

**PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE LOS ORGANALES EN EL DEPARTAMENTO
DE ANTIOQUIA, COLOMBIA**

PROYECTO DE GRADO

Para optar al título de Geólogo

Autor (es)

ELIANA MARÍA CANO ALZATE
MARIA CAMILA RENTERÍA CÁRDENAS

Asesor

MARCO FIDEL GAMBOA RAMÍREZ
Ingeniero geólogo

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

UNIVERSIDAD EAFIT

2020

Dedicamos esta tesis a todos los que de una u otra manera han aportado en nuestro desarrollo profesional y personal.

Este trabajo, si bien ha requerido de esfuerzo y dedicación, no habría sido posible sin el gran apoyo que muchas personas nos han brindado a lo largo del proceso de investigación y elaboración, damos las gracias en especial a nuestros padres, por su amor y comprensión en todo momento, a nuestro tutor, Marco Gamboa, por su disposición, orientación, paciencia y confianza, y a Sergio y David por su incondicionalidad, paciencia y amor.

Tabla de contenido

1.	Introducción	11
2.	Planteamiento del problema	13
2.1.	Pregunta de investigación	13
2.2.	Hipótesis.....	13
3.	Objetivos.....	14
3.1.	Objetivo general.....	14
3.2.	Objetivos específicos	14
4.	Metodología.....	15
4.1.	Pre-campo.....	15
4.2.	Campo	16
4.3.	Análisis e interpretación de información.....	17
5.	Generalidades	18
5.1.	Localización	18
5.2.	Aspectos generales	18
5.2.1.	Organal Carolina del Príncipe	19
5.2.2.	Organal Donmatías	20
5.2.3.	Organal San Rafael	21
5.2.4.	Organal Támesis.....	22
5.2.5.	Organal Titiribí	23
6.	Marco conceptual	24
6.1.	Geomorfología	24
6.1.1.	Parámetros.....	24
6.1.1.1.	<i>Morfometría.</i>	24
6.1.1.2.	<i>Morfogénesis.</i>	25
6.1.1.3.	<i>Morfología.</i>	25
6.1.2.	Agentes.	25
6.1.2.1.	<i>Meteorización.</i>	25
6.1.2.1.1.	<i>Perfil de meteorización.</i>	26
6.1.2.2.	<i>Erosión.</i>	26
6.1.2.3.	<i>Transporte.</i>	27
6.1.2.4.	<i>Sedimentación.</i>	27
6.1.3.	Geoformas	27
6.1.3.1.	<i>Organales.</i>	30
6.2.	Movimiento en masa.....	31
6.2.1.	Depósito de vertiente.....	31
6.3.	Patrimonio geológico.	32

7.	Organales estudiados en el departamento de Antioquia.....	33
7.1.	Organal Carolina del Príncipe.....	33
7.1.1.	Características generales	33
7.1.2.	Características geológicas	36
7.1.3.	Características geomorfológicas.....	39
7.1.3.1.	<i>Variables morfométricas.....</i>	<i>40</i>
7.1.3.1.1.	<i>Pendientes.....</i>	<i>40</i>
7.1.3.1.2.	<i>Curvatura.....</i>	<i>41</i>
7.1.3.1.3.	<i>Relieve relativo.....</i>	<i>42</i>
7.1.4.	Interpretación del origen del organal.....	46
7.2.	Organal Donmatías.....	49
7.2.1.	Características generales	49
7.2.2.	Características geológicas	51
7.2.3.	Características geomorfológicas.....	54
7.2.3.1.	<i>Variables morfométricas.....</i>	<i>55</i>
7.2.3.1.1.	<i>Pendientes.....</i>	<i>55</i>
7.2.3.1.2.	<i>Curvatura.....</i>	<i>56</i>
7.2.3.1.3.	<i>Relieve relativo.....</i>	<i>57</i>
7.2.4.	Interpretación del origen del organal.....	61
7.3.	Organal San Rafael.....	65
7.3.1.	Características generales	65
7.3.2.	Características geológicas	68
7.3.3.	Características geomorfológicas.....	71
7.3.3.1.	<i>Variables morfométricas.....</i>	<i>72</i>
7.3.3.1.1.	<i>Pendientes.....</i>	<i>73</i>
7.3.3.1.2.	<i>Curvatura.....</i>	<i>74</i>
7.3.3.1.3.	<i>Relieve relativo.....</i>	<i>75</i>
7.3.4.	Interpretación del origen del organal.....	79
7.4.	Organal Támesis	82
7.4.1.	Características generales	82
7.4.2.	Características geológicas	85
7.4.3.	Características geomorfológicas.....	89
7.4.3.1.	<i>Variables morfométricas.....</i>	<i>90</i>
7.4.3.1.1.	<i>Pendientes.....</i>	<i>91</i>
7.4.3.1.2.	<i>Curvatura.....</i>	<i>92</i>
7.4.3.1.3.	<i>Relieve relativo.....</i>	<i>93</i>
7.4.4.	Interpretación del origen del organal.....	97
7.5.	Organal Titiribí.....	101
7.5.1.	Características generales	101
7.5.2.	Características geológicas	104
7.5.3.	Características geomorfológicas.....	108
7.5.3.1.	<i>Variables morfométricas.....</i>	<i>110</i>

7.5.3.1.1. Pendientes	111
7.5.3.1.2. Curvatura.....	112
7.5.3.1.3. Relieve relativo	113
7.5.4. Interpretación del origen del organal	119
8. Resultados	122
8.1. Comparación de organales.....	122
8.1.1. Matriz de evaluación final	122
8.2. Propuesta de clasificación de los organales en el departamento de Antioquia	123
8.2.1. Clasificación según las características generales	124
8.2.2. Clasificación según las características geológicas.....	129
8.2.3. Clasificación según las características geomorfológicas	131
9. Conclusiones y recomendaciones	135
10. Bibliografía	139
11. Anexos	144

Tabla de figuras

Figura 1. Esquema de metodología.....	17
Figura 2. Mapa de localización de las áreas de estudio relacionadas con los organales, en el departamento de Antioquia, Colombia.	18
Figura 3. Mapa de localización, organal Carolina del Príncipe.	19
Figura 4. Mapa de localización, organal Donmatías.....	20
Figura 5. Mapa de localización, organal San Rafael.....	21
Figura 6. Mapa de localización, organal Támesis.....	22
Figura 7. Mapa de localización, organal Titiribí.....	23
Figura 8. Esquema de jerarquización geomorfológica (Carvajal, 2008).....	29
Figura 9. Organal en el cauce de la quebrada “La Vega”.	33
Figura 10. Organal en el cauce de la quebrada “La Vega”.	33
Figura 11. Bloques de roca recubiertos de líquenes y vegetación.	34
Figura 12. Bloque de roca recubierto de líquenes y vegetación.....	34
Figura 13. Cámara o vacío con 1,80 metros de altura aproximadamente.	34
Figura 14. Cámara o vacío con 0,6 metros de ancho aproximadamente.....	34
Figura 15. Cámara o vacío con 0,5 metros de ancho aproximadamente.....	35
Figura 16. Cámara o vacío con 0,3 metros de ancho aproximadamente.....	35
Figura 17. Cámara o vacío con 1 metro de ancho aproximadamente.	35
Figura 18. Cámara o vacío con 1,70 metros de altura aproximadamente.	35
Figura 19. Granodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.....	36
Figura 20. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 4 metros.	37
Figura 21. Bloque de roca con diámetro de aproximadamente 2 metros.	37
Figura 22. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,5 a 2 metros.	37
Figura 23. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.	37
Figura 24. Bloques de roca a través de los cuales transcurre quebrada “La Vega”.	38
Figura 25. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.	38
Figura 26. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.	38
Figura 27. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.....	40
Figura 28. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.....	41
Figura 29. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.....	42
Figura 30. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe; modificado del (SGC, 2015).....	43

Figura 31. Bloques de roca embebidos en matriz de composición arenosa.	47
Figura 32. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Carolina del Príncipe; modificado de (Suarez, 2009).	48
Figura 33. Organal en el cauce de río “Grande”, con bloques de roca en sus laderas.	49
Figura 34. Organal en el cauce de río “Grande”	50
Figura 35. Bloques de roca pulidos, que constituyen el organal.....	50
Figura 36. Bloques de roca pulidos, que constituyen el organal.....	50
Figura 37. Cámara o vacío con aproximadamente 0,3 metros de altura.	51
Figura 38. Cámara o vacío con aproximadamente 1 metro de altura.	51
Figura 39. Granodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.....	52
Figura 40. Bloque de roca con diámetro de 1,5 metros aproximadamente.....	52
Figura 41. Bloque de roca con diámetro de 2 metros aproximadamente.....	52
Figura 42. Bloque de roca con diámetro de 3 metros aproximadamente.....	53
Figura 43. Bloques de roca con diámetros de 1 a 4 metros aproximadamente.....	53
Figura 44. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación y líquenes.....	53
Figura 45. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.....	53
Figura 46. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Donmatías.....	55
Figura 47. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Donmatías.....	56
Figura 48. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Donmatías.....	57
Figura 49. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Donmatías; modificado del (SGC, 2015).	58
Figura 50. Bloques remanentes en las laderas onduladas y escalonadas de río “Grande”.....	62
Figura 51. Bloques remanentes en las laderas onduladas y escalonadas de río “Grande”.....	62
Figura 52. Ejemplo del inicio de la formación del organal. Se observaron bloques en la superficie producto de la erosión que actúan sobre materiales meteorizados. Foto tomada en: Don Matías	62
Figura 53. Bloque de roca con cicatriz o huella de impacto.....	63
Figura 54. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Donmatías; modificado de (Suarez, 2009).....	64
Figura 55. Organal en zona urbana del municipio de San Rafael, específicamente en el barrio “La Veta”.	65
Figura 56. Organal en el cauce de quebrada “La Veta”.....	65
Figura 57. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.....	66
Figura 58. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.....	66
Figura 59. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.....	66
Figura 60. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 0,3 metros.....	67

Figura 61. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 2 metros.	67
Figura 62. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 1,50 metros.	67
Figura 63. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 1,80 metros.	67
Figura 64. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 1,5 metros.	68
Figura 65. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 1 metro.	68
Figura 66. Cuarzodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.	69
Figura 67. Cloritización en cuarzodiorita.....	69
Figura 68. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 3 metros.	69
Figura 69. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,3 a 2 metros.	69
Figura 70. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 5 metros.	70
Figura 71. Bloques de roca a través de los cuales transcurre quebrada “La Veta”.	70
Figura 72. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación	71
Figura 73. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal	71
Figura 74. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal San Rafael.	73
Figura 75. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal San Rafael.	74
Figura 76. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal San Rafael.	75
Figura 77. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal San Rafael; modificado del (SGC, 2015).	76
Figura 78. Bloques de roca embebidos en matriz de composición arenosa.	80
Figura 79. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de San Rafael, modificado de (Suarez, 2009).....	81
Figura 80. Organal en el cauce del río “San Antonio”. (ECOCARTAMA, 2019).....	82
Figura 81. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación.....	83
Figura 82. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación.....	83
Figura 83. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación.....	83
Figura 84. Cámara o vacío con ancho de 0,5 metros aproximadamente.....	84
Figura 85. Cámara o vacío con ancho de 2 metros aproximadamente.....	84
Figura 86. Cámara o vacío con altura de 3 metros aproximadamente.	84
Figura 87. Cámara o vacío con ancho de a 3 metros aproximadamente.....	85
Figura 88. Aglomerado relacionado a la unidad geológica Combia.	86
Figura 89. Aglomerado relacionado a la unidad geológica Combia.	86
Figura 90. Bloques de roca con diámetros de 3 a 5 metros aproximadamente, (ECOCARTAMA, 2019).	87
Figura 91. Bloques de roca con diámetros de 1 a 3 metros aproximadamente. (ECOCARTAMA, 2019)	87
Figura 92. Bloques de roca con diámetros de 0,5 a 2 metros aproximadamente.	88
Figura 93. Bloques de roca con diámetros de 2 a 6 metros aproximadamente.	88

Figura 94. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.	89
Figura 95. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.	89
Figura 96. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Támesis.	91
Figura 97. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Támesis.	92
Figura 98. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Támesis.	93
Figura 99. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Támesis; modificado del (SGC, 2015).	94
Figura 100. Pared de roca en el valle semi-confinado del río “San Antonio”, y relacionada a la unidad geológica Combia.....	97
Figura 101. Bloques remanentes en las laderas escalonadas del río “San Antonio”	98
Figura 102. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Támesis, modificado de (Suarez, 2009).....	100
Figura 103. Organal dispuesto en cauce donde transcurre tributario del río “Amagá”.	101
Figura 104. Presencia de vegetación y líquenes en los bloques de roca que constituyen el organal.	102
Figura 105. Cámara o vacío con ancho de 0,5 metros aproximadamente.....	103
Figura 106. Cámaras o vacíos con anchos de 0,3 a 1 metro, aproximadamente.....	103
Figura 107. Cámara o vacío con ancho de 1 metro aproximadamente.	103
Figura 108. Cámaras o vacíos con anchos de 0,2 a 1 metro aproximadamente.....	103
Figura 109. Pórfido andesítico relacionado a la unidad geológica Rocas hipoabisales porfídicas.	105
Figura 110. Cloritización en pórfido andesítico.....	105
Figura 111. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.	106
Figura 112. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 2 metros.	106
Figura 113. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,5 a 2 metros.	106
Figura 114. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 3 metros.	106
Figura 115. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.	107
Figura 116. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 3 metros.	107
Figura 117. Bloques de roca a través de los cuales transcurre tributario del río “Amagá”.....	107
Figura 118. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.	108
Figura 119. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Titiribí.	111
Figura 120. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Titiribí.	112
Figura 121. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Titiribí.	113
Figura 122. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Titiribí. Modificado del (SGC, 2015)...	114
Figura 123. Pared de roca en una de las laderas del organal.....	118
Figura 124. Pared de roca en una de las laderas del organal.....	118

Figura 125. Bloques remanentes en las laderas del valle por donde transcurre afluente del río “Amagá”	120
Figura 126. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Titiribí, modificado de (Suarez, 2009)	121
Figura 127. Zona sin aporte de flujo de agua, localizada en el organal de Támesis, tomada por Gamboa	125
Figura 128. Clasificación según la presencia o no de agua en el organal.	125
Figura 129. Clasificación según la disposición del organal.	126
Figura 130. Clasificación según la extensión del organal.	126
Figura 131. Clasificación según la estabilidad del organal.	127
Figura 132. Clasificación según el origen del organal.	127
Figura 133. Clasificación según las características generales del organal.	128
Figura 134. Clasificación según el tipo de roca ígnea en el organal.	129
Figura 135. Clasificación según el tamaño de bloques del organal.	130
Figura 136. Clasificación según la presencia de matriz en el organal.	130
Figura 137. Clasificación según las características geológicas del organal.	130
Figura 138. Clasificación según el tipo de ambiente del organal.	131
Figura 139. Clasificación según el confinamiento del organal.	132
Figura 140. Clasificación según las características geomorfológicas del organal.	132
Figura 141. Clasificación final de los organales, según las características generales, geológicas y geomorfológicas.	133
Figura 142. Clasificación de los organales estudiados.	134

1. Introducción

Según (Hubp, 2011), el término geomorfología fue utilizado inicialmente por W.J. McGee en 1888, y se define como la ciencia geológica-geográfica, que estudia las formas de la superficie de la tierra (relieve), así como de las que se encuentran cubiertas por el agua, el océano, los lagos, los ríos y los glaciares. Por su parte, (Keller, et al.,2019) la define como la ciencia que se encarga de aplicar y entender los procesos de la superficie terrestre, la respuesta del sistema y la evolución del paisaje.

Los estudios geomorfológicos incluyen la descripción de las formas (morfología), el origen (génesis), la estructura, el desarrollo, la dinámica actual, el diagnóstico a futuro y la relación de las geoformas con las actividades humanas (Hubp, 2011). Las geoformas son el resultado de los agentes de erosión, es decir, los fluidos de la atmósfera e hidrósfera que se caracterizan por su dinámica, los cuales están en función de elementos que indican las características del macizo rocoso y de su respuesta a la acción de agentes, principalmente bajo condiciones variables del clima y relacionadas a la historia geológica de la región (Londoño, 1998).

En general, para la caracterización de las geoformas se consideran características morfométricas, morfogenéticas y morfocronológicas (Correa, 2012), a partir de las cuales se han definido gran cantidad de éstas, sin embargo, todavía existen procesos que dan lugar a estructuras que, aunque se encuentran definidas dentro de las geoformas, hasta ahora no han sido estudiadas ni caracterizadas con detalle, es el caso de los organales.

Los organales son un vocablo originario del departamento de Antioquia, éstos son considerados patrimonio geomorfológico de la región central antioqueña (Restrepo, 2003). Dichas estructuras han sido definidas por distintos autores, por ejemplo, (Londoño,1998) indica que son acumulaciones de bloques de gran tamaño, originados por la meteorización de roca, los cuales son transportados y acumulados en los cauces de quebradas y corrientes principales. Por su parte, (Botero, 2000) las define como el resultado de la interacción de factores litológicos, geomorfológicos, estructurales y erosivos, que en conjunto actúan para formar derrubios y flujos de escombros, lo cual, junto a procesos de meteorización y reacomodación, posibilitan la acumulación de roca. Con relación a los procesos que dan origen a los organales, (Botero, 1963) señala que la mayor parte de estas acumulaciones se dan en afloramientos de rocas plutónicas, que son generados ya sea por erosión de cursos de agua que remueven material a través de las grietas en donde se evidencia una mayor descomposición, por movimientos en masa que transportan materiales desde la parte superior hasta las zonas más bajas, o por la combinación de ambos procesos.

En lo que concierne las definiciones de organales encontradas en la literatura, gran parte de éstas se enfocan principalmente en su importancia en el geoturismo, ignorando el importante papel científico, es decir, de los procesos geológicos y geomorfológicos asociados al origen y evolución. Es el caso de los estudiados en este trabajo, los cuales se encuentran ubicados en el departamento de Antioquia, en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí.

2. Planteamiento del problema

Los organales son una geoforma típica de la geografía antioqueña, sin embargo, no existe una definición conceptual precisa, ni una clasificación de sus diferentes tipologías que permita definir estrategias para su conservación y divulgación como elementos importantes dentro del patrimonio geológico local. Éstos cada vez, están más amenazados por diversas actividades, grandes infraestructuras, etcétera, que trae en efecto un deterioro, o en algunos casos la desaparición de la herencia geológica (Medina, 2015), generando un empobrecimiento de la historia geológica en el departamento de Antioquia.

2.1. Pregunta de investigación

¿Cómo se forman y bajo que parámetros pueden ser clasificados los organales en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí?

2.2. Hipótesis

Los organales son acumulaciones de bloques de roca ígnea plutónica, volcánica o hipoabisal.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Clasificar los organales de los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar los organales en el departamento de Antioquia.
- Caracterizar las condiciones generales de los organales.
- Caracterizar las condiciones geológicas de los organales.
- Caracterizar las condiciones geomorfológicas de los organales, teniendo en cuenta los parámetros morfométricos, morfogenéticos y morfológicos.
- Comparar las características generales, geológicas y geomorfológicas, relacionadas con los organales.
- Elaborar la propuesta de clasificación de los organales a partir de la información general, geológica y geomorfológica.

4. Metodología

La metodología empleada para este trabajo se basa en tres etapas específicas, las cuales son mencionadas a continuación:

4.1. Pre-campo

- Recopilación y análisis de información secundaria relacionada con las zonas de estudio, considerando principalmente los antecedentes geológicos de las memorias explicativas de escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano, y antecedentes geomorfológicos de la jerarquización geomorfológica de (CORANTIOQUIA, 2002) (anexo 1 y 2):
 - **Carolina del Príncipe:** Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos, y asociado a la unidad de relieve *superficie de erosión Carolina-Gómez Plata*.
 - **Donmatías:** Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos, y asociado a la unidad de relieve *cañón del río Porce-Medellín*.
 - **San Rafael:** Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 148 San Carlos, y asociado a la unidad de relieve *frente erosivo del Magdalena*.
 - **Támesis:** Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 186 Riosucio, y asociado a la unidad de relieve *cañón del río Cauca-San Juan*.
 - **Titiribí:** Memoria explicativa del mapa geológico de la plancha 146 Medellín Occidental, departamento de Antioquia, y asociado a la unidad de relieve *cañón del río Cauca-San Juan*.

- Fotointerpretación de las zonas de estudio, identificando características como el tipo de roca, drenaje, etcétera, a través de ortofotos analizadas en *ArcGis*.
- Definición de mapas preliminares de las zonas de estudio en escala 1:10.000:
 - **Carolina del Príncipe:** Planchas 131IIB1 y 131IIB3.
 - **Donmatías:** Planchas 131IVA1 y 131IVA3.
 - **San Rafael:** Planchas 148ID1 y 148IC2.
 - **Támesis:** Planchas 186IIA1 y 186IB2.
 - **Titiribí:** Planchas 146IIID1 y 146IIID3.
- Realización de matriz de evaluación, para la recolección de información general, geológica y geomorfológica de los organales (anexo 3).

