terreno.

Cabe destacar que desde el punto de vista geomorfológico, los depósitos de lleno mixto se encuentran generalmente en áreas donde las irregularidades del terreno necesitan ser corregidas para facilitar el uso agrícola o la expansión urbana.

Unidades Geológicas Para Ingeniería

La geología para ingeniería se refiere al estudio de los materiales geológicos expuestos en la superficie terrestre, que incluyen tanto suelo como roca, y cuya clasificación se realiza desde un enfoque ingenieril (SGC, 2017). Esta disciplina tiene como objetivo comprender las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que forman la superficie del terreno, con el fin de evaluar su comportamiento ante fenómenos externos como procesos naturales amenazantes.

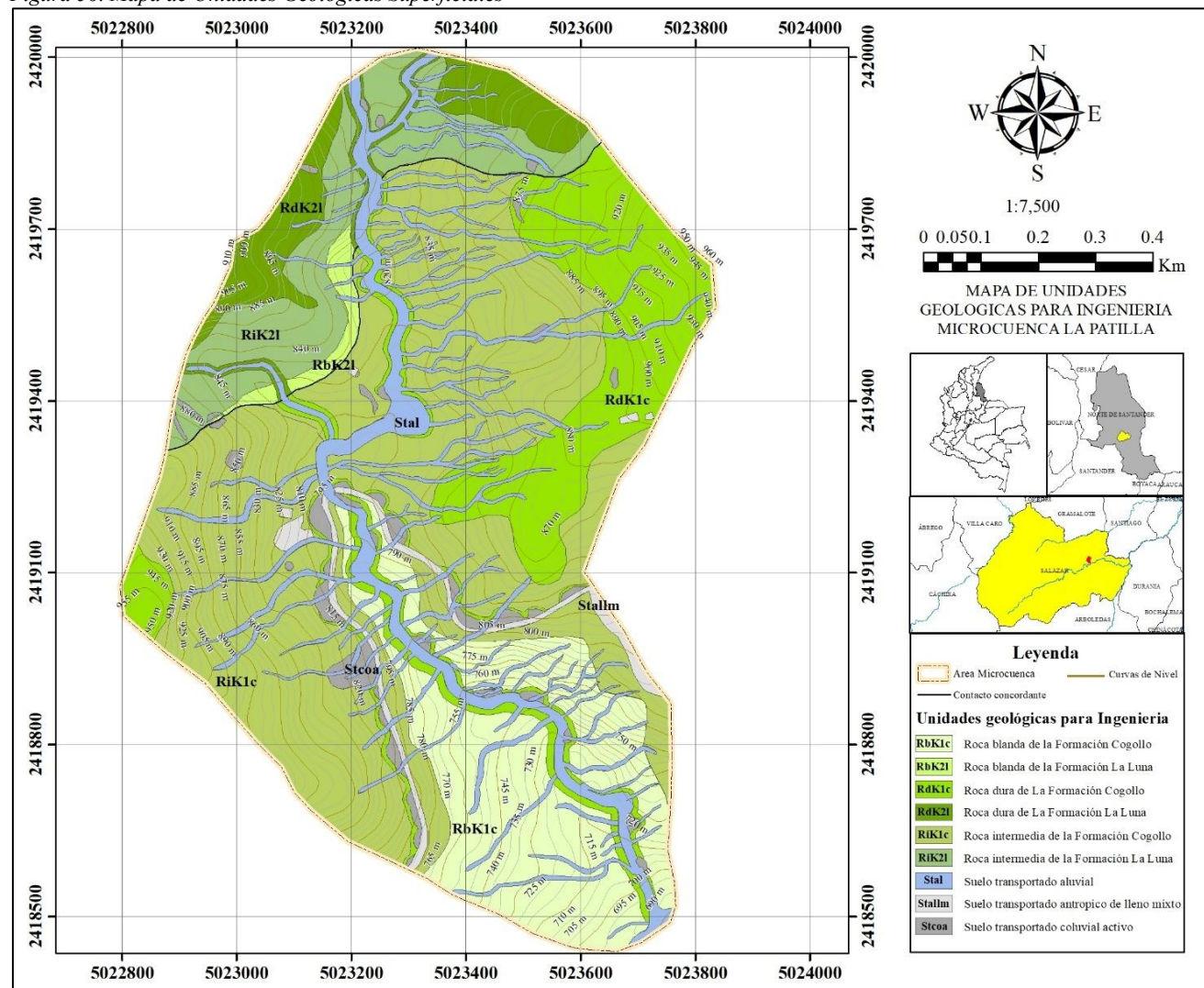
En este contexto, las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) pueden definirse como un conjunto homogéneo de materiales geológicos que afloran en la superficie terrestre. Estos materiales comparten un origen común y mantienen en general características fisicoquímicas, geomecánicas y físicas similares durante varias decenas de metros por debajo de la superficie. Dichas unidades se componen de rocas y suelos que, aunque pueden mostrar ciertas variaciones localizadas, conservan un comportamiento geotécnico coherente dentro de un área determinada (Hermelín, 1985).