4.2. Campo

- Reconocimiento general de las áreas de estudio, considerando principalmente el acceso a vías, quebradas, entre otros.
- Identificación y estudio de las características generales de las zonas de estudio.
- Identificación y estudio de las características geológicas de las zonas de estudio.
- Identificación y estudio de las características geomorfológicas de las zonas de estudio.
- Estudio detallado de las geoformas de interés, es decir de los organales.
- Registro de las características generales, geológicas y geomorfológicas de cada uno de los organales, teniendo en cuenta matriz de evaluación (anexo 4, 5, 6, 7 y 8).

4.3. Análisis e interpretación de información

- Procesamiento de datos en *ArcGIS* y *Google Earth*.
- Elaboración de matriz final de evaluación, considerando características generales, geológicas y geomorfológicas de cada uno de los organales (anexo 9).
- Elaboración del documento.

En la figura 1 se muestra el esquema de la metodología anteriormente mencionada:

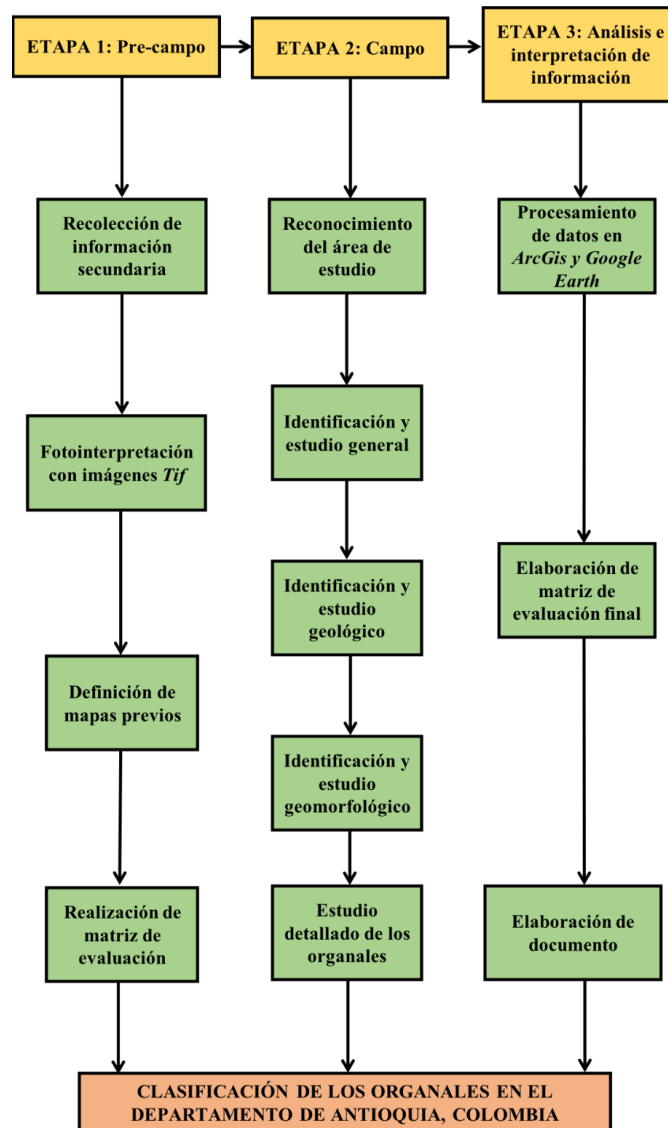


Figura 1. Esquema de metodología.

5. Generalidades

A continuación, se describen la localización y aspectos generales relacionados con los organales estudiados:

5.1. Localización

Las áreas relacionadas con los organales estudiados en este trabajo, se encuentran localizadas en el departamento de Antioquia, en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí (figura 2).

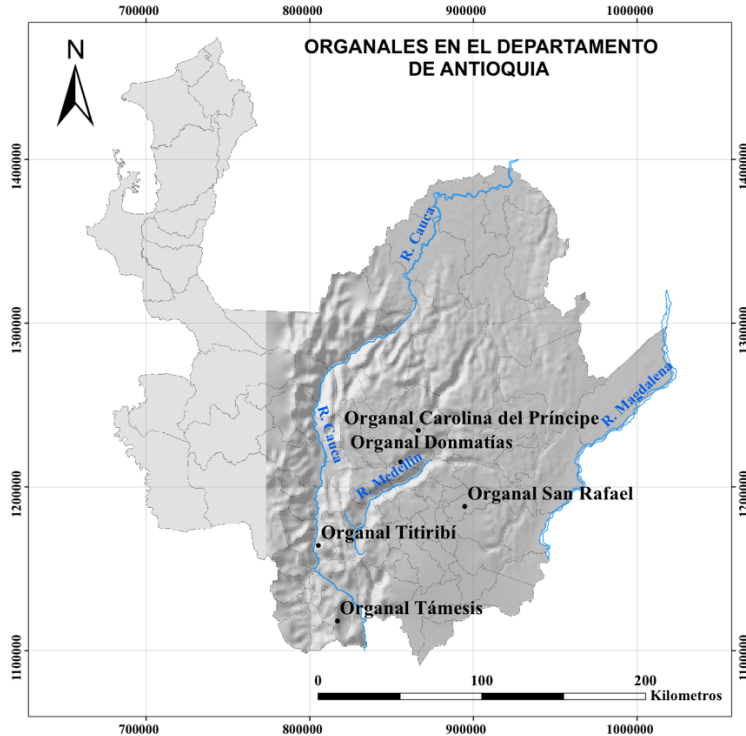


Figura 2. Mapa de localización de las áreas de estudio relacionadas con los organales, en el departamento de Antioquia, Colombia.

5.2. Aspectos generales

A continuación, se describen los aspectos generales de cada una de las áreas relacionadas con los organales estudiados:

5.2.1. Organal Carolina del Príncipe

En la subregión norte del departamento de Antioquia se encuentra el municipio de Carolina del Príncipe, a 104 kilómetros de la ciudad de Medellín. Tiene 1780 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 19°C (Presentación Turística de Carolina del Príncipe, s.f), éste limita al norte (N) con los municipios de Angostura y Guadalupe, al este (E) con el municipio de Gómez Plata, y al oeste (O) con los municipios de Santa Rosa de Osos y Angostura; presenta una extensión total de 166 kilómetros cuadrados, representada en 1,6 kilómetros cuadrados de área urbana y 164,4 kilómetros cuadrados de área rural (Carolina del Príncipe, s.f). Dentro del área rural se encuentra la vereda “La Vega”, a la cual se dirige desde la plaza del municipio, descendiendo por la calle “Humareda” y continuando por una carretera rural, en donde en el segundo charco se encuentra el acceso al organal, más específicamente en el puente de la quebrada “Santa Isabel”, en donde está un sendero de aproximadamente 100 metros, que conduce al organal (figura 3) (Saldarriaga, et al., 2010).

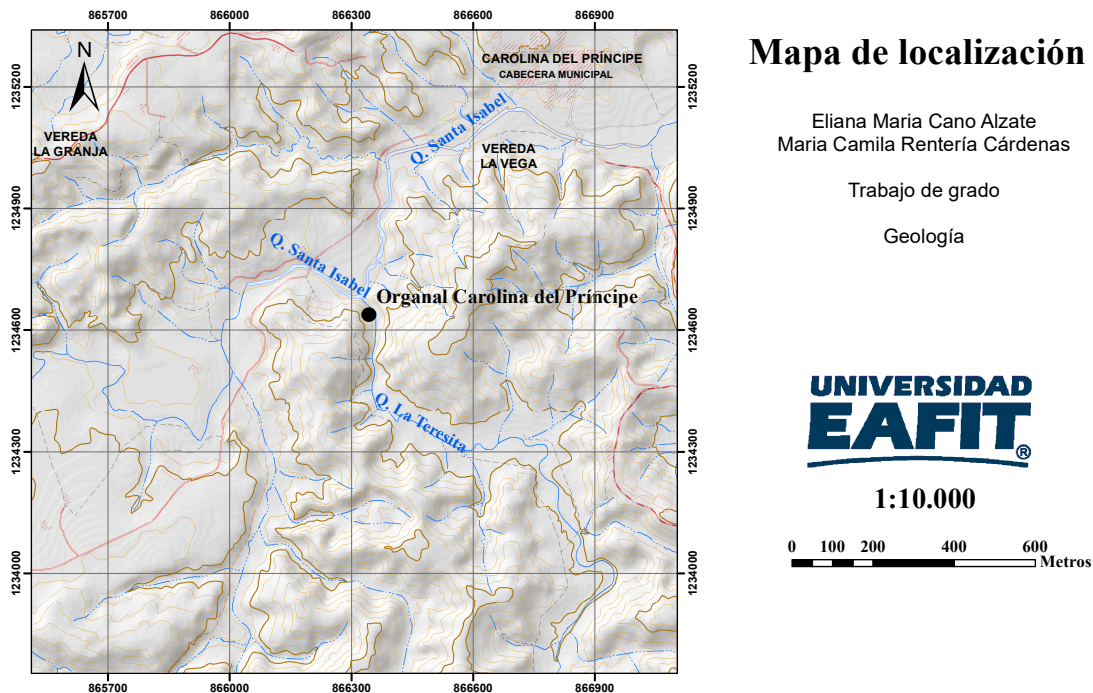


Figura 3. Mapa de localización, organal Carolina del Príncipe.

5.2.2. Organal Donmatías

En la subregión norte del departamento de Antioquia y por la troncal al mar, se encuentra el municipio de Donmatías, a 65 kilómetros de la ciudad de Medellín, éste limita al norte (N) con el municipio de Santa Rosa de Osos, al este (E) con los municipios de Santa Rosa de Osos y Santo Domingo, al sur (S) con el municipio de Barbosa y al oeste (O) con el municipio de San Pedro de los Milagros. En cuanto a su extensión, ésta es de 181 kilómetros cuadrados, representada en 2,4 kilómetros cuadrados de área urbana y 178,6 kilómetros cuadrados de área rural (DonMatías somostodos, s.f). En área rural del municipio, en el kilómetro 5 aproximadamente, de la vía que conduce a la vereda “El Mocerongo”, se encuentra el organal, más específicamente en el valle de río “Grande” (figura 4).

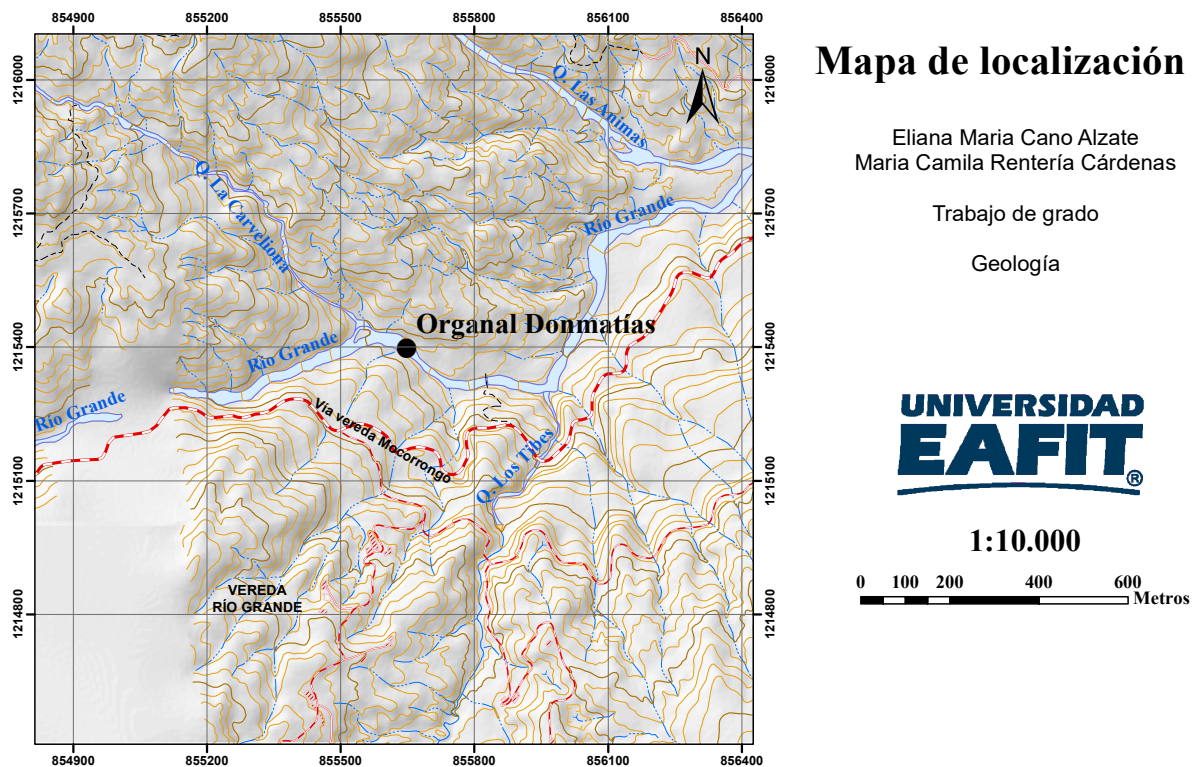


Figura 4. Mapa de localización, organal Donmatías.

5.2.3. Organal San Rafael

En la subregión oriente del departamento de Antioquia se encuentra el municipio de San Rafael, a 102 kilómetros de la ciudad de Medellín, éste limita al norte (N) con los municipios de Alejandría y San Roque, al este (E) y sur (S) con el municipio de San Carlos y al oeste (O) con los municipios de Alejandría y Guatapé; presenta una extensión de 362 kilómetros cuadrados y se encuentra a 1000 metros sobre el nivel del mar (TURISMO, s.f). En área urbana del municipio, en el barrio “La Veta”, se encuentra el organal, más específicamente en el valle de la quebrada “La Veta” (figura 5).

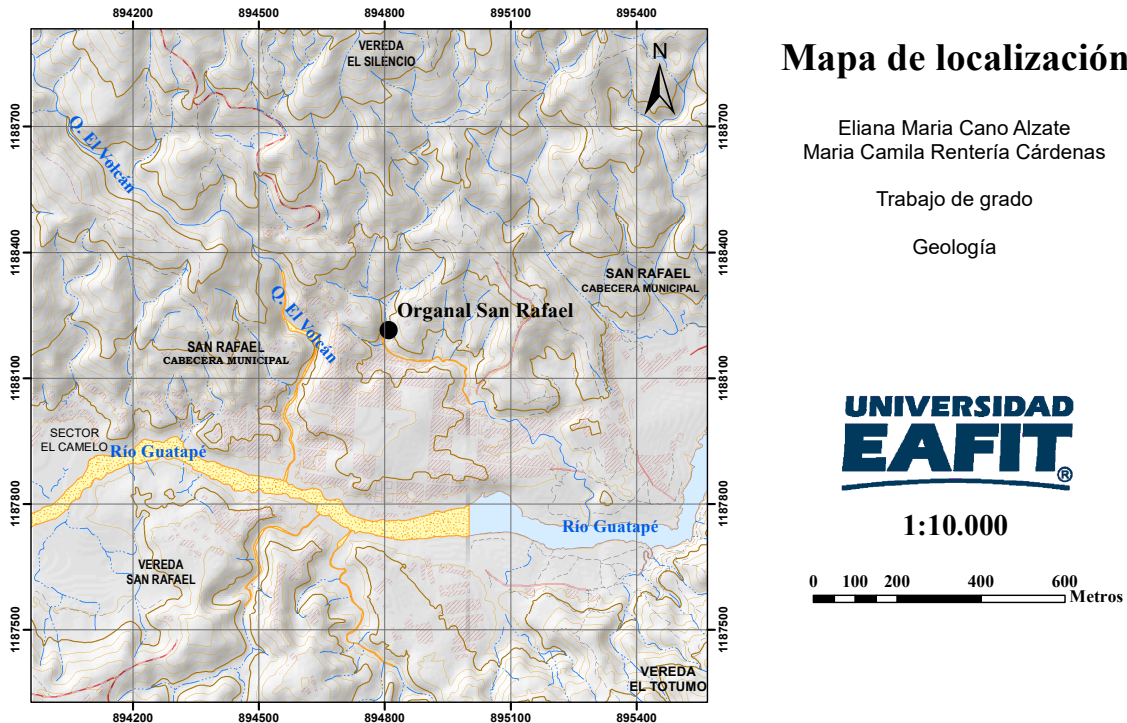


Figura 5. Mapa de localización, organal San Rafael.

5.2.4. Organal Támesis

En la subregión suroeste del departamento de Antioquia se encuentra el municipio de Támesis, a 110 kilómetros de la ciudad de Medellín, éste limita al norte (N) con los municipios de Jericó y Fredonia, al este (E) con el municipio de Valparaíso, al sur (S) con los municipios de Caramanta y Jardín y al oeste (O) con los municipios de Jardín y Jericó. En cuanto a su extensión, ésta es de 243 kilómetros cuadrados, representados en 1 kilómetro cuadrado de área urbana y 242 kilómetros cuadrados de área rural (Alcaldía de Támesis, s.f). En área rural del municipio, más específicamente en la vereda San Antonio, se encuentra ubicado el organal. Para dirigirse a dicho lugar se toma la vía Támesis-San Antonio, y en el kilómetro 14 aproximadamente, donde se encuentra la finca “*San Agustín*”, se emprende una caminata de más o menos una hora hacia el organal, el cual se encuentra en el valle del río “*San Antonio*” (figura 6).

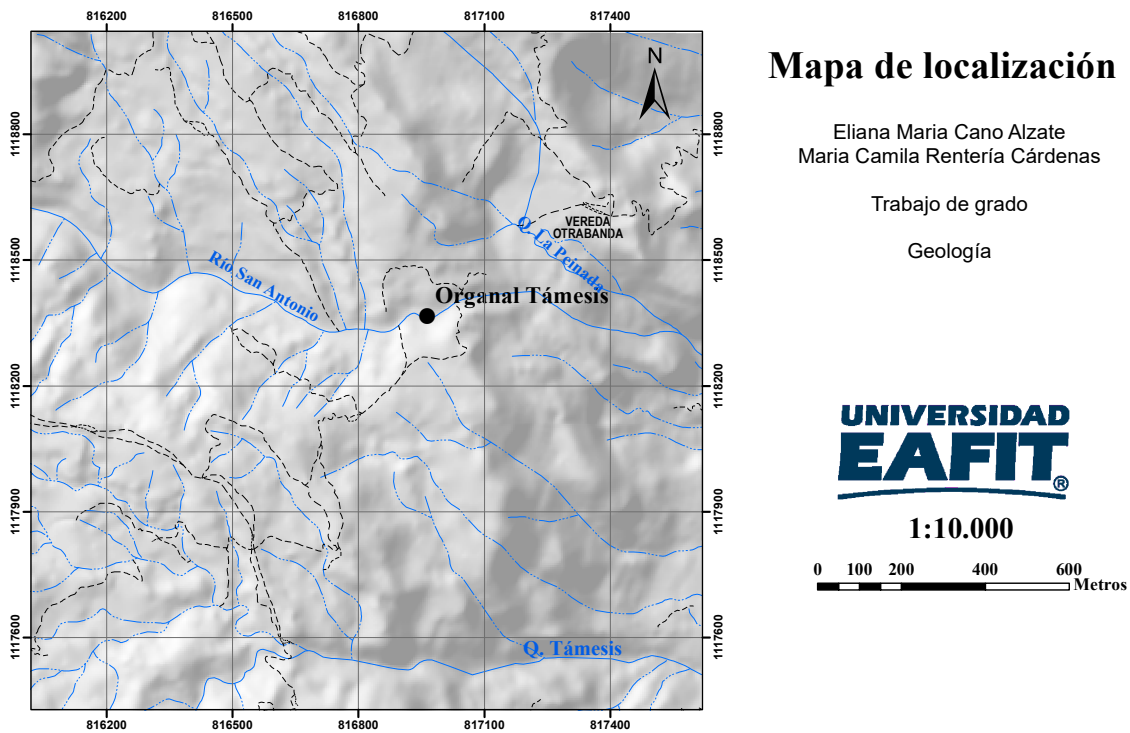


Figura 6. Mapa de localización, organal Támesis.

5.2.5. Organal Titiribí

En la subregión suroeste del departamento de Antioquia se encuentra el municipio de Titiribí, a 57 kilómetros de la ciudad de Medellín, éste limita al norte (N) con los municipios de Armenia y Angelópolis, al este (E) con los municipios de Angelópolis y Amagá, al sur (S) con el municipio de Venecia, y al oeste (O) con el municipio de Concordia; en cuanto a su extensión, ésta es de 142 kilómetros cuadrados (Titiribí, s.f.). En área rural del municipio se encuentra el organal, al cual se dirige tomando la carretera que de Titiribí conduce al caserío “Otra Mina”, en donde en el kilómetro 12 aproximadamente, se encuentra la hacienda “El Balsal”, en la cual se debe tomar la vía alterna hacia la hacienda “El Silencio” y en el kilómetro 2 aproximadamente, dirigirse hacia el valle por donde transcurre un tributario del río “Amagá”, donde finalmente se encuentra el organal (figura 7).