Para el desarrollo del presente estudio, se generó una cartografía siguiendo la metodología mencionada en el apartado correspondiente, donde se identificó, clasificó y se mapeó detalladamente las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) del área de estudio, lo cual permite identificar las distribuciones espaciales y las variaciones en las características geológicas del terreno. Este mapa se construyó a partir de una meticulosa fotointerpretación y se complementó con levantamientos de campo para validar la información y proporcionar una perspectiva precisa y representativa de las UGI en el contexto local. Con base en este análisis, fue posible calcular la distribución porcentual de las diferentes unidades geológicas presentes en la zona, lo cual facilita la identificación de las áreas más apropiadas para diferentes tipos de proyectos de ingeniería.

A continuación, se presenta una descripción detallada de las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) identificadas en el área de estudio, que fueron clasificadas según su composición litológica, propiedades mecánicas y comportamiento geotécnico. Cada una de estas unidades ha

sido validada a través de trabajos de campo, permitiendo una interpretación geológica precisa de los materiales y su idoneidad para diversas aplicaciones ingenieriles.

Figura 56. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales



Fuente: Autor

Tabla 3. Unidades Geológicas para Ingeniería y su distribución en área

Unidad Geológica para Ingeniería	Acrónimo	Área (Ha)	%
Roca blanda de la Formación Cogollo	RbK1c	15,62	14,61
Roca blanda de La Formación La Luna	RbK2l	1,09	1,02
Roca dura de la Formación Cogollo	RdK1c	16,58	15,51
Roca dura de la Formación Cogollo	RdK2l	5,79	5,42
Roca intermedia de la Formación Cogollo	RiK1c	40,70	38,07
Roca intermedia de la Formación Cogollo	RiK2l	8,63	8,07
Suelo transportado aluvial	Stal	14,21	13,29

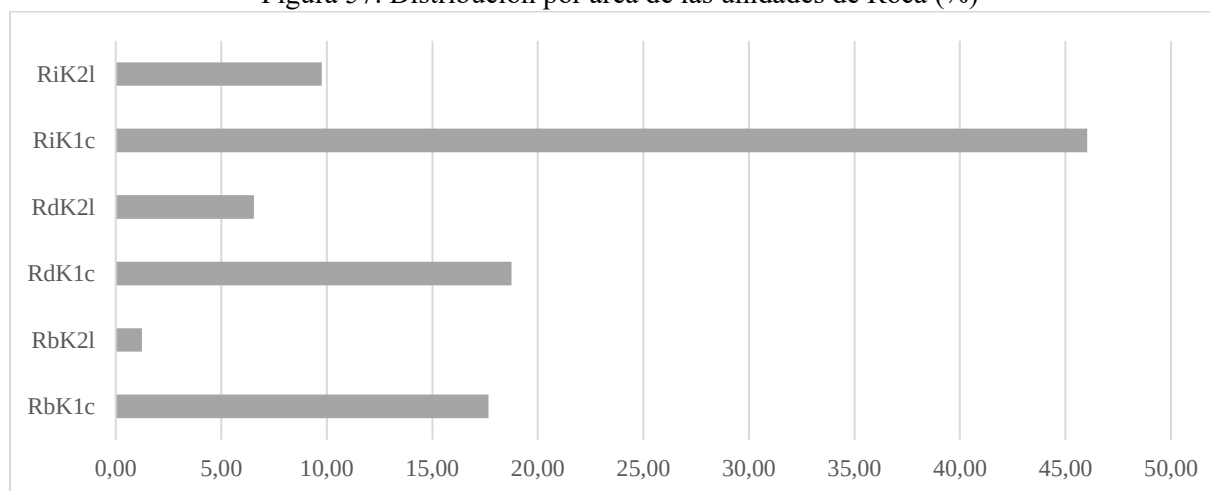
Suelo transportado antropico de lleno mixto	Stallm	1,92	1,80
Suelo transportado coluvial activo	Stcoa	2,36	2,21

Fuente: Autor

Unidades de roca

Las unidades de roca se definen como masas continuas o conjuntos de rocas que presentan un grado significativo de homogeneidad en sus propiedades geológicas superficiales, tales como composición mineralógica, estructura y características geotécnicas. En este subapartado, se procede a la delimitación y descripción detallada de las unidades rocosas identificadas en la microcuenca, así como de los macizos rocosos que han sido cartografiados en el área de estudio. La clasificación y descripción de estas unidades sigue el orden sugerido por el Servicio Geológico Colombiano (2017), iniciando con aquellas unidades de calidad muy buena hasta las unidades de calidad muy mala.

Figura 57. Distribución por área de las unidades de Roca (%)



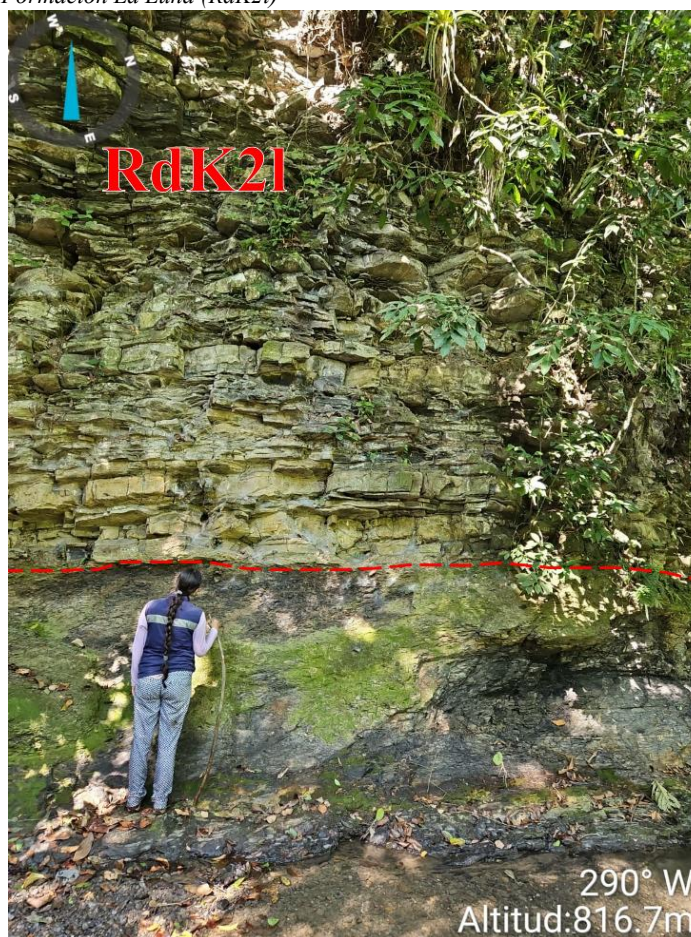
Fuente: Autor

Roca dura de La Formación La Luna (RdK2l)

La roca dura de la Formación La Luna es una roca calcárea compacta que presenta una estructura homogénea con una resistencia a la compresión estimada entre 50 y 100 MPa (ya que se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla), similar a la roca dura de la Formación Cogollo. Esta unidad se distingue por su alta dureza y su baja susceptibilidad a la meteorización, lo que le confiere una gran estabilidad en entornos donde se requiere resistencia a la compresión y durabilidad. Los planos de estratificación son poco visibles, pero se presentan fracturas finas en las superficies de discontinuidad.

Aunque su resistencia es considerable, debe ser tratada con precaución en áreas donde los cortes o excavaciones sean necesarios, ya que la compactación y el bloqueo de las fracturas pueden generar dificultades durante las excavaciones, especialmente en presencia de agua subterránea.