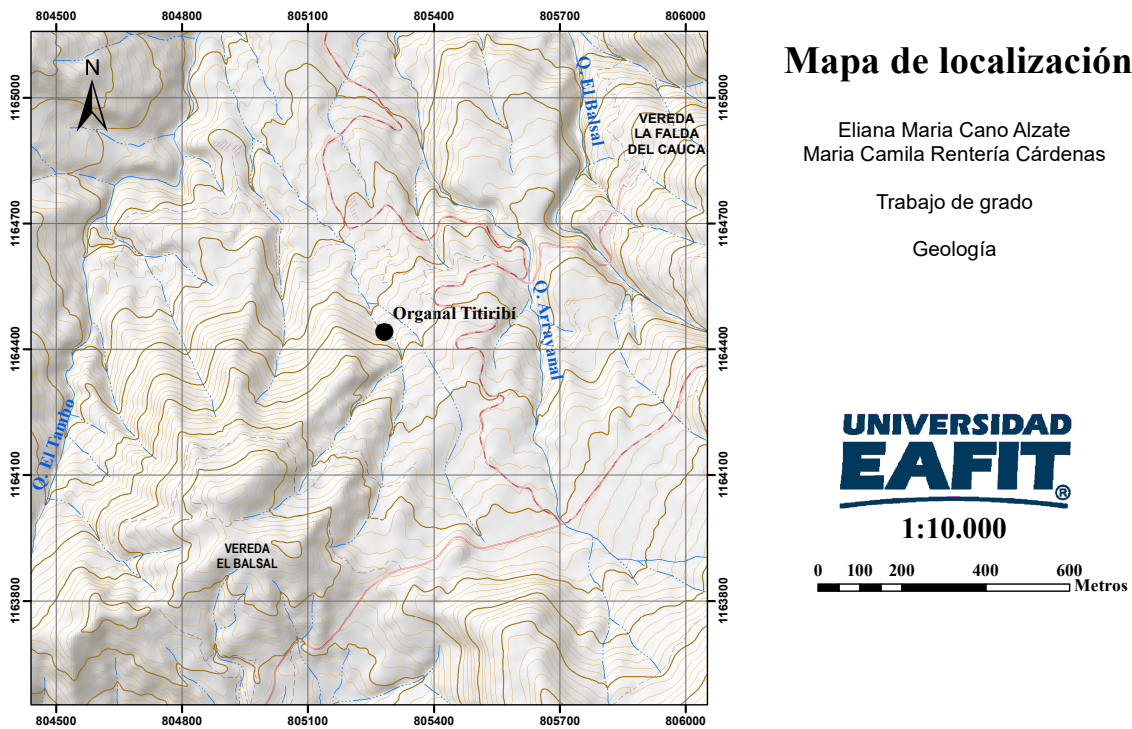


Figura 7. Mapa de localización, organal Titiribí.

6. Marco conceptual

A continuación, son definidos los conceptos más importantes, relacionados con el tema de investigación:

6.1. Geomorfología

Etimológicamente, esta palabra deriva del griego Geo = tierra, Morphos = forma, Logos = tratado. De esta manera, es la ciencia que estudia los fenómenos que ocurren cerca y sobre la superficie terrestre, además de las interacciones entre los diferentes tipos de materiales y procesos, involucrando los tres estados, sólido, líquido y gaseoso (Gutiérrez, 2008).

Para un completo estudio geomorfológico, es necesario considerar:

6.1.1. Parámetros.

Para la caracterización de geoformas se consideran los siguientes parámetros:

6.1.1.1. Morfometría.

Morfo = forma, metría = medida. Se define como el parámetro geomorfológico que estudia las características cuantitativas de las formas del relieve, entre las que están: altura, superficie, pendiente, volumen, entre otros (Hubp, 2011). Dicho de otra manera, estudia y compara las relaciones entre paisajes en el presente y en el proceso evolutivo de las formas, teniendo en cuenta las características cuantitativas ya mencionadas (Dávila, 2011).

6.1.1.2. Morfogénesis.

Estudia el origen, desarrollo y evolución de las formas que conforman los paisajes terrestres, los cuales pueden ser fluviales, glaciares, eólicas y litorales, definidos a partir de su origen endógeno o exógeno (Dávila, 2011).

6.1.1.3. Morfología.

Es la ciencia que estudia las formas de la superficie terrestre, teniendo en cuenta el origen, litología, clima de la zona y los procesos endógenos o exógenos, que a su vez actúan en la formación del paisaje (Dávila, 2011).

6.1.2. Agentes.

El relieve de la superficie terrestre es consecuencia de las fuerzas endógenas y exógenas que actúan para formarlas. Los procesos endógenos hacen referencia a las grandes depresiones y elevaciones producidas por los movimientos tectónicos, y los exógenos de las modelaciones del paisaje con la continua denudación del mismo, que a su vez se agrupan en cuatro agentes, éstos son meteorización, erosión, transporte y sedimentación, que traen como resultado modelados erosivos y deposicionales, presentando características específicas con relación a los procesos actuantes que tuvieron lugar en los diferentes ambientes morfogenéticos (Gutiérrez, 2008).

6.1.2.1. Meteorización.

Son aquellos procesos en donde se desintegra y descompone de manera *in situ* las rocas y los minerales que las conforman, esto es por acción superficial de la hidrósfera, biósfera y atmósfera (Arce, et al., 2015). Ésta puede ser química o física.

Estos procesos dan lugar a un perfil de meteorización:

6.1.2.1.1. Perfil de meteorización.

El perfil de meteorización es la secuencia de suelos formados in situ, como resultado de la meteorización física y química de las rocas, lo cual es característico de zonas con condiciones tropicales húmedas de meteorización química intensa (Reading, 1991).

6.1.2.2. Erosión.

El término erosión proviene del latín *erodere* que significa roer, éste se define como la eliminación de material, que da como resultado la pérdida de masa en un cuerpo, y a su vez la disminución del volumen o tamaño de ésta (Marqués, 1996).

Según Neuendorf et al. (2005), la erosión *“es el proceso o conjunto de procesos por el cual los materiales que conforman la corteza terrestre son disueltos, disgregados o desgastados y a la vez son transportados de un lugar a otro por agentes naturales, en donde se incluye meteorización, solución y abrasión.”*

Por otro lado, Visser (1980) define la erosión como *“desgaste mecánico de una roca sólida, como consecuencia del impacto de fragmentos detríticos y partículas que se mueven sobre o contra éstas, esto producido por un flujo de agua, aire o hielo, así mismo la eliminación por parte de los mismos agentes de las partículas sueltas o desprendidas.”*

6.1.2.3. Transporte.

Es el proceso por el cual el material detrítico es removido por algún agente denudativo, como lo son corrientes de agua, viento, hielo u oleaje. Teniendo en cuenta el tamaño del material o del sedimento y de la magnitud del agente, esto se puede llevar a cabo por suspensión, rodamiento o saltación (Hubp, 2011).

6.1.2.4. Sedimentación.

Se define como la acumulación de material resultante de la erosión de rocas preexistentes y que luego fueron transportadas, esto es consecuencia principalmente de efectos gravitacionales dados en lugares determinados, como por ejemplo en la superficie terrestre, ríos, lagos, mar y océano, entre otros (Dávila, 2011).

La geomorfología estudia las formas del relieve, es decir las geoformas:

6.1.3. Geoformas

Son irregularidades en la superficie terrestre, las cuales se definen según su origen y características geométricas, a su vez éstas se clasifican teniendo en cuenta diferentes parámetros (Hubp, 2011), los cuales son:

Origen.

Estas geoformas son el resultado de dos tipos de procesos, que además de crearlas (morfogénesis) las modelan constantemente (morfodinámica) (Mendoza, 2017). Las del primer grupo se denominan endógenas, los cuales son el resultado de esfuerzos que provienen del interior

de la corteza terrestre como el tectonismo, por su parte las del segundo grupo se definen como exógenas, los cuales tienen origen en procesos que se desarrollan en el exterior de la corteza terrestre y son el resultado de factores hidrometeorológicos (lluvia, granizo y heladas) además de procesos como la meteorización, erosión y remoción en masa (Mendoza, 2017).

Dimensión.

Son aquellas que van de primero a séptimo orden, es decir, que pueden ir desde continentes y cuencas oceánicas hasta extensiones más pequeñas como montículos y estrías (Hubp, 2011).

Posición.

Son aquellas que están con respecto a un plano horizontal o regional, pueden ser positivas (montañas y dunas) o negativas (Planicies, valles y trincheras) (Hubp, 2011).

Jerarquización geomorfológica.

Se define como las unidades o categorías geomorfológicas en una región determinada, que dependen de la escala de trabajo, y metódicamente va a permitir el análisis de la evolución geológica y geomorfológica de ésta. Así mismo es importante para estudiar y analizar las geoformas de manera sistemática y coherente (Carvajal, 2012).

La figura 8, muestra las unidades de jerarquización geomorfológica:

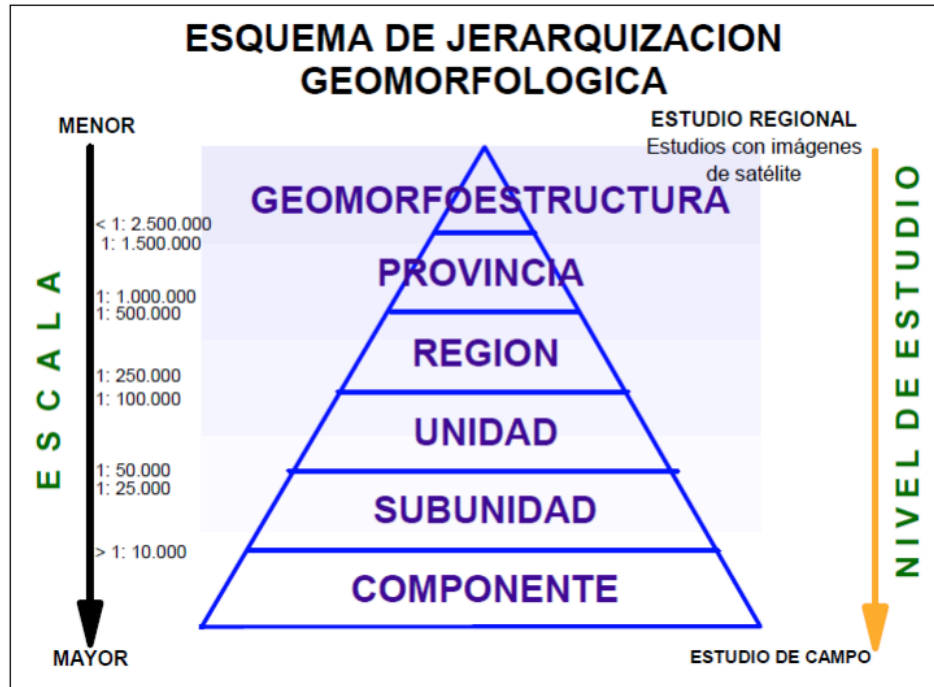


Figura 8. Esquema de jerarquización geomorfológica (Carvajal, 2008).

En este caso, se pretende llegar a una escala de **subunidad** la cual se entiende como: Una categoría que se encuentra determinada por los contrastes morfométricos y morfológicos, en donde se relacionan el tipo de material o la disposición estructural de éstos con respecto a la topografía del terreno. De la misma manera están asociados a los procesos morfodinámicos actuales que actúan sobre las formaciones superficiales como lo son meteorización, erosión, transporte y sedimentación, y generan un contraste de éstas. La escala de trabajo está entre 1:10.000 y 1:25.000 (Carvajal, 2012).

Dentro de las geoformas se encuentran los organales, los cuales son explicados a continuación:

6.1.3.1. Organales.

Botero (1963) los define como acumulaciones de roca dadas principalmente en quebradas, ríos o depresiones en la superficie terrestre, generando una topografía abrupta, éstas se dan mayormente en rocas plutónicas, las cuales se forman por bloques residuales de exfoliación, ya sea por erosión de los cursos de agua que mueven el material por las grietas en donde se genera una alta descomposición, por movimientos gravitatorios que llevan la materia hasta las zonas más bajas de la topografía, o por la combinación de ambos procesos. Teniendo en cuenta que este material se concentra en las quebradas o ríos por donde corre agua permanente o de manera ocasional, permite que el agua corra bajo los organales por largas longitudes, desapareciendo ocasionalmente debajo de éstos y reapareciendo donde terminan.

Por otro lado, (Botero, 2000) los describe como el resultado de procesos morfodinámicos, en donde su ocurrencia está condicionada por varios factores como litológicos, estructurales, geomorfológicos y erosivos, que forman depósitos de vertientes (flujo de escombros). La caída y posterior acumulación del material, en conjunto con los procesos de lavado y reacomodación, favorecidos además por la escorrentía, posibilitan la ocurrencia de movimientos en masa que dan lugar a la acumulación de roca y formación de los organales.

Londoño (1998) por su parte, los menciona como bloques de gran tamaño de un orden métrico, los cuales son movilizados y acumulados en los cauces de las quebradas o ríos y generan la formación de organales.

Otros conceptos:

6.2. Movimiento en masa.

Los movimientos en masa hacen parte de los procesos denudativos de la superficie terrestre que modelan el relieve de ésta. Su origen se relaciona con diversos procesos que se dan en la corteza terrestre, la hidrósfera y la atmósfera como lo son los geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos (SGMA, et al., 2007).

Son definidos como aquellos movimientos de ladera abajo, ya sea de una masa rocosa, detritos o de tierra como resultado de la gravedad. Algunos movimientos son lentos, imperceptibles y difusos como es el caso de la reptación, mientras otros pueden alcanzar altas velocidades y definir límites claros como superficies de rotura (SGMA, et al., 2007).

La acumulación dada a partir de un movimiento en masa da lugar a un:

6.2.1. Depósito de vertiente.

Se define como los bloques de roca dispuestos de manera aleatoria, desprendidos de las partes altas de las montañas y depositados en las laderas de éstas (Hurlbut, 1959), lo cual es el resultado de la erosión, el transporte y la depositación, dado por la meteorización de las rocas (Hubp, 2011), los procesos gravitatorios y en algunos casos por la acción del agua. Es común encontrar depósitos de vertiente en zonas montañosas con altas pendientes. En cuanto al material, se caracteriza por presentar bloques gruesos con texturas de baja esfericidad y que van de angulosos a subangulosos (Hurlbut, 1959).

6.3. Patrimonio geológico.

Se define como un grupo de recursos naturales, en su mayoría no renovables, que pueden ser formaciones rocosas, estructuras geológicas, acumulaciones sedimentarias, geoformas o yacimientos mineralógicos, petrológicos o paleontológicos, que son importantes para el estudio y entendimiento de la evolución de la historia geológica de la Tierra, además de los procesos que la han modelado (Durán, et al., 1997). El patrimonio geológico es considerado un recurso estratégico, esto debido a que, si es incorporado en la gestión ambiental dentro de los planes de ordenamiento territorial de los municipios o regiones, entra a fomentar el desarrollo de éstas, contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes por medio de actividades geoturísticas (Rendón, et al., 2017).

7. Organales estudiados en el departamento de Antioquia

Se realizó el estudio de cinco organales en el departamento de Antioquia, en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí:

7.1. Organal Carolina del Príncipe

A continuación, se presenta la caracterización general, geológica y geomorfológica del organal ubicado en el municipio de Carolina del Príncipe.

7.1.1. Características generales

En zona rural del municipio de Carolina del Príncipe, en inmediaciones de la vereda “*La Vega*”, específicamente en coordenadas $6,71701737^{\circ}\text{N}$ $75,28654009^{\circ}\text{W}$, se encuentra un organal de aproximadamente 500 metros de extensión, el cual se dispone de manera profunda en el cauce de la quebrada “*La Vega*”, donde transcurre un flujo de agua de caudal intermedio, que genera una condición húmeda en el mismo (figuras 9 y 10).

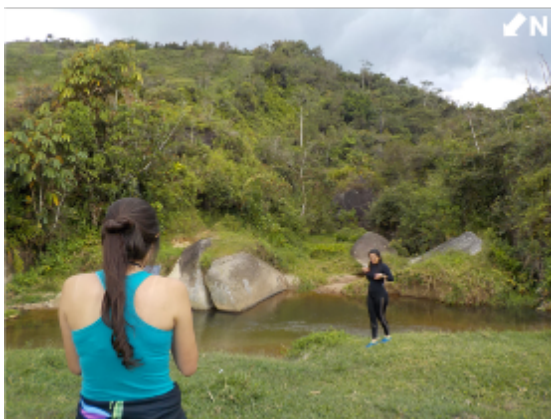


Figura 9. Organal en el cauce de la quebrada “*La Vega*”.



Figura 10. Organal en el cauce de la quebrada “*La Vega*”.

Éste se comprende de bloques de roca con diversas formas y tamaños, los cuales presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, indicando que no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca que constituyen el organal (figuras 11 y 12).

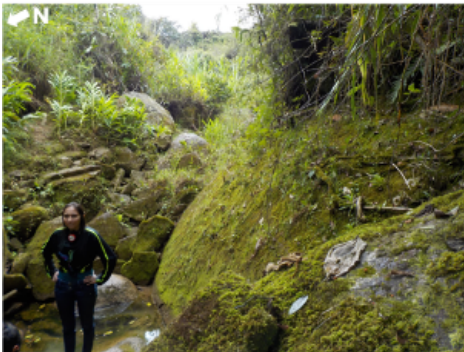


Figura 11. Bloques de roca recubiertos de líquenes y vegetación.



Figura 12. Bloque de roca recubierto de líquenes y vegetación.

Éstos por procesos geológicos se disponen y acumulan según las condiciones del terreno, y dan lugar a cámaras o vacíos, con tamaños que van desde 0,3 a 5 metros de altura y ancho aproximadamente (figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18).



Figura 13. Cámara o vacío con 1,80 metros de altura aproximadamente.

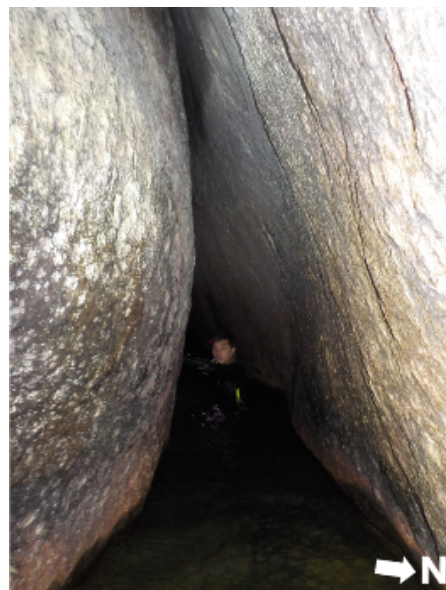


Figura 14. Cámara o vacío con 0,6 metros de ancho aproximadamente.

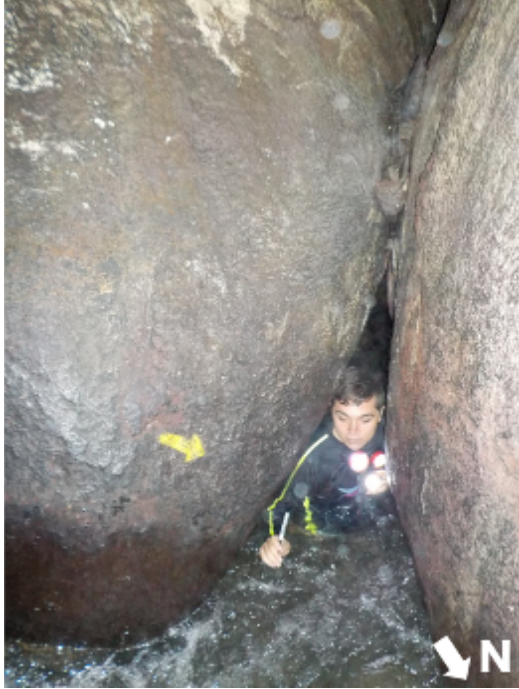


Figura 15. Cámara o vacío con 0,5 metros de ancho aproximadamente.



Figura 16. Cámara o vacío con 0,3 metros de ancho aproximadamente.



Figura 17. Cámara o vacío con 1 metro de ancho aproximadamente.



Figura 18. Cámara o vacío con 1,70 metros de altura aproximadamente.

7.1.2. Características geológicas

Según el (SGC, 2011), el organal de Carolina del Príncipe se localiza al noreste (NE) del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos, donde afloran en su mayoría rocas ígneas pertenecientes a la unidad geológica Batolito Antioqueño, además de rocas metamórficas de medio a alto grado como anfibolitas, esquistos, neises y granulitas pertenecientes a las unidades geológicas Anfibolitas de Medellín, Neis de la Ceja y Granulitas de San Isidro respectivamente.

En términos locales, los bloques de roca correspondientes al organal, presentan una textura fanerítica de grano medio a grueso -2mm a 30mm de diámetro-, con un color que va de gris claro a blancuzco y mineralogía de tipo biotita, cuarzo, hornblenda y plagioclasa. Es por lo anterior que éstos son clasificados como roca ígnea plutónica, específicamente **granodiorita**, relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño (figura 19).