Figura 58. Roca dura de la Formación La Luna (RdK2l)



Fuente: Autor

Roca dura de la Formación Cogollo (RdK1c)

La roca dura de la Formación Cogollo presenta una composición calcárea más consolidada, con un rango de resistencia a la compresión estimado entre 50 y 100 MPa (ya que se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla), clasificándola como una roca dura (R4 en la clasificación ISRM). Esta unidad geológica tiene una textura masiva con pocas fracturas visibles, lo que indica una baja permeabilidad y una alta estabilidad estructural. Aunque es difícil de fracturar con el martillo, la roca puede presentar discontinuidades a lo largo de los planos de estratificación, lo que podría generar amenazas de movimientos en masa o fractura en zonas de corte.

Figura 59. Roca dura de la Formación Cogollo (RdK1c)



Fuente: Autor

Roca intermedia de la Formación La Luna (RiK2l)

La roca intermedia de la Formación La Luna es una roca calcárea más densa y compacta, que presenta una resistencia a la compresión de entre 25 y 50 MPa (ya que con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse, sin embargo con la navaja no puede tallarse). Su estructura masiva y fuerte unión entre partículas le confiere una mayor resistencia en comparación con otras formaciones intermedias. Esta roca es moderadamente resistente a los esfuerzos de compresión, pero sus fracturas pueden ser más complejas debido a su origen sedimentario y la presencia de diaclasas internas.

Figura 60. Roca intermedia de la Formación La Luna (RiK2l)



Fuente: Autor

Su resistencia es adecuada para proyectos de infraestructura de menor escala, aunque, como en las unidades anteriores, se deben tomar en cuenta las discontinuidades estructurales y la

meteorización superficial que podría afectar la estabilidad a largo plazo en terrenos húmedos o sujetos a movimientos sísmicos.

Roca intermedia de la Formación Cogollo (RiK1c)

La roca intermedia de la Formación Cogollo se caracteriza por una composición calcárea menos consolidada que las rocas duras, con una resistencia a la compresión estimada entre 25 y 50 MPa (R3 en la clasificación ISRM). Esta unidad presenta una gran capacidad de compresión y una moderada resistencia al desgaste.

Figura 61. Roca intermedia de la Formación Cogollo (RiK1c)



Fuente: Autor

La roca intermedia tiene un comportamiento geotécnico estable, pero debe ser monitoreada por su propensión a la deformación en áreas con alta carga estructural. A nivel de campo, los bloques de roca son generalmente fracturables bajo presión, y las discontinuidades pueden ser estrechas y no muy profundas.

Roca blanda de la Formación La Luna (RbK2l)

La roca blanda de la Formación La Luna está compuesta por calizas de origen sedimentario con estratificación uniforme. Esta unidad se caracteriza por una resistencia baja, similar a la de otras rocas blandas, con un rango estimado de 1 a 5 MPa. En campo, esta roca muestra signos evidentes de meteorización química, con fracturas abiertas y decoloración en las superficies, lo que facilita su fracturación con golpes moderados. La textura es principalmente porosa (por la porosidad secundaria) y fracturada, lo que favorece la penetración de agua y facilita la desintegración bajo condiciones húmedas.

Figura 62. Roca blanda de la Formación La Luna (RbK2l)



Fuente: Autor

Al igual que la Formación Cogollo, la roca es fácilmente excavable y puede ser utilizada en terrenos de baja exigencia estructural, pero no es adecuada para excavaciones profundas sin estabilización, ya que su resistencia limitada y la presencia de estructuras de falla pueden comprometer la estabilidad de las construcciones en contacto directo con ella

Roca blanda de la Formación Cogollo (RbK1c)

La roca blanda de la Formación Cogollo es una unidad geológica compuesta principalmente por sedimentos calcáreos altamente meteorizados, que se caracterizan por una textura fragmentada y un comportamiento geotécnico relativamente débil. La resistencia a la compresión de esta roca es moderada, con un rango aproximado de 1 a 5 MPa, lo que la clasifica como una roca muy blanda (R1 según la clasificación ISRM). A nivel de campo, se observa que la roca se desmenuza fácilmente al golpearla con la punta del martillo y puede ser moldeada con facilidad utilizando una navaja, lo que indica una meteorización avanzada de tipo saprolito.

Su estructura es cizallada y presenta una fábrica relictas que ha sido parcialmente alterada, aunque aún conserva algunas características de estratificación. Debido a su baja resistencia y su alta propensión a la fragmentación, esta unidad es adecuada para usos donde no se requiera una alta resistencia.

Figura 63. Roca blanda de la Formación Cogollo (RbK1c)

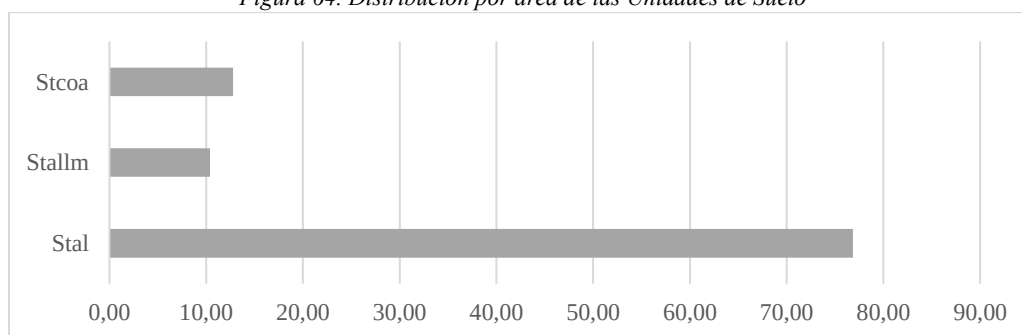


Fuente: Autor

Unidades de suelo

Desde el enfoque ingenieril, las unidades de suelo están compuestas por materiales superficiales sueltos o blandos, que se originan de manera natural a partir de procesos geológicos, como la erosión y la alteración fisicoquímica. Donde, estos suelos pueden clasificarse en suelos residuales o de alteración, y suelos transportados, dependiendo de su origen y el proceso mediante el cual se han formado.

Figura 64. Distribución por área de las Unidades de Suelo



Fuente: Autor

Cabe destacar que, los suelos residuales son aquellos que se desarrollan in situ sobre la roca madre, debido a la meteorización de las rocas bajo la acción de agentes como el clima, la vegetación y el tiempo. Sin embargo, en el caso de la microcuenca de la Quebrada La Patilla, no se han identificado suelos residuales significativos, por lo que se hace énfasis en los suelos transportados, que son aquellos que han sido movilizados y depositados por diferentes agentes erosivos.

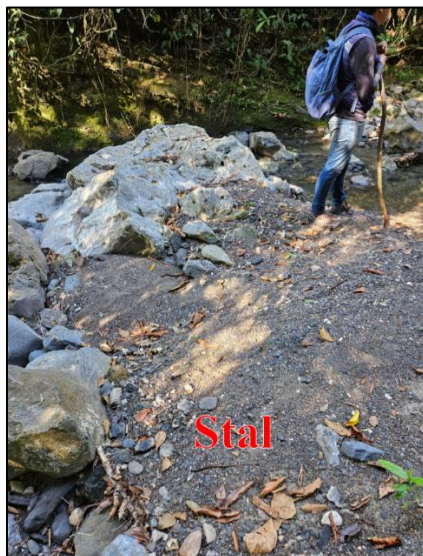
A continuación, se realiza la delimitación y descripción detallada de las unidades de suelo presentes en el área de interés. En primer lugar, se abordan los suelos transportados, los cuales son resultado de procesos de erosión fluvial, coluvial y antropogénica. Estos suelos se clasifican de acuerdo con el agente erosivo responsable de su transporte y acumulación.

Suelo Transportado Aluvial (Stal)

El suelo transportado aluvial (Stal) se caracteriza por la acumulación de sedimentos fluviales transportados y depositados por los ríos y cauces aluviales en la microcuenca. Este suelo es predominantemente granulometría fina y presenta una composición heterogénea, formada por una mezcla de arenas finas, limos y arcillas que han sido depositadas en zonas de baja energía, tales como planicies de inundación y zonas de remanso. El comportamiento geotécnico de este suelo está estrechamente relacionado con su composición granular.