Figura 19. Granodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.

Con respecto a la esfericidad y redondez, según la clasificación de (Arribas et al., 2017) los bloques de roca en su mayoría presentan una baja esfericidad y son subredondeados, lo que indica muy poco transporte de los mismos, sin embargo, una cierta parte de éstos se aprecia con una alta esfericidad y redondez, los cuales son relacionados con la meteorización esferoidal. En cuanto al tamaño, éstos van de 0,3 a 6 metros de altura y diámetro aproximadamente, como se observa en las figuras 20, 21, 22 y 23.

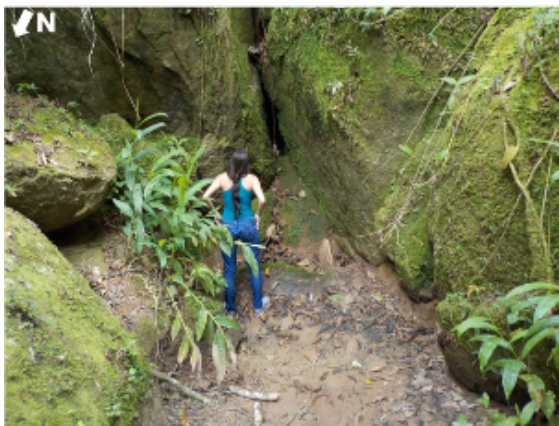


Figura 20. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 4 metros.



Figura 21. Bloque de roca con diámetro de aproximadamente 2 metros.



Figura 22. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,5 a 2 metros.



Figura 23. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.

A través de los bloques de roca transcurre un flujo de agua de caudal intermedio, correspondiente a la quebrada “La Vega” (figura 24).



Figura 24. Bloques de roca a través de los cuales transcurre quebrada “La Vega”.

Acerca de la meteorización en los bloques de roca, se aprecia moderada y de tipo química, específicamente se observan procesos de oxidación y meteorización esferoidal, la primera evidenciada por las tonalidades pardas presentes en la roca, dado por la oxidación del hierro contenido en la misma (figura 25); por su parte la meteorización esferoidal se logra evidenciar por la presencia de capas concéntricas que se encuentran rodeando completamente el núcleo de la roca (figura 26).



Figura 25. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.



Figura 26. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.

7.1.3. Características geomorfológicas

En los alrededores del organal de Carolina del Príncipe, desde la geomorfología regional se define una unidad de relieve, teniendo en cuenta el esquema de jerarquización geomorfológica definida por (CORANTIOQUIA, 2002), ésta es:

Superficie de erosión.

Esta geoforma se logra apreciar mejor en la margen izquierda del cañón del río “*Porce*”, entre los municipios de Carolina del Príncipe y Gómez Plata, la cual tiene continuidad en el valle de la quebrada “*Hojas Anchas*”.

Geomorfológicamente es una zona colinada, con una altura promedio de 1800 msnm, en donde se localizan tres remanentes, el primero cerca al municipio de Anorí, y los otros dos en la margen derecha del río “*Porce*”, entre las localidades de Yolombó al sur (S), hasta Amalfí al norte (N), estos últimos se caracterizan, por presentar una altura original, y no los rasgos geomorfológicos de éste. La zona colinada se encuentra relacionada a la macrounidad *Altiplano Conservado*, y se ubica al oeste (W) del Cañón del río *Medellín-Porce*; por otro lado, los remanentes al este (E), se asocian al *Altiplano Erosionado*.

En términos locales, en la ubicación espacial del organal se encuentran dos tipos de ambientes geomorfológicos, uno de tipo **fluvial** asociado a la quebrada “*La Vega*”, y otro de tipo **denudativo**. Sin embargo, es importante mencionar, que el proceso de formación del organal se encuentra influenciado sólo por el ambiente **denudativo**, en el que son característicos los fenómenos de meteorización, erosión y movimientos gravitatorios.

A continuación, se describen las variables morfométricas en el entorno del organal:

7.1.3.1. Variables morfométricas.

En esta sección son presentados los mapas en escala 1:10.000, obtenidos a partir de las variables morfométricas evaluadas en el entorno del organal, que corresponden a las pendientes, curvatura y relieve relativo:

7.1.3.1.1. Pendientes.

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta pendientes que van de 0° a 45° y mayores a 45°, es decir planas o suaves a muy escarpadas. Las pendientes de menor grado, es decir de 0° a 15° se observan en los valles de las quebradas “Santa Isabel” y “La Teresita”; por su parte las pendientes de mayor grado, es decir de 20° a 45° y mayores a 45° se observan en su mayoría en la parte sureste (SE) y noroeste (NW) de la zona (figura 27).

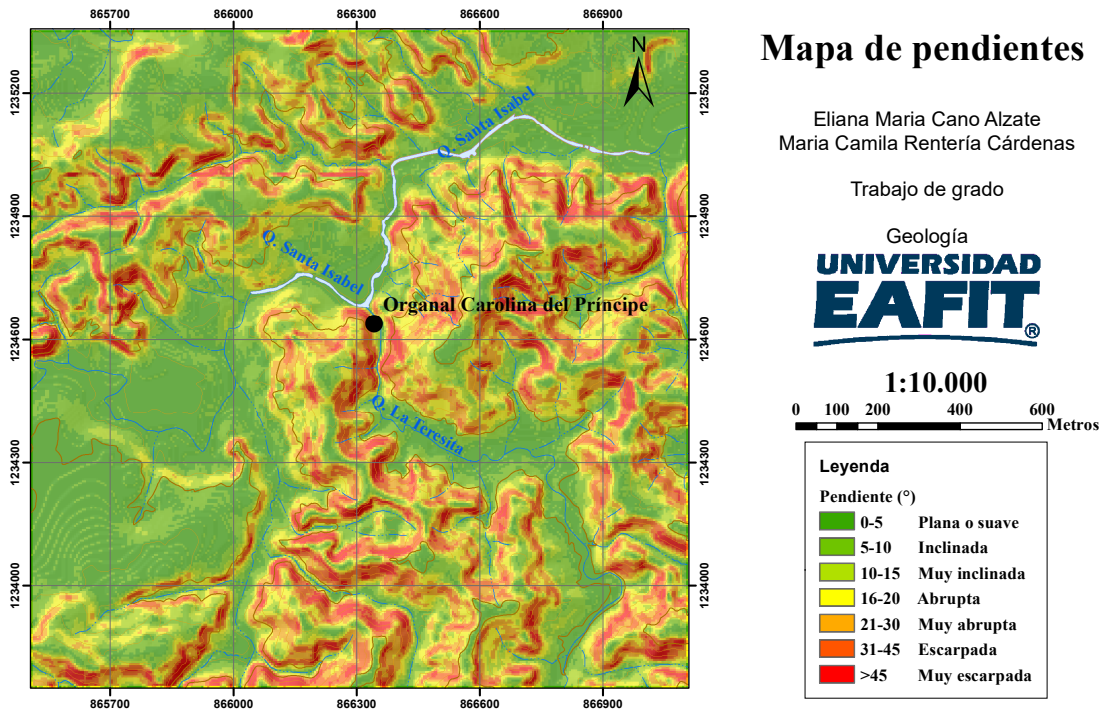


Figura 27. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.

7.1.3.1.2. Curvatura.

Teniendo en cuenta la clasificación de (Regmi, et al., 2010), los valores de curvatura negativos se asocian a superficies convexas, los positivos a superficies cóncavas y los equivalentes a cero a superficies lineales. Ahora bien, la zona se caracteriza por presentar superficies cóncavas (laderas) y superficies convexas (topes) con gran predominancia en la parte sureste (SE) y noreste (NE). Importante mencionar que el valle de las quebradas “Santa Isabel” y “La Teresita” se encuentra relacionado a una superficie cóncava (figura 28).

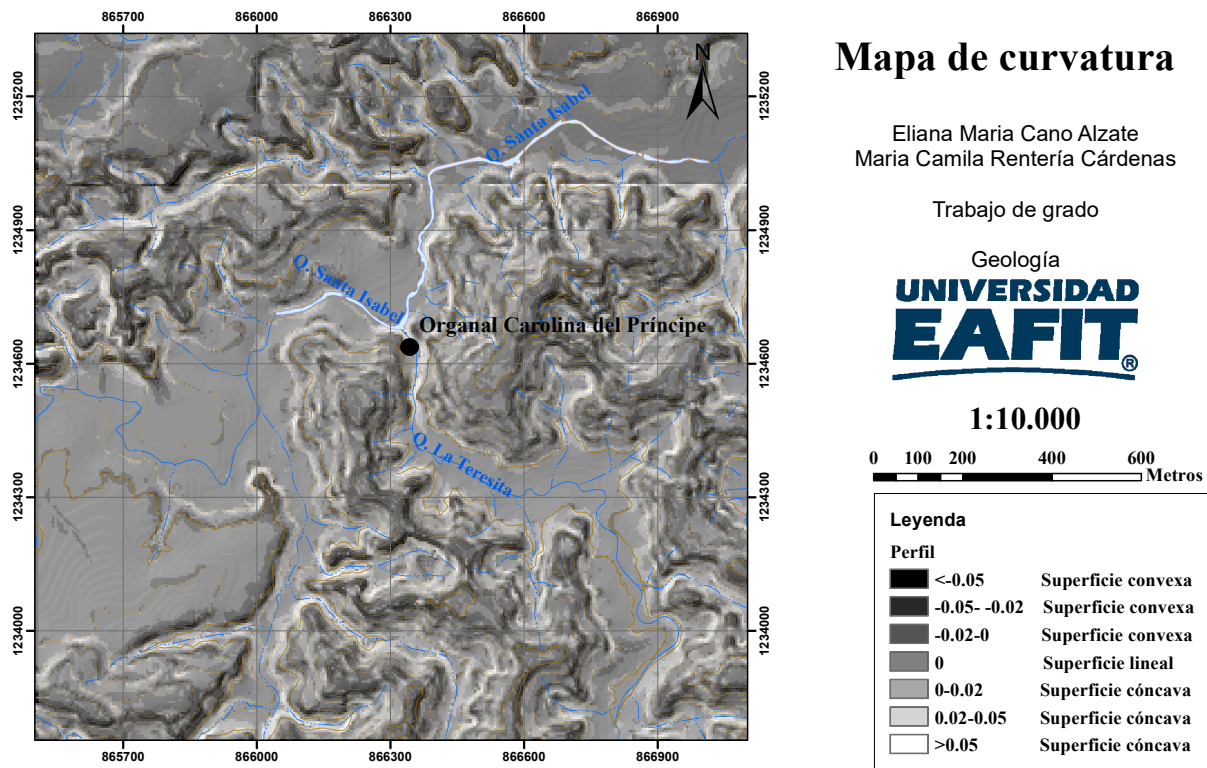


Figura 28. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.

7.1.3.1.3. *Relieve relativo.*

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta valores de relieve relativo menores de 29 metros, es decir muy bajos, los cuales se observan en el valle de las quebradas “*Santa Isabel*” y “*La Teresita*”; por su parte los valores de curvatura que van de 149 a 499 metros y mayores de 500 metros se observan en su mayoría al sureste (SE) y noreste (NE) de la zona (figura 29).

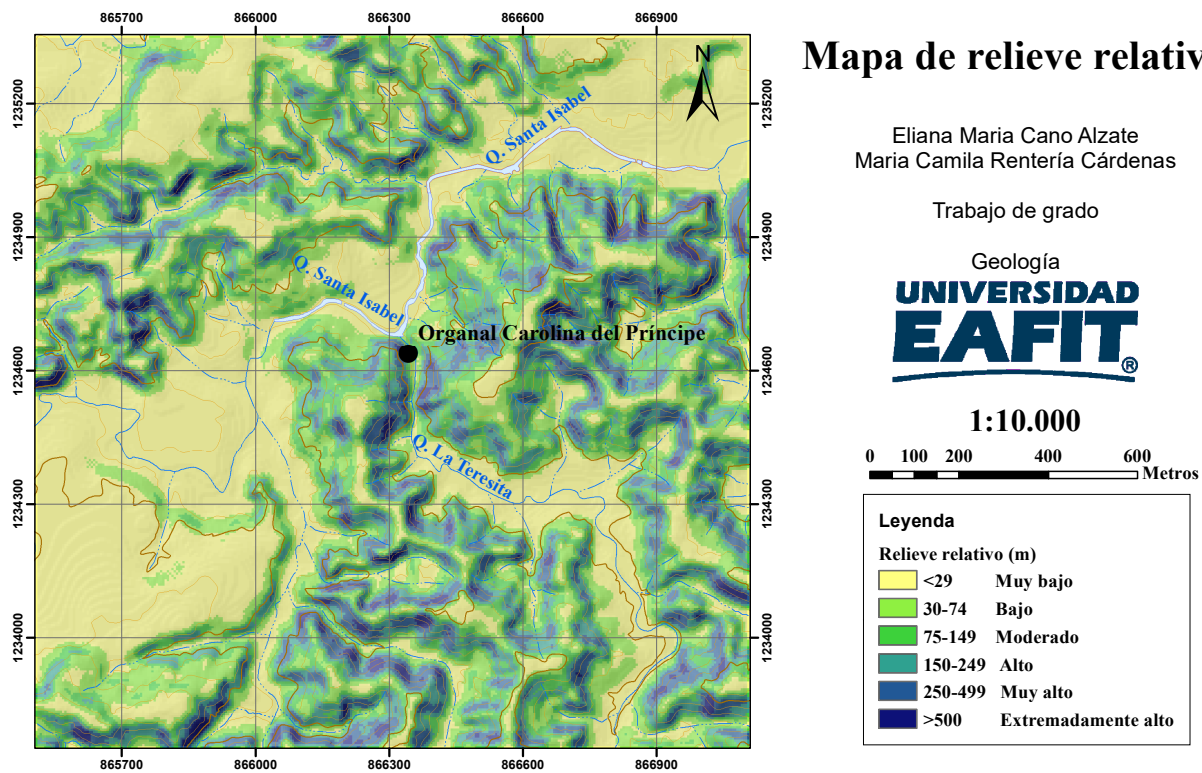


Figura 29. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe.

Para la caracterización y descripción de las geoformas relacionadas a los ambientes geomorfológicos presentes en la zona, se consideró la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), además del tipo de drenaje y las variables morfométricas, es decir, pendientes

(figura 27), curvatura (figura 28) y relieve relativo (figura 29). En virtud de lo mencionado, se obtuvo el siguiente mapa geomorfológico de la zona (figura 30):

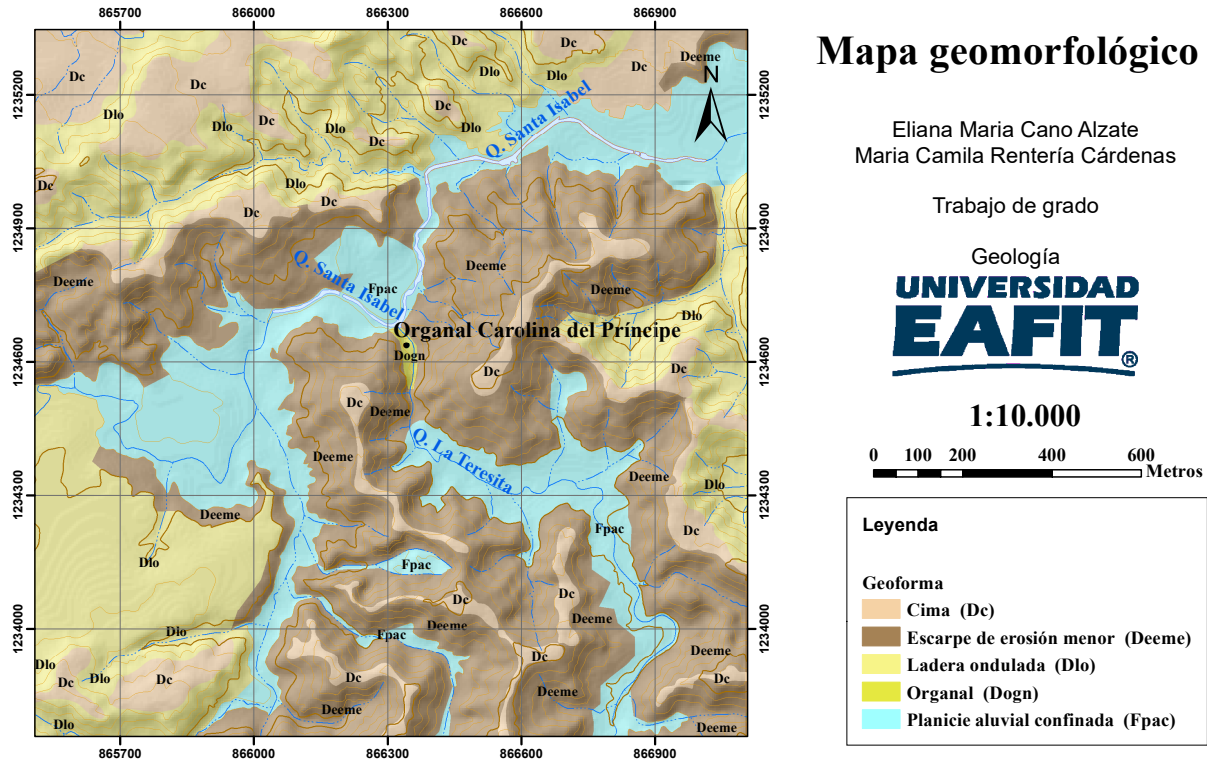


Figura 30. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Carolina del Príncipe; modificado del (SGC, 2015).

A continuación, se describen las geoformas caracterizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ambiente geomorfológico:

- **Ambiente fluvial.**

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Planicie aluvial confinada (Fpac).

Se localiza en las quebradas “Santa Isabel” y “La Teresita”, las cuales se encuentran atravesando la zona de noreste (NE) a suroeste (SW). Presenta un drenaje de tipo subparalelo, con

pendientes de intervalos que van de 0° a 10°, es decir, que van de planas a inclinadas; en cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo lineal.

- **Ambiente denudativo:**

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Cima (Dc).

Se localiza en las partes altas de los escarpes de erosión menor y de las laderas onduladas, los cuales se encuentran distribuidos en toda la zona. Presenta intervalos de pendientes que van de 0° a 10°, es decir, que van de planas o de suaves a inclinadas; en cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros y va de 30 a 74 metros, lo que significa que va de muy bajo a bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo convexa.

Escarpe de erosión menor (Deeme).

En su mayoría se localizan al suroeste (SE) de la zona, limitando la planicie aluvial confinada de la quebrada “*La Teresita*” y “*Santa Isabel*”. Presentan un drenaje de tipo paralelo a subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 16° a 45° y mayores a 45°, es decir, que van de abruptas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 499 metros y mayores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura de tipo convexa.

Ladera ondula (Dlo).

Se localizan principalmente al noreste (NE) y suroeste (SW) de la zona, donde en algunas partes se encuentran limitando con la quebrada “*Santa Isabel*”. Presentan un drenaje de tipo paralelo a subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 16° a 45°, es decir, que van de abruptas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 499 metros y mayores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

La siguiente geoforma no se encuentra dentro de la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), sin embargo, es caracterizada a partir de los criterios geomorfológicos estudiados en campo y relacionada con un ambiente de tipo denudativo:

Organal (Dogn).

Agrupación de bloques de roca localizados en el valle *confinado* de la quebrada “*La vega*” con pendiente de aproximadamente 30° y márgenes de pendientes mayores a 45°, las cuales tienen una relación directa con el organal, debido a que presentan la misma litología, es decir granodiorita asociada a la unidad geológica Batolito Antioqueño; en cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; presenta una curvatura de tipo cóncava relacionada al valle, y de tipo convexa relacionada a las márgenes.

7.1.4. Interpretación del origen del organal.

A partir de la geología, la geomorfología y los parámetros morfodinámicos relacionados con la ubicación espacial del organal, se determina que el origen y procedencia de los bloques de roca que lo constituyen, se encuentran relacionados a los siguientes eventos:

- **Evento 1:** El macizo rocoso es fracturado y da lugar a “*grietas*” por donde se da la **percolación de fluidos**.
- **Evento 2:** La percolación de fluidos a través de la roca, da lugar a **procesos de meteorización**, en donde quedan bloques de roca embebidos en una matriz.
- **Evento 3:** La **erosión** expone los bloques de roca, que por un **movimiento en masa** es transportado ladera abajo por acción de la gravedad.
- **Evento 4:** Los bloques de roca se acumulan ladera abajo y en el cauce de la quebrada, dando lugar a un **depósito de vertiente**.
- **Evento 5:** Por acción de la corriente de agua se da un lavado de la matriz en menor medida, donde quedan los bloques de roca que constituyen el **organal**.

El perfil de meteorización es evidenciado en la ubicación espacial del organal, por la presencia de bloques de roca embebidos en una matriz de composición arenosa (figura 31), los cuales por procesos de erosión fueron expuestos. Adicionalmente, características como las altas pendientes ($>45^\circ$) en la zona, favorecieron que, a partir de un movimiento en masa, éstos cayeran por gravedad y se acumularan ladera abajo y en el cauce de la quebrada “*La Vega*”, generando un depósito de vertiente, donde además, por acción de la corriente de agua se dio un lavado parcial de la matriz, dando lugar al organal.