En campo, este tipo de suelo es fácilmente penetrable con una pico o una puntilla, lo que indica que posee una alta capacidad de deformación bajo carga. Su textura es predominantemente luminosa a grisácea y se presenta con partículas sueltas que tienden a compactarse fácilmente en comparación con otros tipos de suelos.

Figura 65. Suelo Transportado Aluvial



Fuente: Autor

Suelo Transportado Coluvial Activo (Stcoa)

El suelo transportado coluvial activo (Stcoa) se forma a partir de sedimentos que han sido transportados y depositados por procesos gravitacionales en laderas empinadas o áreas de pendiente pronunciada. Este suelo se caracteriza por su granulometría variable, donde predominan

los bloques de rocas calcáreas fracturadas, guijarros y materiales finos, como limos y arcillas, que han sido transportados por los movimientos de masas y deslizamientos.

En campo, el suelo coluvial activo se caracteriza por una alta heterogeneidad, con fragmentos de rocas grandes calcáreas intercalados con materiales más finos, lo que crea una estructura inestable y difícil de compactar. Este tipo de suelo muestra resistencia moderada a la deformación, pero alta susceptibilidad a movimientos en masa y erosión, especialmente en áreas con pendientes mayores. Debido a la presencia de materiales gruesos y a su estructura heterogénea, el suelo tiene baja cohesión en áreas con una gran cantidad de fragmentos grandes, lo que lo hace susceptible a la movilidad bajo condiciones de alta humedad o saturación por lluvias intensas.

Figura 66. Suelo Transportado Coluvial Activo



Fuente: Autor

A nivel de campo, este suelo es difícil de excavar y requiere el uso de herramientas pesadas para la excavación.

Suelo Transportado Antropico de Lleno Mixto (Stallm)

El suelo transportado antrópico de lleno mixto (Stallm) se origina a partir de actividades humanas que han implicado el relleno de terrenos con materiales de diversas fuentes, como arenas, guijarros, bloques de roca o sedimentos calcáreos.

El comportamiento geotécnico del suelo es muy variable, dado que los materiales de relleno son de diferentes naturalezas, lo que puede generar zonas más densas y otras de baja

densidad. En las zonas donde se han depositado gravas y bloques de mayor tamaño, el suelo puede mostrar una resistencia considerable, mientras que, en áreas con sedimentos más finos o materiales de relleno no consolidados, la resistencia puede ser menor y susceptible a la erosión. A nivel de campo, estos suelos pueden ser penetrados con una pala o un pico, dependiendo de la heterogeneidad del relleno, y se presentan con una textura variable, ya que la mezcla de materiales da como resultado una estructura irregular y discontinua.

Figura 67. Suelo Transportado Antropico de Lleno Mixto



Fuente: Autor

BIBLIOGRAFIA

- Alcaldía Municipal de Salazar de las Palmas Norte de Santander. (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial Salazar de las Palmas Norte de Santander 2002: EOT Salazar de las Palmas Norte de Santander 2002*. Obtenido de ESAP: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/handle/20.500.14471>
- Arcila, M. G. (2017). *Modelo de zonas sismogénicas para la evaluación de la amenaza sísmica de Colombia*. fdsdfsdf.
- Caracol Radio. (2023). *Autoridades de Salazar en alerta por fuertes lluvias*. Obtenido de <https://caracol.com.co/2023/04/27/autoridades-de-salazar-en-alerta-por-fuertes-lluvias/>
- Caracol Radio. (2023). *Lluvias dejan graves afectaciones a las vías en Salazar de las Palmas*. Obtenido de <https://caracol.com.co/2023/01/17/lluvias-dejan-graves-afectaciones-a-las-vias-en-salazar-de-las-palmas/>
- Cardinali, Reichenbach, Guzzetti, Ardizzone, Antonini, Galli & Salvati. (2002). *A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria. Central Italy: Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2(1/2), 57-72.
- Carvajal, J. H. (2002). *Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por INGEOMINAS*. Bogotá: Documento interno sometido a discusión y modificaciones. Instituto Colombiano de Geología y Minería.
- Castro & Bernal . (1992). *Localización Preliminar de Amenazas en el Departamento de Norte de Santander*. Bucaramanga: Ministerio de Minas y Energía - INGEOMINAS.
- Chinchilla . (2015). *Determinación de la Susceptibilidad por Fenómenos de Remoción en Masa en Gramalote Norte de Santander*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- Chow, Maidment & Mays. (1988). *Applied hydrology*. New York: McGraw-Hil.
- Cifuentes & Sarabia. (2006). *Estudio Macrosísmico del Sismo del 18 de Mayo de 1875, Cúcuta (Norte de Santander)*. Bogotá: INGEOMINAS.
- Colorado & Córdoba. (2015). *Estudio de Zonas de Remoción en Masa por Deslizamiento de Tierras para el Área Metropolitana de Cúcuta utilizando Herramientas SIG*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- CORNARE. (2011). *Evaluación y zonificación de Riesgos por avenida torrencial, inundación y deslizamientos y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de LA CEJA*. LA CEJA.
- CORPONOR. (2009). *Cuencas Hidrográficas de Segundo Orden*.
- CORPONOR. (2010). *Resumen Ejecutivo POMCH Zulía*. Obtenido de Corponor: <https://www.corponor.gov.co/images/file/Resumen%20Ejecutivo%20POMCH%20Zulia.pdf>

- CORPONOR. (2018). *Plan Integral de Cambio Climático Departamento Norte de Santander*. San José de Cúcuta: CORPONOR - Universidad Francisco de Paula Santander.
- Correa, N. (2012). *Método para la caracterización de las formas del terreno en zonas de montaña utilizando Modelos Digitales de Elevación. Caso: Departamento del Cauca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Dearman. (1974). *Weathering classification in the characterisation of rock for engineering purposes in British practice*. Bulletin of Engineering Geology & the Environment, 9(1).
- Del Rio. (1943). *Reconocimiento Geológico de la Zona de Deslizamientos de el Acueducto de Cúcuta*. Bogotá: Ministerio de Minas y Petroleos - Servicios Tecnico - Geologia.
- Díaz & Guevara. (2020). *Caracterización Hidrológica y de Calidad de Agua de la Quebrada Tonchalá de la Ciudad de San José de Cúcuta (Norte de Santander)*. Bogota: Univerdidad de Santo Tomas.
- Dikau, R. (1989). *The application of a digital relief model to landform analysis*. Londres: In: Raper, J.F. (Ed.), *Three dimensional applications in Geographical Information Systems*. Londres: Taylor and Francis.
- Duarte. (2013). *NAS DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTOS, A PARTIR DE MODELAMIENTO DE DATOS ESPACIALES PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA*. San José de Cúcuta.
- Dunham. (1962). *Classification of carbonate rocks according to depositional texture*.
- Flórez, Medrano, Sarmiento & Flozano. (2005). *Análisis y Recopilación de Información Secundaria para la Elaboración de la Microzonificación Sísmica Preliminar de San José de Cúcuta, Colombia*. Revista Respuestas, 31 - 41.
- Folk. (1974). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill publishing company.
- Gáfarro . (2013). *onas de Amenazas por Deslizamientos, a Partir de Modelamiento de Datos Especiales para el Casco Urbano del Municipio de San José de Cúcuta*. San José de Cúcuta: San José de Cúcuta: Universidad Nacional, Abierta y a Distancia (UNAD).
- Gaspari, Díaz, Delgado & Senisterra. (2015). *Evaluación del Servicio Ambiental de provisión hídrica en cuencas hidrográficas del sudeste bonaerense*. Argentina.
- Gobernacion del Departamento de Norte de Santander. (2018). *Mapa de Precipitacion Media Anual Departamento Norte de Santander*. Cucuta.
- Hermelín, M. (1985). Suelos, Rocas y Formaciones Superficiales. *DYNA* (106), 25-29.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100,000*. Bogotá, D. C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. , 72p.