Figura 31. Bloques de roca embebidos en matriz de composición arenosa.

Cabe señalar que características como la poca energía por parte de la quebrada y la baja esfericidad y redondez de los bloques de roca, permitieron determinar que no se dio un transporte de los mismos por parte de la quebrada, sino que finalmente su transporte fue a partir de un movimiento en masa en la zona.

Con respecto a la evolución del organal, los bloques de roca que lo constituyen presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, además de una meteorización moderada, indicando que después de su formación no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*; la figura 32 muestra un esquema de los procesos que inciden en la formación del organal, lo cual contribuye a un mejor entendimiento de su origen:

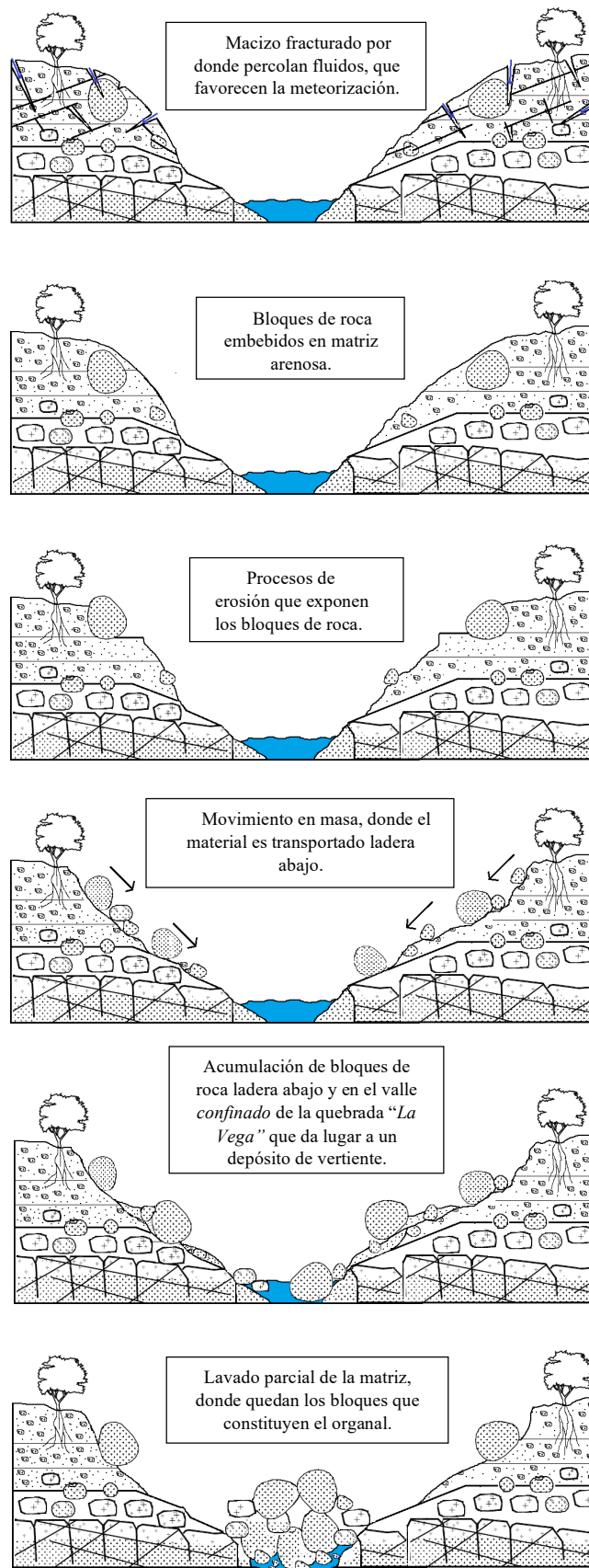


Figura 32. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Carolina del Príncipe; modificado de (Suarez, 2009).

7.2. Organal Donmatías

A continuación, se presenta la caracterización general, geológica y geomorfológica del organal ubicado en el municipio de Donmatías.

7.2.1. Características generales

En zona rural del municipio de Donmatías, en inmediaciones de la vereda “*El Mocerongo*”, específicamente en coordenadas **6,54239908°N 75,38256981W**, se encuentra un organal de aproximadamente 800 metros de extensión, el cual se dispone de manera superficial en el cauce de río “*Grande*”, donde transcurre un flujo de agua de alto caudal, que genera una condición húmeda en el organal (figuras 33 y 34).



Figura 33. Organal en el cauce de río “*Grande*”, con bloques de roca en sus laderas.



Figura 34. Organal en el cauce de río "Grande"

Éste se comprende de bloques de roca con diversas formas y tamaños, los cuales presentan un muy bajo desarrollo de líquenes y vegetación -casi nulo-, indicando que se ha sufrido o se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca que constituyen el organal (figuras 35 y 36).



Figura 35. Bloques de roca pulidos, que constituyen el organal.



Figura 36. Bloques de roca pulidos, que constituyen el organal.

Éstos por procesos geológicos se disponen y acumulan según las condiciones del terreno, y dan lugar a cámaras o vacíos, con tamaños que van desde 0,2 a 1 metro de altura aproximadamente (figuras 37 y 38).



Figura 37. Cámara o vacío con aproximadamente 0,3 metros de altura.



Figura 38. Cámara o vacío con aproximadamente 1 metro de altura.

7.2.2. Características geológicas

Según el (SGC, 2011), el organal de Donmatías se localiza al suroeste (SW) del mapa geológico de la plancha 131 Santa Rosa de Osos, donde afloran en su mayoría rocas ígneas pertenecientes a la unidad geológica Batolito Antioqueño, además de rocas metamórficas de medio a alto grado como anfibolitas, esquistos, neises y granulitas, pertenecientes a las unidades geológicas Anfibolitas de Medellín, Neis de la Ceja y Granulitas de San Isidro respectivamente.

En términos locales, los bloques de roca que constituyen el organal, presentan una textura fanerítica de grano medio a grueso -2mm a 30mm de diámetro-, con un color que va de gris claro a blancuzco y mineralogía de tipo biotita, cuarzo, hornblenda y plagioclasa. Es por lo anterior que

éstos son clasificados como roca ígnea plutónica, específicamente **granodiorita**, relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño (figura 39).



Figura 39. Granodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.

Con respecto a la esfericidad y redondez, según la clasificación de (Arribas et al., 2017) los bloques de roca de mayor tamaño, en su mayoría presentan una baja esfericidad, sin embargo, los de menor tamaño van de subangulosos a subredondeados, lo que indica un mayor transporte de los mismos por parte del río. Referente al tamaño, éstos van de 0,1 a 5 metros de diámetro aproximadamente, como se observa en las figuras 40, 41, 42 y 43, a través de los cuales transcurre un flujo de agua de alto caudal, correspondiente a río “Grande”.



Figura 40. Bloque de roca con diámetro de 1,5 metros aproximadamente.



Figura 41. Bloque de roca con diámetro de 2 metros aproximadamente.



Figura 42. Bloque de roca con diámetro de 3 metros aproximadamente.



Figura 43. Bloques de roca con diámetros de 1 a 4 metros aproximadamente.

Acerca de la meteorización en los bloques de roca, se aprecia con una intensidad leve y de tipo química, específicamente se observan procesos de oxidación y meteorización esferoidal, la primera evidenciada por las tonalidades pardas presentes en la roca, dado por la oxidación del hierro contenido en la misma (figura 44); por su parte meteorización la esferoidal se logra evidenciar en su mayoría en los bloques de roca de menor tamaño, en los que se observan capas concéntricas que se encuentran rodeando completamente el núcleo de la roca (figura 45).



Figura 44. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación y líquenes.



Figura 45. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.

7.2.3. Características geomorfológicas

En los alrededores del organal de Donmatías, desde la geomorfología regional se define una unidad de relieve, teniendo en cuenta el esquema de jerarquización geomorfológica definida por (CORANTIOQUIA, 2002), ésta es:

Cañón del río Porce-Medellín.

Hace referencia al cañón del río Medellín-Porce desde el nacimiento en el alto de San Miguel cerca de la desembocadura del río Mata (Segovia). Esta geoforma presenta características erosivas en donde se identificaron macrounidades, teniendo en cuenta su ubicación relativa, por lo que se definieron vertientes altas, medias, bajas, continuas y fondo.

Este cañón divide los altiplanos de Belmira-San Miguel-Sonsón, Santa Rosa-Santa Elena-La Unión, Carolina-Gomez Plata y Anorí-Amalfi-Yolombó.

En términos locales, la ubicación espacial y el origen del organal, se encuentran influenciados por dos tipos de ambientes geomorfológicos, uno de tipo **fluvial** asociado a río “Grande”, y otro de tipo **denudativo**, en el que son característicos los fenómenos de meteorización, erosión, movimientos gravitatorios y flujos de escombros, es decir los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa.

A continuación, se describen las variables morfométricas en el entorno del organal:

7.2.3.1. Variables morfométricas.

En esta sección son presentados los mapas en escala 1:10.000, obtenidos a partir de las variables morfométricas evaluadas en el entorno del organal, que corresponden a las pendientes, curvatura y relieve relativo:

7.2.3.1.1. Pendientes.

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta pendientes que van de 0 a 45° y mayores a 45°, es decir planas o suaves a muy escarpadas. Las pendientes de menor grado, es decir de 5° a 15° se observan en el valle de río “Grande”; por su parte las pendientes de mayor grado, es decir de 20° a 40° se observan en la parte sur (S) y norte (N) de la zona (figura 46).

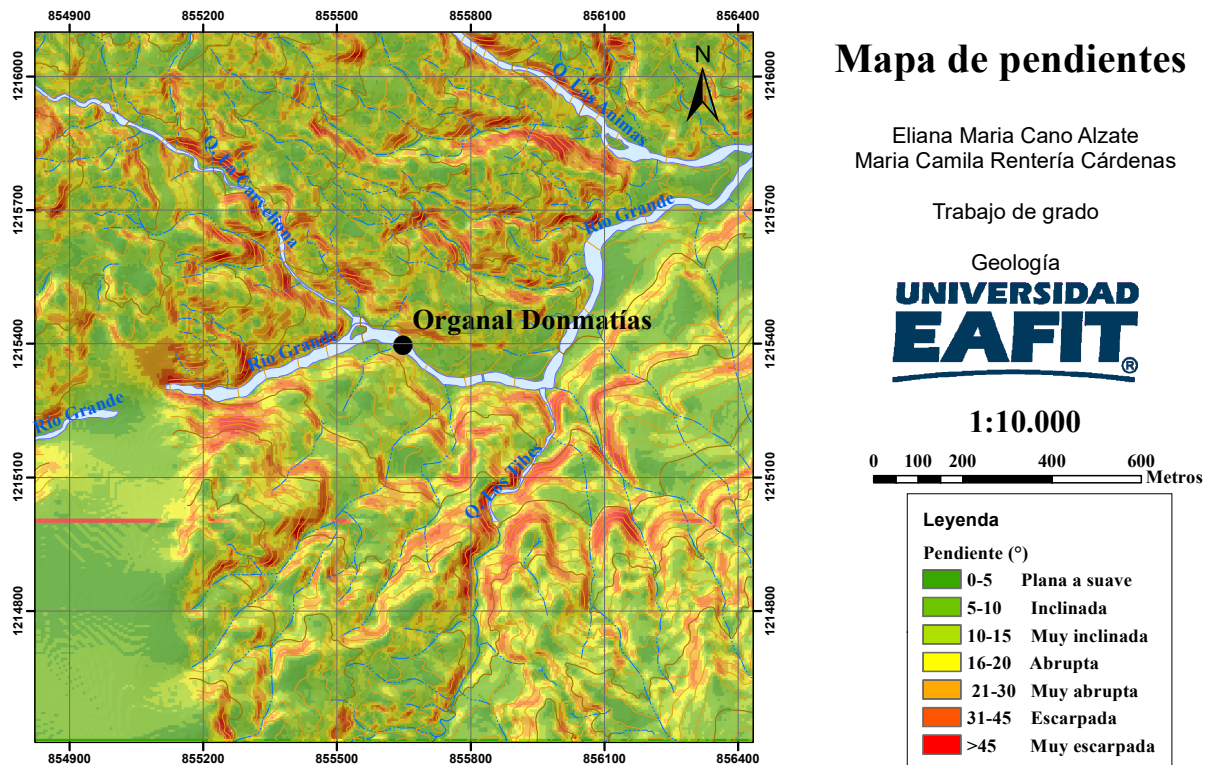


Figura 46. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Donmatías.

7.2.3.1.2. Curvatura.

Teniendo en cuenta la clasificación de (Regmi, et al., 2010), los valores de curvatura negativos se asocian a superficies convexas, los positivos a superficies cóncavas y los equivalentes a cero a superficies lineales. Ahora bien, la zona se caracteriza por presentar superficies cóncavas (laderas) y superficies convexas (topes) con gran predominancia en la parte sureste (SE) y noroeste (NW). Importante mencionar que el valle de río “Grande” y las quebradas “Los Tibes”, “Las Animas” y “La Carveliona”, se encuentra relacionado a una superficie cóncava (figura 47).

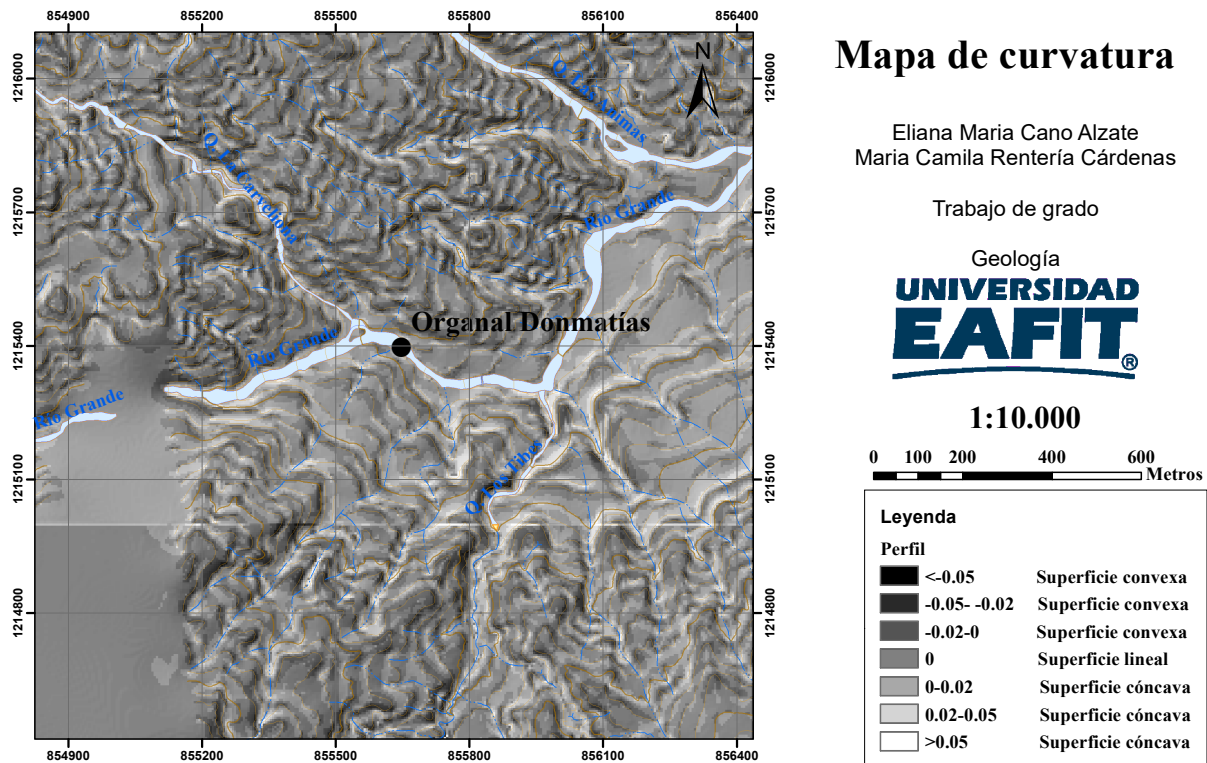


Figura 47. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Donmatías.

7.2.3.1.3. *Relieve relativo.*

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta valores de relieve relativo menores de 29 metros, es decir muy bajos, los cuales se observan en el valle de río “Grande”; por su parte los valores que van de 149 a 400 metros se observan en las laderas localizadas al sur (S) y norte (N) de la zona (figura 48).

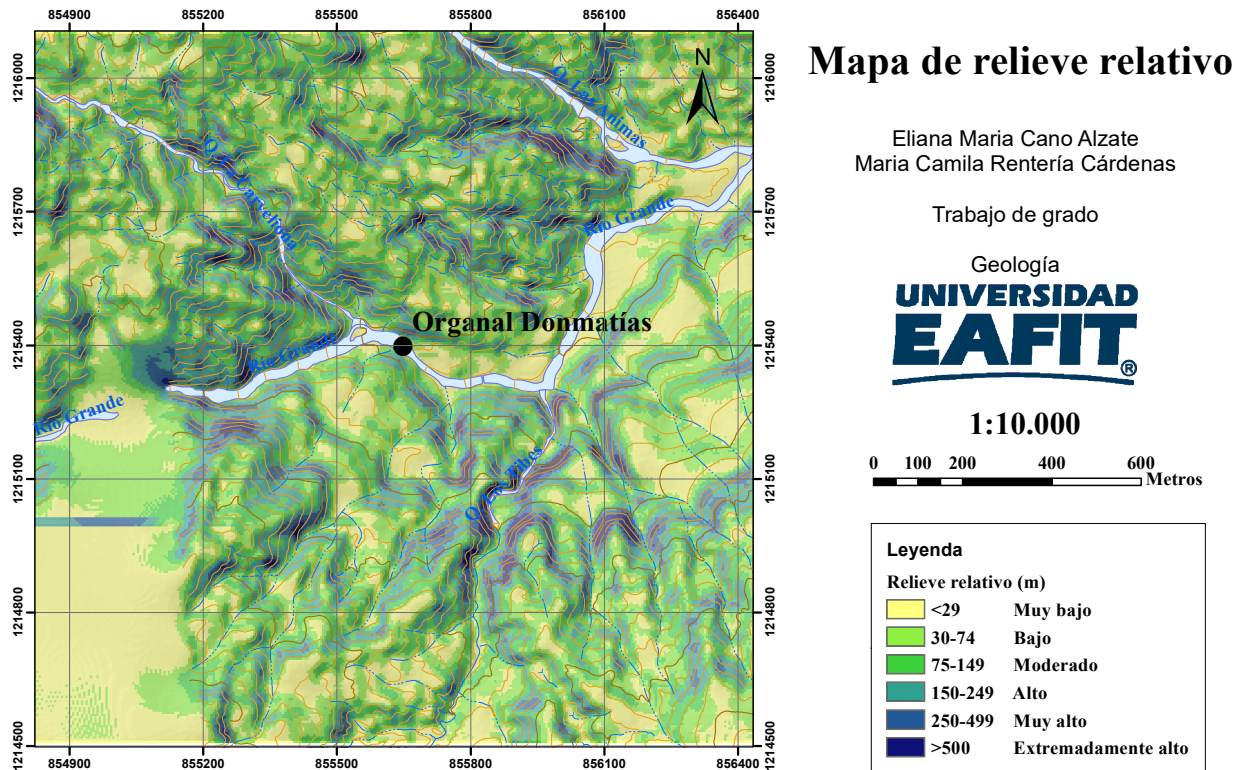


Figura 48. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Donmatías.

Para la caracterización y descripción de las geoformas asociadas a la ubicación espacial del organal y a los ambientes geomorfológicos presentes en la zona, se consideró la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), además del tipo de drenaje y las variables morfométricas, es decir, pendientes (figura 46), curvatura (figura 47) y relieve relativo (figura 48). En virtud de lo mencionado, se obtuvo el siguiente mapa geomorfológico de la zona (figura 49):

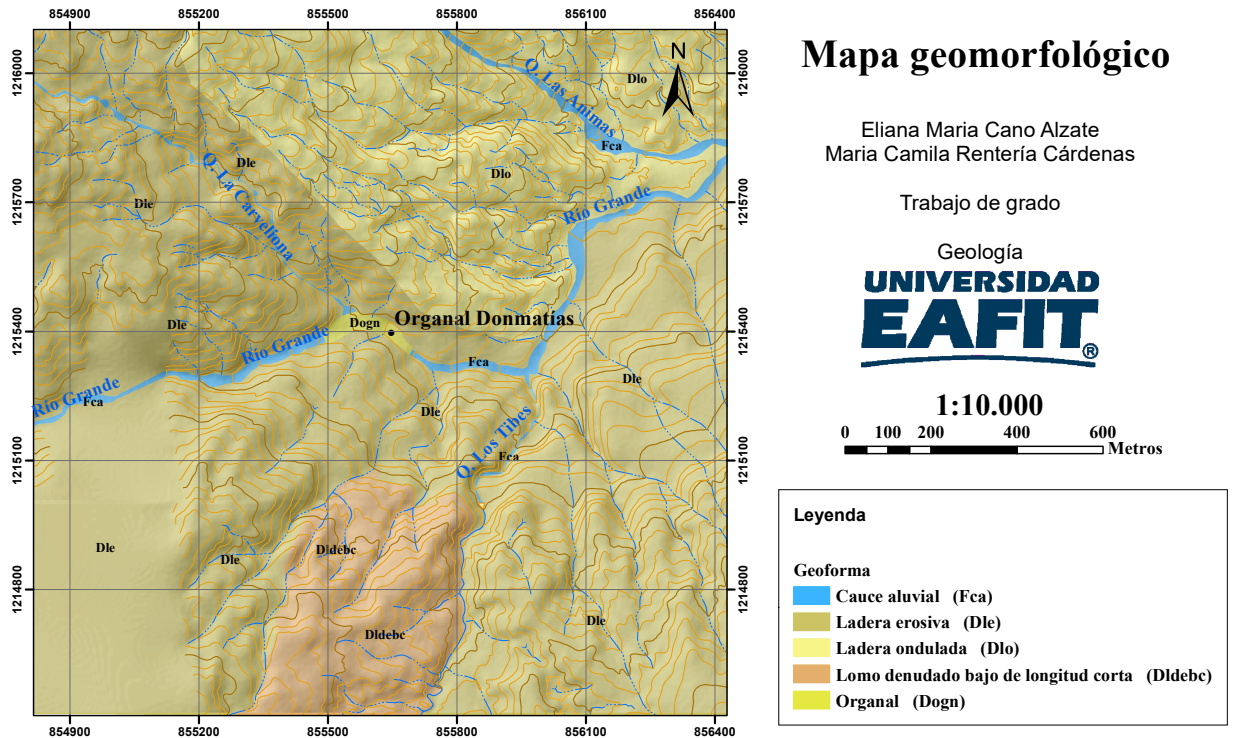


Figura 49. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Donmatías; modificado del (SGC, 2015).

A continuación, se describen las geomorfomas caracterizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ambiente geomorfológico:

- **Ambiente fluvial:**

Las geformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Cauce aluvial (Fca).

Se localiza en el valle de río “Grande”, el cual se encuentra atravesando la zona de oeste (W) a noreste (NE). Presenta pendientes de intervalos que van de 0° a 5°, es decir, que van de planas a

suaves; en cuanto al relieve relativo éste es menor a 29 metros, lo que significa que es muy bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

- **Ambiente denudativo:**

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Ladera erosiva (Dle).

Son las geoformas con mayor predominancia en la zona, éstas se localizan en la parte oeste (W) y sureste (SE), limitando con río “*Grande*”. Presentan un drenaje de tipo subparalelo a subdendrítico, con intervalos de pendientes que van de 10° a 45°, es decir, que van de muy inclinadas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 30 a 499 metros, lo que significa que va de bajo a muy alto; finalmente presenta una curvatura tipo cóncava.

Ladera ondulada (Dlo).

Se localizan al norte (N) de la zona, limitando en la parte inferior con una ladera erosiva. Presentan drenaje de tipo dendrítico a subdendrítico, con intervalos de pendientes que van de 10° a 45°, es decir, que van de muy inclinadas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 149 a 499 metros y mayores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura en los cauces de tipo cóncava y las laderas de tipo convexo.

Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc).

Se localiza al norte (N) de la zona de estudio, limitando en la parte más baja con el escarpe de erosión menor. Presenta un drenaje de tipo subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 10° y 45°, es decir, que van de muy inclinadas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 250 metros, lo que significa que va de moderado a muy alto; finalmente presenta una curvatura en los cauces de tipo cóncava y en las laderas de tipo convexa.

La siguiente geoforma no se encuentra dentro de la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), sin embargo, es caracterizada a partir de los criterios geomorfológicos estudiados en campo y relacionada con un ambiente de tipo denudativo:

Organal (Dogn).

Agrupación de bloques de roca localizados en el valle *no confinado* de río “Grande” con pendiente de 30° y márgenes de pendientes que van de 20° a 40°, las cuales tienen una relación directa con el organal, debido a que presentan la misma litología, es decir granodiorita asociada a la unidad geológica Batolito Antioqueño. En cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; y presenta una curvatura de tipo cóncava relacionada al valle, y de tipo convexa relacionada a las márgenes.

7.2.4. Interpretación del origen del organal

A partir de la geología, la geomorfología y los parámetros morfodinámicos relacionados con la ubicación espacial del organal, se determina que el origen y procedencia de los bloques de roca que lo constituyen, se encuentran relacionados a los siguientes eventos:

- **Evento 1:** El macizo rocoso es fracturado y da lugar a “*grietas*” por donde se da la **percolación de fluidos**.
- **Evento 2:** La percolación de fluidos a través de la roca, da lugar a **procesos de meteorización**, en donde quedan bloques de roca embebidos en una matriz.
- **Evento 3:** La **erosión** expone los bloques de roca, que por un **movimiento en masa** son transportados ladera abajo por acción de la gravedad.
- **Evento 4:** Los bloques de roca se acumulan ladera abajo y en el cauce del río, dando lugar a un **depósito de vertiente**.
- **Evento 5:** Por acción de la corriente de agua se da un lavado de la matriz en mayor medida, donde quedan los bloques de roca que constituyen el **organal**. Algunos bloques de menor tamaño son transportados por el río.

El depósito de vertiente es evidenciado en la ubicación espacial del organal, por la presencia de bloques remanentes en las laderas onduladas y escalonadas de río “*Grande*” (figuras 50, 51 y 52), los cuales presentan una baja redondez y variedad de tamaños, indicando que hacían parte de un perfil de meteorización, que como consecuencia de la erosión fueron dispuestos en superficie, y en donde características como las altas pendientes ($>45^\circ$) favorecieron que a partir de un movimiento en masa, éstos cayeran por gravedad (con un alto *run-out* determinado por la gran

extensión de las laderas de río “Grande”), y se acumularan en la parte más baja de la ladera y en el cauce de río “Grande”, donde además, por acción de la corriente de agua se dio un lavado de la matriz, dando lugar al organal.



Figura 50. Bloques remanentes en las laderas onduladas y escalonadas de río “Grande”.



Figura 51. Bloques remanentes en las laderas onduladas y escalonadas de río “Grande”.



Figura 52. Ejemplo del inicio de la formación del organal. Se observaron bloques en la superficie producto de la erosión que actúan sobre materiales meteorizados. Foto tomada en: **Don Matías.**

Asimismo, el transporte de los bloques de roca de menor tamaño, es relacionado también, con la acción de la corriente de agua, debido a la alta energía por parte del río, y a que en ellos se observan cicatrices o huellas de impacto y una alta esfericidad y redondez (figura 53).



Figura 53. Bloque de roca con cicatriz o huella de impacto.

Con respecto a la evolución del organal, los bloques de roca que lo constituyen presentan un muy bajo desarrollo de líquenes y vegetación -casi que nulo-, además de una leve intensidad de meteorización, indicando que después de su formación se ha sufrido o se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *poco estable*; la figura 54 muestra un esquema de los procesos que inciden en la formación del organal, lo cual contribuye a un mejor entendimiento de su origen:

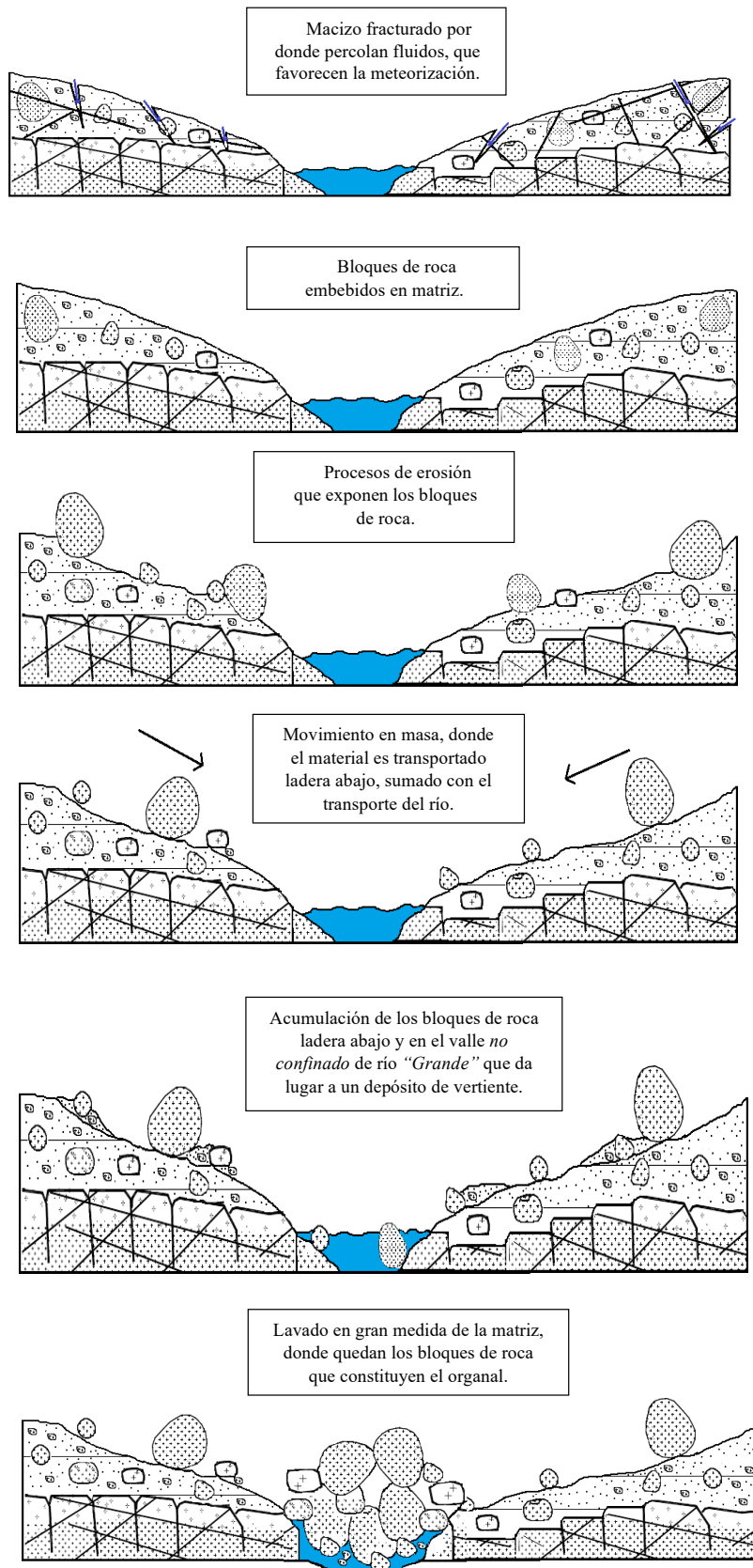


Figura 54. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Donmatías; modificado de (Suarez, 2009).

7.3. Organal San Rafael

A continuación, se presenta la caracterización general, geológica y geomorfológica del organal ubicado en el municipio de San Rafael.

7.3.1. Características generales

En zona urbana del municipio de San Rafael, en el barrio “*La Veta*”, específicamente en coordenadas $6,29733932^{\circ}\text{N}$ $75,02797781^{\circ}\text{W}$, se encuentra un organal de aproximadamente 100 metros de extensión, el cual se dispone de manera profunda en el cauce de la quebrada “*La Veta*”, donde transcurre un flujo de agua de bajo caudal, que genera una condición húmeda en el organal (figuras 55 y 56).



Figura 55. Organal en zona urbana del municipio de San Rafael, específicamente en el barrio “La Veta”.



Figura 56. Organal en el cauce de quebrada “La Veta”.

Éste se comprende de bloques de roca con diversas formas y tamaños, los cuales presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, indicando que no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca que constituyen el organal (figuras 57, 58 y 59).



Figura 57. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.



Figura 58. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.



Figura 59. Presencia de vegetación y líquenes en bloques de roca que constituyen el organal.

Éstos por procesos geológicos se disponen y acumulan según las condiciones del terreno, y dan lugar a cámaras o vacíos, con tamaños que van desde 0,3 a 2 metros de altura y ancho aproximadamente (figuras 60, 61, 62, 63, 64 y 65).



Figura 60. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 0,3 metros.



Figura 61. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 2 metros.



Figura 62. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 1,50 metros.



Figura 63. Cámara o vacío con altura de aproximadamente 1,80 metros.



Figura 64. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 1,5 metros.



Figura 65. Cámara o vacío con ancho de aproximadamente 1 metro.

7.3.2. Características geológicas

Según el (SGC, 1970), el organal de San Rafael se localiza al noroeste (NW) del mapa geológico de la plancha 148 San Carlos, donde afloran al oeste (W) predominantemente rocas ígneas pertenecientes a la unidad geológica Batolito Antioqueño (cuarzodioritas), y al este (E), rocas metamórficas de la unidad geológica Rocas Metamórficas de la Cordillera Central al Oeste de la Falla Otú.

En términos locales, los bloques de roca correspondientes al organal, presentan una textura fanerítica de grano medio a grueso -2mm a 30mm de diámetro-, con un color que va de gris claro a blancuzco y mineralogía de tipo biotita, hornblenda, plagioclasa y gran cantidad de fenocristales de cuarzo. Es por lo anterior que éstos son clasificados como roca ígnea plutónica, específicamente **cuarzodiorita**, relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño (figura 66). Ésta, además, presenta cloritización, determinado por la presencia de Clorita, que da lugar a una coloración verdosa en la roca (figura 67).



Figura 66. Cuarzodiorita relacionada a la unidad geológica Batolito Antioqueño.



Figura 67. Cloritización en cuarzodiorita

Con respecto a la esfericidad y redondez, según la clasificación de (Arribas et al., 2017) los bloques de roca en su mayoría presentan una baja esfericidad y van de subredondeados a redondeados, lo que indica muy poco transporte de los mismos. Referente al tamaño, éstos van de 0,3 a 5 metros de diámetro aproximadamente, como se observa en las figuras 68, 69 y 70.



Figura 68. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 3 metros.



Figura 69. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,3 a 2 metros.



Figura 70. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 5 metros.

A través de los bloques de roca transcurre un flujo de agua de bajo caudal correspondiente a la quebrada “*La Veta*” (figura 71).



Figura 71. Bloques de roca a través de los cuales transcurre quebrada “*La Veta*”.

Acerca de la meteorización en los bloques de roca, se aprecia moderada y de tipo química, específicamente se observan procesos de oxidación y meteorización esferoidal, la primera evidenciada por las tonalidades pardas presentes en la roca, dado por la oxidación del hierro contenido en la misma (figura 72); por su parte la meteorización esferoidal se evidencia por la presencia de capas concéntricas que se encuentran rodeando completamente el núcleo de la roca (figura 73).



Figura 72. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación



Figura 73. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal

7.3.3. Características geomorfológicas

En los alrededores del organal de San Rafael, desde la geomorfología regional se define una unidad de relieve, teniendo en cuenta el esquema de jerarquización geomorfológica definida por (CORANTIOQUIA, 2002), ésta es:

Frente erosivo del Magdalena.

Se localiza al este (E) del departamento de Antioquia, presentando una extensión que va desde los límites departamentales con Caldas al sur (S) hasta Bolívar al norte (N); ésta presenta tres macrounidades, la primera de incisión baja se localiza al norte (N) del río “Nare” y en casi la totalidad de la jurisdicción de Corantioquia; la de incisión media se localiza en la parte final del cañón del río “Samaná-Nare”; y finalmente la tercera de incisión alta se localiza principalmente en Jurisdicción de Cornare.

En términos locales, en la ubicación espacial del organal se encuentran dos tipos de ambientes geomorfológicos, uno de tipo **fluvial** asociado a la quebrada “La Veta”, y otro de tipo **denudativo**. Sin embargo, es importante mencionar, que el proceso de formación del organal se encuentra influenciado sólo por el ambiente **denudativo**, en el que son característicos los fenómenos de meteorización, erosión y movimientos gravitatorios, es decir los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa.

A continuación, se describen las variables morfométricas en el entorno del organal:

7.3.3.1. Variables morfométricas

En esta sección son presentados los mapas en escala 1:10.000, obtenidos a partir de las variables morfométricas evaluadas en el entorno del organal, que corresponden a las pendientes, curvatura y relieve relativo:

7.3.3.1.1. Pendientes

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta pendientes que van de 0° a 45° y mayores a 45° , es decir planas o suaves a muy escapadas. Las pendientes de menor grado, es decir de 5° a 15° se observan en las llanuras de inundación del río “Guatapé” y la quebrada “El Volcán”; por su parte las pendientes de mayor grado, es decir de 31° a 45° y mayores 45° se observan en las laderas localizadas al sur (S) y norte (N) de la zona (figura 74).

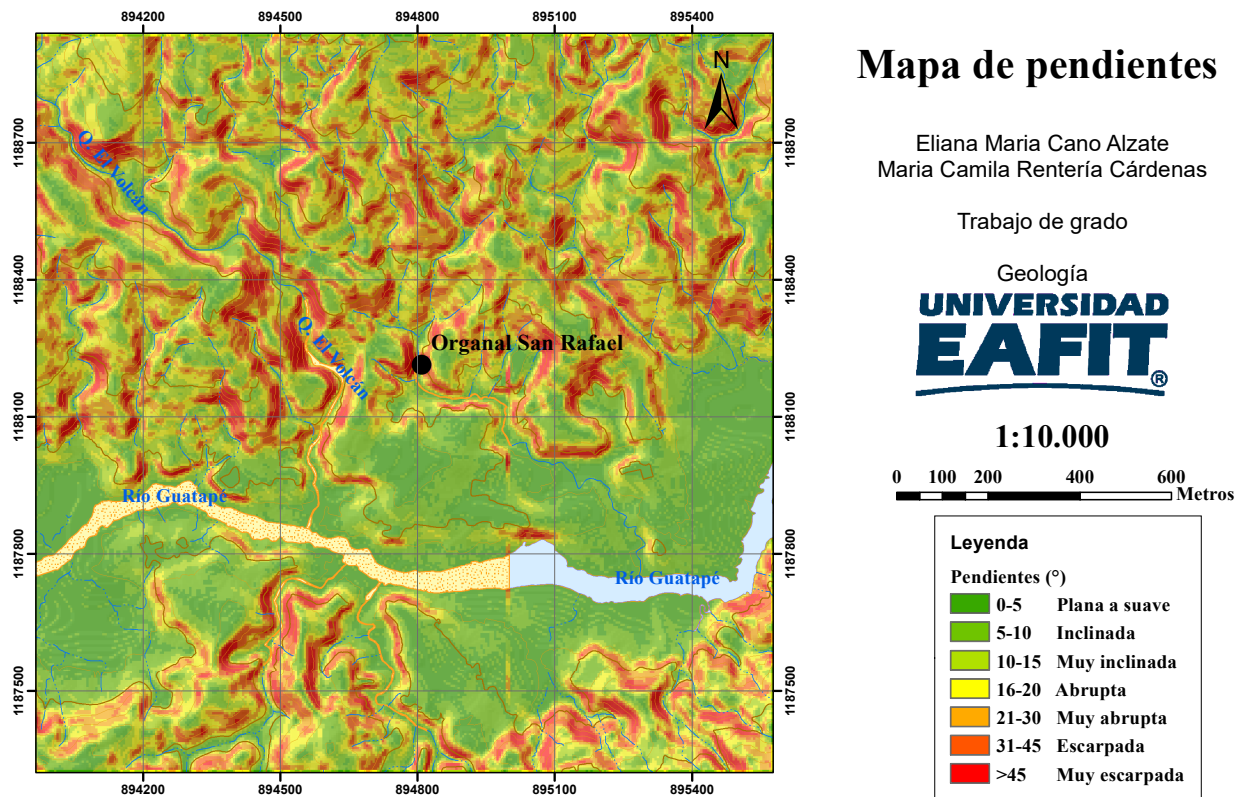


Figura 74. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal San Rafael.

7.3.3.1.2. Curvatura

Teniendo en cuenta la clasificación de (Regmi, et al., 2010), los valores de curvatura negativos se asocian a superficies convexas, los positivos a superficies cóncavas y los equivalentes a cero a superficies lineales. Ahora bien, la zona se caracteriza por presentar superficies cóncavas (laderas) y superficies convexas (topes) con gran predominancia en la parte sur (S) y norte (N). Importante mencionar que el valle del río “Guatapé” y la quebrada “El Volcán” se encuentra relacionado a una superficie cóncava (figura 75).