- IDEAM. (2011). *Memoria Descriptiva Mapas de Inundación Departamento de Norte de Santander. Norte de Santander*. Instituto de Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales (IDEAM).
- IDEAM. (2017). *CURVA IDF ESTACION SALAZAR 1602503*.
- IDEAM. (2025). *Consulta de Datos hidrometereologicos*. Obtenido de IDEAM: <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- INGEOMINAS. (19922015). *Localización preliminar de amenazas en el Departamento de Norte de Santander*.
- International Society for Rock Mechanics (ISRM). (1981). *Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Suggested Methods*. (E. T. Brown, Ed.). Londres: Oxford: Pergamon Press.
- MinVivienda. (2015). *Decreto 1077 del 2015*. Obtenido de Funcion Publica: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216>
- Montserrat, J. (1985). Forma de una cuenca de drenaje, análisis de variables morfométricas que nos la definen. . Revista de Geografía, 19.
- Moya, C. &. (2008). *A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes*. . Engineering geology, 102(3-4), 193-213.
- Notestein & Bowler. (1944). *Geology of the Barco Concession, Republic of Colombia, South America*. Bogota: Bulletin of the Geological Society of America_ Vol. 55, 1165-1216.
- OAS. (2022). *Estrategias de mitigación de amenazas en la planificación del desarrollo*. Obtenido de <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea57s/ch008.htm>
- OAS. (2022). *Strategies for specific hazards*. Obtenido de Organization of American States: <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea54e/ch11.htm>
- OPPENHEIM. (1951). *TEORIA DE LA EVOLUCION DE LOS ANDES SURAMERICANOS*.
- Organization of American States. (1987). *Landslide Hazard on Dominica, West Indies*. Washington, D.C.
- Oriente Noticias Canal TRO. (2020). Obtenido de Alerta roja por deslizamientos en Ábrego, Arboledas y Salazar de las Palmas, Norte de Santander.: <https://www.youtube.com/watch?v=nBZRhdCcUTY>
- Osorio. (2017). *POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA, ESPESOR Y GÉNESIS DE LOS NIVELES DE ROCA FOSFÓRICA DE LA FORMACIÓN LA LUNA EN LA QUEBRADA LA PATILLA EN EL MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, NORTE DE SANTANDER. COLOMBIA*. SALAZAR DE LAS PALMAS, NORTE DE SANTANDER. COLOMBIA: Universidad de Pamplona.

- República de Colombia. (2010). *Resolución número 285 de 2010*. Obtenido de https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/20658/Res_285_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes, A. U. (2010). *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuenca hidrográficas. Santiago de Cali, Colombia*. Santiago de Cali: Programa editorial Universidad del Valle.
- Salazar de las Palmas. (2018). *Salazar de las Palmas, Turismo*. Obtenido de Salazar de las Palmas: <https://www.salazardelaspalmas.com/turismo.html>
- Salgado, M. A., Bernal, G. A., Yamín, L. E., & Cardona, O. D. (2010). *Evaluación de la amenaza sísmica de Colombia. Actualización y uso en las nuevas normas colombianas de diseño sísmo resistente NSR-10*. Bogotá: Revista de ingeniería, (32), 28-37.
- SGC. (2012). *Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza, Escala 1:100.000*. Bogotá.
- SGC. (2012). *Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza, Escala 1:100.000*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2016). *Guía Metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*.
- SGC. (2017). *Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- SGC. (2025). *Amenaza Sísmica*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: <https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/geoamenazas/amenaza-sismica/Paginas/default.aspx>
- SGC. (2025). *Catálogo de Sismos del Municipio de Salazar de las Palmas*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: <https://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index.php>
- SIMMA. (2025). *Busqueda de Movimientos en Masa del Municipio de Salazar de las Palmas*. Obtenido de SIMMA: <https://simma.sgc.gov.co/#/public/results/>
- Sutton. (1946). *Geology of Maracaibo basin, Venezuela: part 1*. . Venezuela: AAPG Bulletin, 30(10), 1621-1741.
- Universidad Católica de Chile. (2016). Obtenido de Principios Geomorfológicos: https://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/1_1_3.html
- van Zuidam, R. A. (1986). *Aerial Photointerpretation in Terrain Analysis and Geomorphological Mapping*. The Hague: Smiths Publishers.
- Villota, H. (1997). Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. *Revista CIAF*, 15(1), 83-115.

VisitCúcuta. (2018). *Torrentisto Cascada el Ejido*. Obtenido de VisitCúcuta:
<https://visitcucuta.com/product/torrentismo-cascada-el-ejido/>