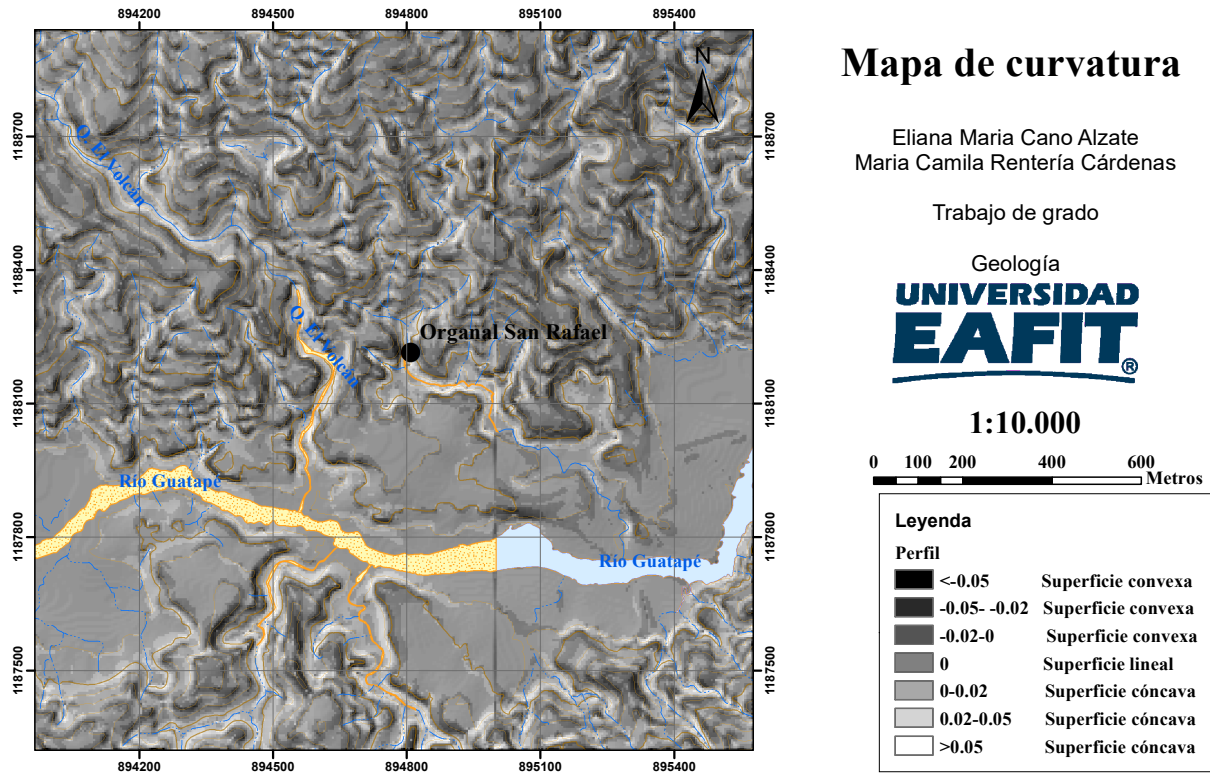


Figura 75. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal San Rafael.

7.3.3.1.3. *Relieve relativo*

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta valores de relieve relativo menores de 29 metros, es decir muy bajos, los cuales se observan en el valle de río “Guatapé”; por su parte los valores que van de 240 a 499 y mayores de 500 metros se observan en las laderas localizadas al sur (S) y norte (N) de la zona (figura 76).

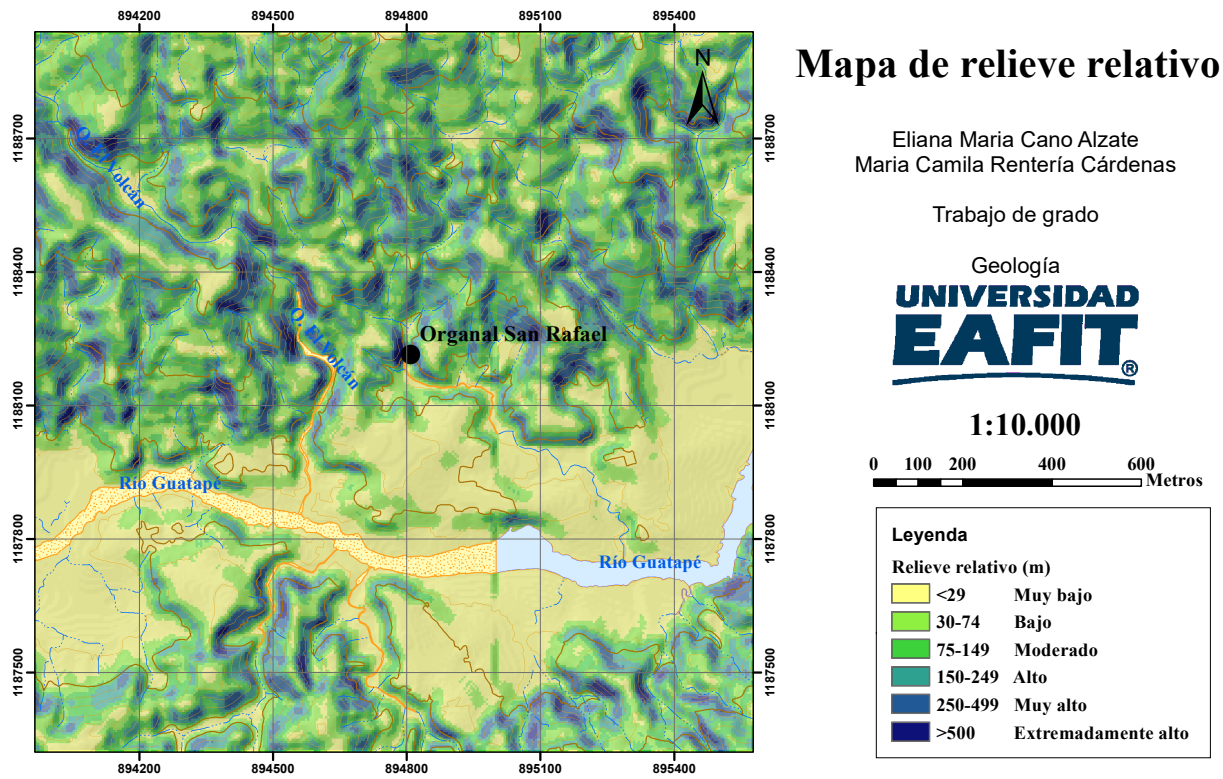


Figura 76. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal San Rafael.

Para la caracterización y descripción de las geformas asociadas a la ubicación espacial del organal y a los ambientes geomorfológicos presentes en la zona, se consideró la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), además del tipo de drenaje y las variables morfométricas,

es decir, pendientes (figura 74), curvatura (figura 75) y relieve relativo (figura 76). En virtud de lo mencionado, se obtuvo el siguiente mapa geomorfológico de la zona (figura 77):

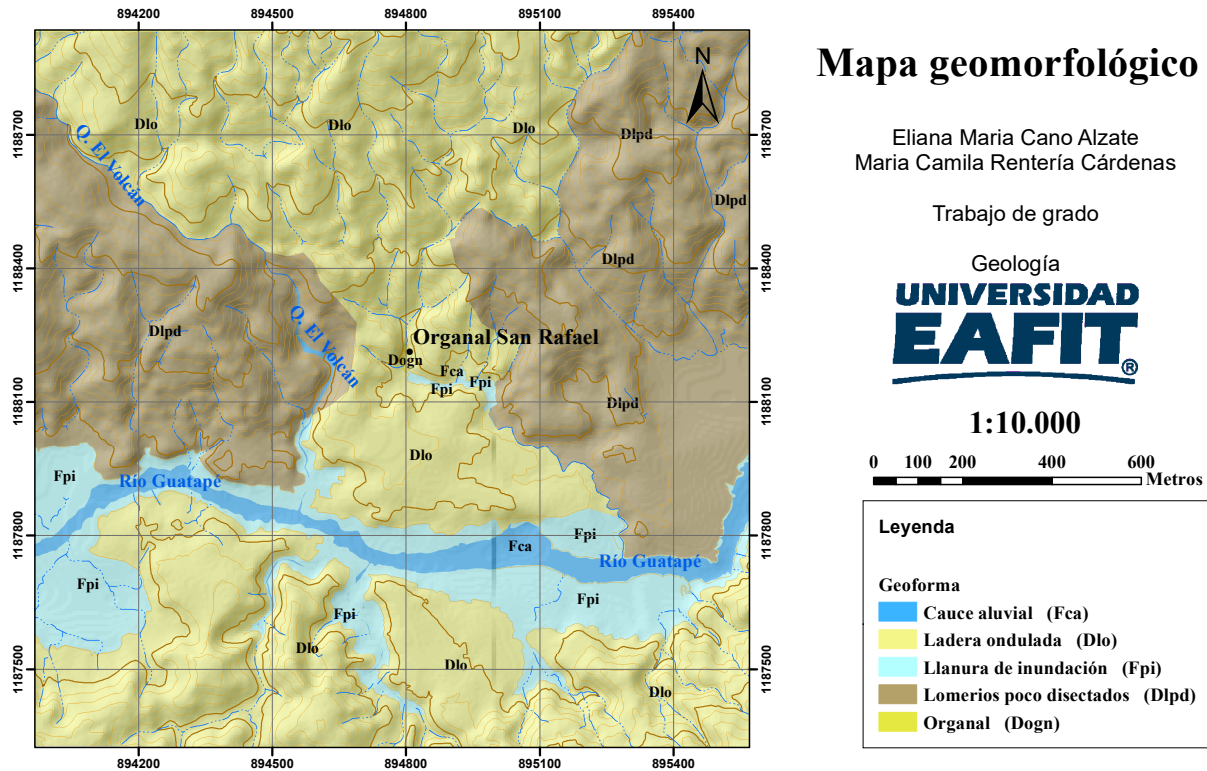


Figura 77. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal San Rafael; modificado del (SGC, 2015).

A continuación, se describen las geomorfos caracterizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ambiente geomorfológico:

- Ambiente fluvial:

Las geomorfos asociadas a este tipo de ambiente son:

Cauce aluvial (Fca).

Se localiza en el río “*Guatapé*”, el cual se encuentra atravesando el mapa de oeste (W) a este (E), y en la quebrada “*El Volcán*”, la cual desemboca en el río anteriormente mencionado. Presenta pendientes de intervalos que van de 0° a 05°, es decir, que van de planas a suaves; en cuanto al relieve relativo éste es menor a 29 metros, lo que significa que es muy bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

Llanura de inundación (Fpi).

Se encuentra limitando el cauce aluvial del río “*Guatapé*” al sur (S) de la zona. Presenta pendientes de intervalos que van de 0° a 05°, es decir, que van de planas a suaves; en cuanto al relieve relativo éste es menor a 29 metros, lo que significa que es muy bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

- Ambiente denudativo:

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Ladera ondula (Dlo).

Se localizan en la parte norte (N) de la zona, limitando al oeste (W) y este (E) con lomeríos poco disectados, observadas también en la parte sur (S) de la zona. Se encuentran inmersas en el suelo urbano, presentan un drenaje de tipo subdendrítico, con intervalos de pendientes que van de 16° a 45° es decir, que van de abruptas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 149 a 499 metros, lo que significa que va de moderado a muy alto; finalmente presenta una curvatura en los cauces de tipo cóncava, y en las laderas de tipo convexa.

Lomeríos poco disectados (Dlpd).

Se localizan al noroeste (NW) y noreste (NE) de la zona, es decir que se encuentran inmersos en el suelo urbano, los cuales presentan un drenaje de tipo subdendrítico, con intervalos de pendientes que van de 16° a 45°, es decir, que van de abruptas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 30 a 249 metros, lo que significa que va de bajo a alto; finalmente presenta una curvatura en los cauces de tipo cóncava, y en las laderas de tipo convexa.

La siguiente geoforma no se encuentra dentro de la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), sin embargo, es caracterizada a partir de los criterios geomorfológicos estudiados en campo y relacionada con un ambiente de tipo denudativo:

Organal (Dogn).

Agrupación de bloques de roca localizados en el valle *confinado* de la quebrada “La Veta” con pendiente de 40° y márgenes de pendientes mayores a 45°, las cuales tienen una relación directa, debido a que presentan la misma litología, es decir cuarzodiorita asociada a la unidad geológica Batolito Antioqueño. En cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; y presenta una curvatura de tipo cóncava relacionada al cauce, y tipo convexa relacionada a las márgenes.

7.3.4. Interpretación del origen del organal

A partir de la geología, la geomorfología y los parámetros morfodinámicos relacionados con la ubicación espacial del organal, se determina que el origen y procedencia de los bloques de roca que lo constituyen, se encuentran relacionados a los siguientes eventos:

- **Evento 1:** El macizo rocoso es fracturado y da lugar a “grietas” por donde se da la **percolación de fluidos**.
- **Evento 2:** La percolación de fluidos a través de la roca, da lugar a **procesos de meteorización**, en donde quedan bloques de roca embebidos en una matriz.
- **Evento 3:** La **erosión** expone los bloques de roca, que por un **movimiento en masa** son transportados ladera abajo por acción de la gravedad.
- **Evento 4:** Los bloques de roca se acumulan ladera abajo y en el cauce de la quebrada, dando lugar a un **depósito de vertiente**.
- **Evento 5:** Por acción de la corriente de agua se da un lavado de la matriz en menor medida, donde quedan los bloques de roca que constituyen el **organal**.

El perfil de meteorización es evidenciado en la ubicación espacial del organal, por la presencia de bloques de roca embebidos en una matriz de composición arenosa (figura 78), los cuales por procesos de erosión fueron expuestos. Adicionalmente, características como las altas pendientes ($>45^\circ$) en la zona, favorecieron que, a partir de un movimiento en masa, éstos cayeran por gravedad y se acumularan ladera abajo y en el cauce de la quebrada “*La Veta*”, generando un depósito de vertiente, donde además, por acción de la corriente de agua se dio un lavado parcial de la matriz, dando lugar al organal.



Figura 78. Bloques de roca embebidos en matriz de composición arenosa.

Cabe señalar que características como la poca energía por parte de la quebrada y la baja esfericidad y redondez de los bloques de roca, permitieron determinar que no se dio un transporte de los mismos por parte de la quebrada, sino que finalmente su transporte fue a partir de un movimiento en masa en la zona.

Con respecto a la evolución del organal, los bloques de roca que lo constituyen presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, además de una meteorización moderada, indicando que después de su formación no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*; la figura 79 muestra un esquema de los procesos que inciden en la formación del organal, lo cual contribuye a un mejor entendimiento de su origen:

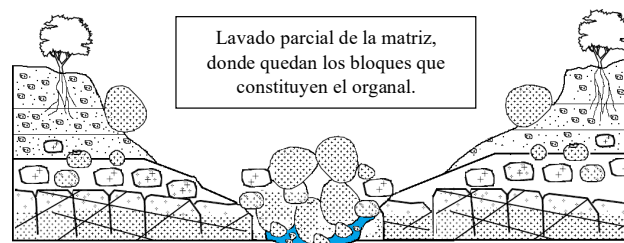
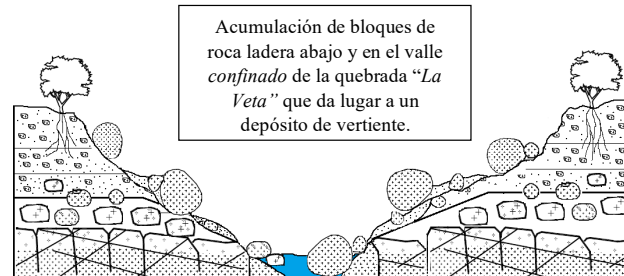
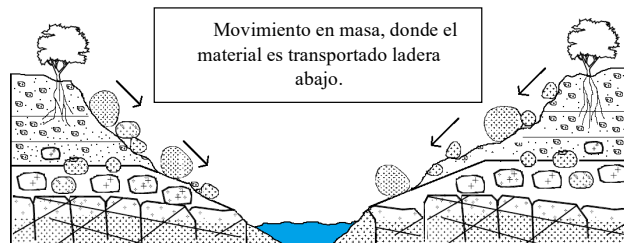
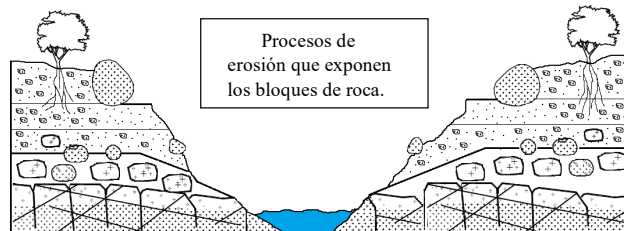
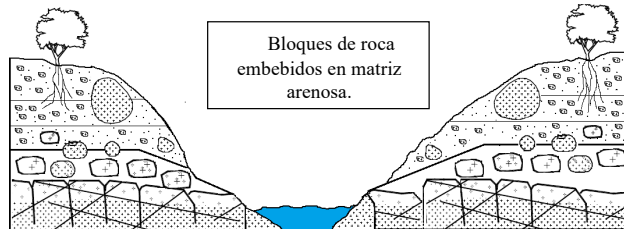


Figura 79. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de San Rafael, modificado de (Suarez, 2009)

7.4. Organal Támesis

A continuación, se presenta la caracterización general, geológica y geomorfológica del organal ubicado en el municipio de Támesis.

7.4.1. Características generales

En zona rural del municipio de Támesis, en inmediaciones de la vereda “*San Antonio*”, específicamente en coordenadas $5,663888888^{\circ}\text{N}$ $75,72944444^{\circ}\text{W}$, se encuentra un organal de aproximadamente 3 kilómetros de extensión -considerado el más grande de Antioquia-, el cual se dispone de manera profunda en el cauce del río “*San Antonio*”, donde transcurre un flujo de agua caudaloso, que genera una condición húmeda en el organal (figura 80).



Figura 80. Organal en el cauce del río “*San Antonio*”. (ECOCARTAMA, 2019)

Éste se comprende de bloques de roca con diversas formas y tamaños, los cuales presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, indicando que no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca que constituyen el organal (figura 81, 82, 83).



Figura 81. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación



Figura 82. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación.



Figura 83. Bloques de roca cubiertos de líquenes y vegetación.

Éstos por procesos geológicos se disponen y acumulan según las condiciones del terreno, y dan lugar a cámaras o vacíos, con tamaños que van desde 0,5 a 10 metros de altura y ancho aproximadamente (figuras 84, 85, 86 y 87).



Figura 84. Cámara o vacío con ancho de 0,5 metros aproximadamente.



Figura 85. Cámara o vacío con ancho de 2 metros aproximadamente.



Figura 86. Cámara o vacío con altura de 3 metros aproximadamente.



Figura 87. Cámara o vacío con ancho de a 3 metros aproximadamente.

7.4.2. Características geológicas

Según el (SGC, 1982), el organal de Támesis se localiza al noreste (NE) del mapa geológico de la plancha 186 Riosucio, donde afloran rocas sedimentarias e ígneas, con edades que van desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, asociadas principalmente a las unidades geológicas Combia, Amagá y Stock de Támesis. También afloran rocas metamórficas asociadas a la unidad geológica Esquistos del río Cauca, las cuales se encuentran limitando con el río Cauca.

En términos locales, los bloques de roca correspondientes al organal, presentan granos de medios a gruesos -0,2 cm a 5 cm de diámetro-, con un color grisáceo oscuro y mineralogía de tipo cuarzo y líticos volcánicos, embebidos en matriz de composición volcánica y de color grisácea, en donde se observa 70% de clastos y 30% de matriz, es decir clastosoportados. Es por lo anterior

que éstos son clasificados como roca ígnea volcánica, específicamente **aglomerado**, relacionado a la unidad geológica Combia (figuras 88 y 89).



Figura 88. Aglomerado relacionado a la unidad geológica Combia.



Figura 89. Aglomerado relacionado a la unidad geológica Combia.

Con respecto a la esfericidad y redondez, según la clasificación de (Arribas et al., 2017) los bloques de roca en su mayoría presentan una baja esfericidad y van de subredondeados a redondeados, lo que podría indicar muy poco transporte de los mismos, sin embargo, los de menor tamaño se aprecian con una alta esfericidad y redondez lo cual es relacionado a la meteorización esferoidal y pocas veces al transporte del río. En cuanto al tamaño, éstos van de 0,5 a 8 metros de altura y diámetro aproximadamente, como se observa en las figuras 90, 91, 92 y 93, a través de los cuales transcurre un flujo de agua de alto caudal, correspondiente al río “*San Antonio*”.



Figura 90. Bloques de roca con diámetros de 3 a 5 metros aproximadamente, (ECOCARTAMA, 2019).



Figura 91. Bloques de roca con diámetros de 1 a 3 metros aproximadamente. (ECOCARTAMA, 2019)



Figura 92. Bloques de roca con diámetros de 0,5 a 2 metros aproximadamente.

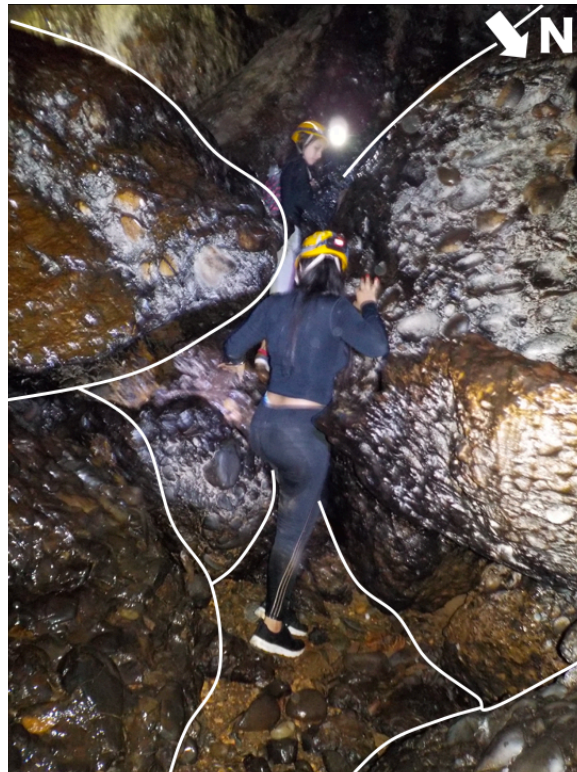


Figura 93. Bloques de roca con diámetros de 2 a 6 metros aproximadamente.

Acerca de la meteorización en los bloques de roca, se aprecia moderada y de tipo química, específicamente se observan procesos de oxidación y meteorización esferoidal, la primera evidenciada por las tonalidades rojas y pardas presentes en la roca, dado por la oxidación del hierro contenido en la misma (figura 94); por su parte la meteorización esferoidal se logra evidenciar por la presencia de capas concéntricas que se encuentran rodeando completamente el núcleo de la roca. (figura 95).



Figura 94. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.



Figura 95. Bloque de roca con meteorización química de tipo esferoidal.

7.4.3. Características geomorfológicas

En los alrededores del organal de Támesis, desde la geomorfología regional se define una unidad de relieve, teniendo en cuenta el esquema de jerarquización geomorfológica definida por (CORANTIOQUIA, 2002), ésta es:

Cañón del Río Cauca – San Juan.

En términos genéticos, son valles con importantes encajamientos que se dan a partir de las variaciones en el nivel base de la erosión, mostrando un aumento de la incisión vertical, además

de que se encuentran segmentando los altiplanos (CORANTIOQUIA, 2002). Esta unidad se encuentra al este (E) del municipio de Támesis, y comprende una franja alargada en sentido norte-sur, desde los límites con el departamento de Caldas al sur (S), hasta la desembocadura de la quebrada “*La Guamo*”, entre Jericó y Támesis al norte (N) (Guisao, 2015).

En términos locales, en la ubicación espacial del organal se encuentran dos tipos de ambientes geomorfológicos, uno de tipo **fluvial** asociado a río “*San Antonio*”, y otro de tipo **denudativo**. Sin embargo, es importante mencionar, que el proceso de formación del organal se encuentra influenciado sólo por el ambiente **denudativo**, en el que son característicos los fenómenos de meteorización, erosión y movimientos gravitatorios, es decir los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa.

A continuación, se describen las variables morfométricas en el entorno del organal:

7.4.3.1. Variables morfométricas

En esta sección son presentados los mapas en escala 1:10.000, obtenidos a partir de las variables morfométricas evaluadas en el entorno del organal, que corresponden a las pendientes, curvatura y relieve relativo:

7.4.3.1.1. Pendientes

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta pendientes que van de 0° a 45° y mayores 45°, es decir planas o suaves a muy escarpadas. Las pendientes de menor grado, es decir de 5° a 20° se observan en los valles del río “San Antonio” y las quebradas “La Peinada” y “Támesis”, presentas además al noroeste (NW) y suroeste (SW) de la zona; por su parte las pendientes de mayor grado, es decir de 40° a 45° y mayores a 45° presentan gran predominancia en las laderas que atraviesan la zona de norte (N) a sur (S), conformando el denominado escarpe Támesis-Jericó (figura 96).

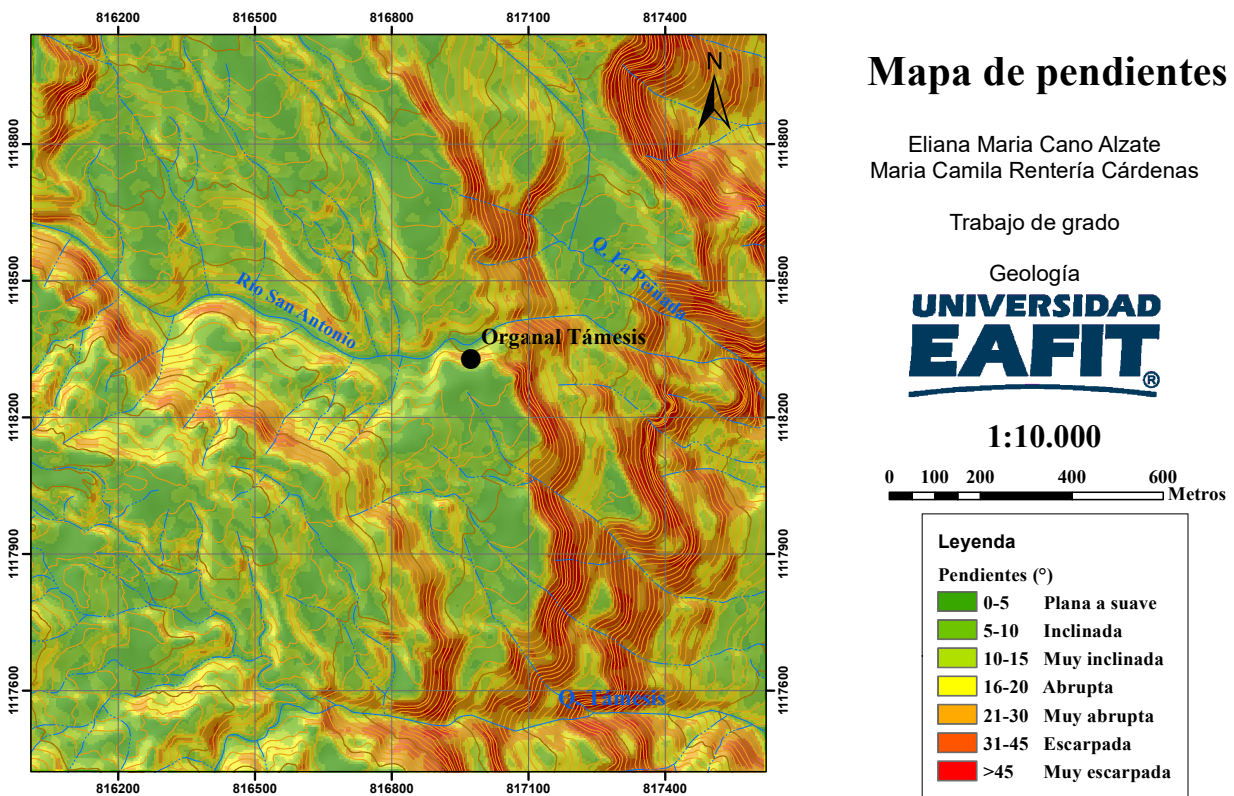


Figura 96. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Támesis.

7.4.3.1.2. Curvatura

Teniendo en cuenta la clasificación de (Regmi, et al., 2010), los valores de curvatura negativos se asocian a superficies convexas, los positivos a superficies cóncavas y los equivalentes a cero a superficies lineales. Ahora bien, la zona se caracteriza por presentar gran predominancia de superficies cóncavas en la parte este (E) y gran predominancia de superficies convexas en la parte noroeste (NW). Importante mencionar que el valle del río “San Antonio” y las quebradas “La Peinada”, “Támesis” y “Arrayanal”, se encuentra relacionado a una superficie cóncava (figura 97).

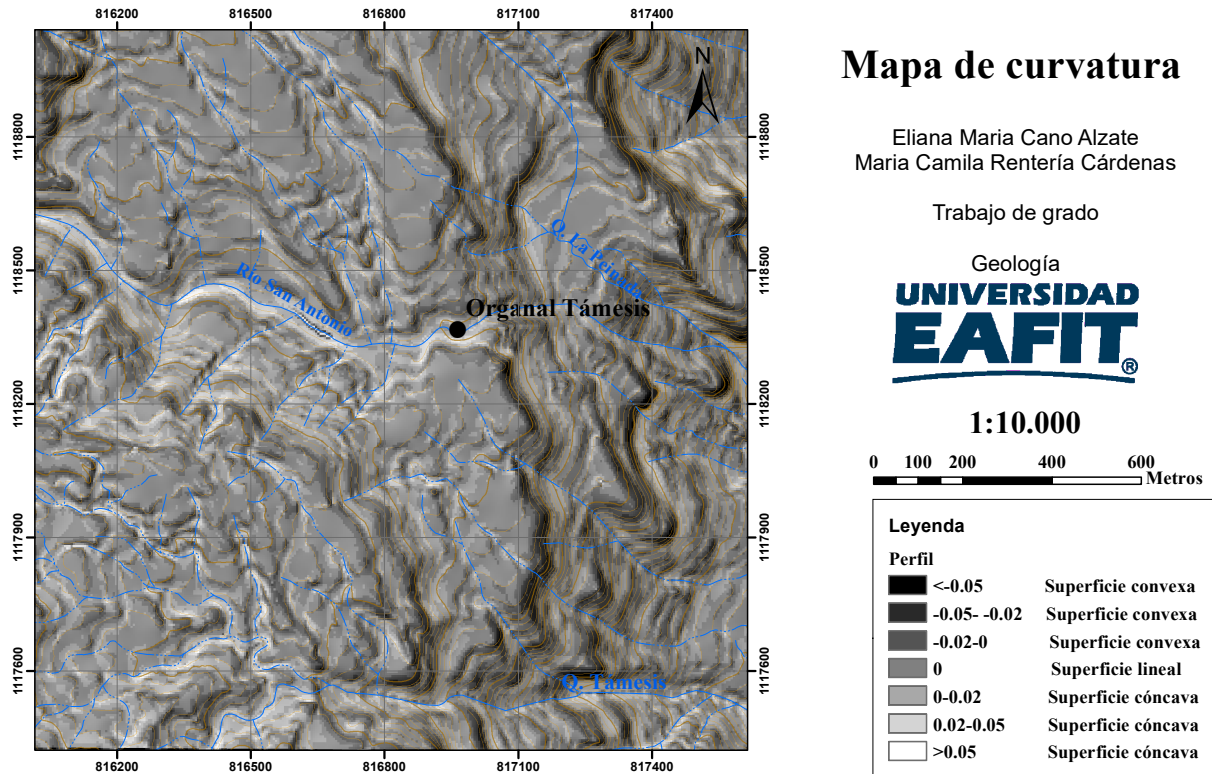


Figura 97. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Támesis.

7.4.3.1.3. *Relieve relativo*

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta valores de relieve relativo menores de 29 metros, es decir de muy bajas, presentando gran predominancia en la parte noroeste (NW) y suroeste (SW) de la zona, las cuales se observan en el valle del río “*San Antonio*” y las quebradas “*La Peinada*” y “*Támesis*”; por su parte los valores que van de 250 a 499 y mayores de 500 metros se observan en las laderas que atraviesan la zona de norte (N) a sur (S) (figura 98).

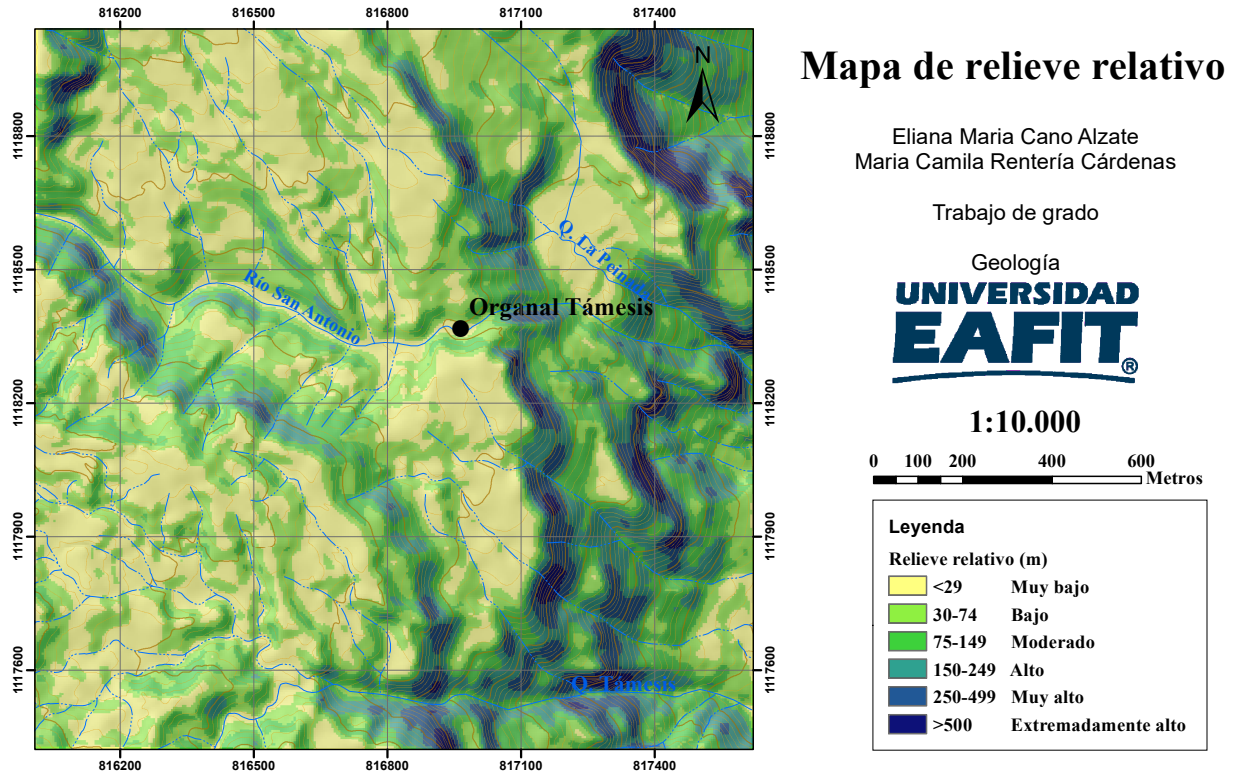


Figura 98. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Támesis.

Para la caracterización y descripción de las geoformas asociadas a la ubicación espacial del organal y al ambiente geomorfológico anteriormente mencionado, se consideró la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), además del tipo de drenaje y las variables morfométricas, es decir, pendientes (figura 96), curvatura (figura 97), y relieve relativo (figura 98). En virtud de lo mencionado, se obtuvo el siguiente mapa geomorfológico (figura 99):

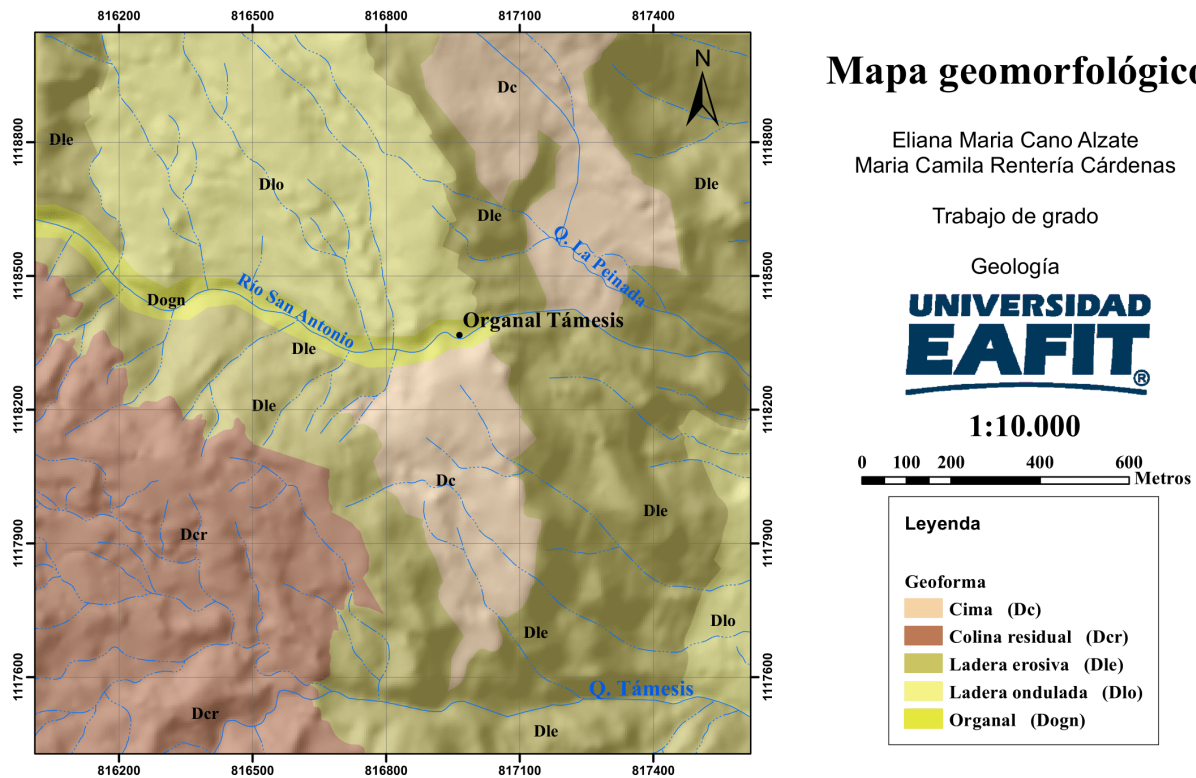


Figura 99. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Támesis; modificado del (SGC, 2015).

A continuación, se describen las geoformas caracterizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ambiente geomorfológico:

- Ambiente denudativo:

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Cima (Dc).

Se localiza al noreste (NE) y parte central de la zona, limitando con algunas laderas erosivas. Presenta un drenaje de tipo paralelo a subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 05° a 20°, es decir, que van de inclinadas a abruptas; en cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros y va de 30 a 149 metros, lo que significa que va de muy bajo a moderado; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

Colina residual (Dcr).

Se localiza al suroeste (SW) de la zona, limitando con una ladera erosiva. Presenta un drenaje de tipo dendrítico, con intervalos de pendientes que van de 05° a 30°, es decir, que van de inclinadas a muy abruptas; en cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros y va de 30 a 74 metros, lo que significa que va de muy bajo a bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

Ladera erosiva (Dle).

Abarca gran parte de la zona, atravesándola de norte (N) a sur (S), y limitando con las cimas y colinas residuales. Presenta drenaje de tipo paralelo a subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 16° a 45° y mayores a 45°, es decir, que van de abruptas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 499 metros y mayores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura de tipo convexa, y también de tipo cóncava.

Ladera ondula (Dlo).

Se ubica al noroeste (NW) y sureste (SE) de la zona, limitando con las laderas erosivas. Presenta drenaje de tipo paralelo a subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 05° a 20°, es decir, que van de inclinadas a abruptas; en cuanto al relieve relativo éste es menores de 29 metros y va de 30 a 249 metros, lo que significa que va de muy bajo a alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.

La siguiente geoforma no se encuentra dentro de la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), sin embargo, es caracterizada a partir de los criterios geomorfológicos estudiados en campo y relacionada con un ambiente de tipo denudativo:

Organal (Dogn).

Agrupación de bloques de roca localizados en el valle *semiconfinado* del río “*San Antonio*” -definido a partir de pared de roca observada sólo a un costado del valle (figura 100)-, con pendiente de 30° y márgenes con pendientes que van de 10° a 20° relacionada a la margen norte (N), y de 30° a 40° relacionada a la margen sur (S), las cuales no presentan una relación directa con el organal, debido a que a pesar de que ambos se encuentran asociados a la unidad geológica Combia, la pared de roca es de tipo ígnea y sedimentaria. En cuanto al relieve relativo éste es menor de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; y presenta una curvatura tipo cóncavo relacionada al cauce, y de tipo convexa relacionada a las márgenes



Figura 100. Pared de roca en el valle *semi-confinado* del río “San Antonio”, y relacionada a la unidad geológica Combia

7.4.4. Interpretación del origen del organal

A partir de la geología, la geomorfología y los parámetros morfodinámicos relacionados con la ubicación espacial del organal, se determina que el origen y procedencia de los bloques de roca que lo constituyen, se encuentran relacionados a los siguientes eventos:

- **Evento 1:** El macizo rocoso es fracturado y da lugar a “grietas” donde se da la **percolación de fluidos**.
- **Evento 2:** El macizo rocoso sufre **procesos de meteorización**, en donde quedan bloques de roca embebidos en una matriz.
- **Evento 3:** La **erosión** expone los bloques de roca, que por un **movimiento en masa** son transportados ladera abajo por acción de la gravedad.

- **Evento 4:** Los bloques de roca se acumulan ladera abajo y en el cauce del río, dando lugar a un **depósito de vertiente**.
- **Evento 5:** Por acción de la corriente de agua se da un lavado de la matriz en mayor medida, donde quedan los bloques de roca que constituyen el **organal**.

El depósito de vertiente es evidenciado en la ubicación espacial del organal, por la presencia de bloques remanentes en las laderas escalonadas del río “*San Antonio*” (figura 101), los cuales presentan una baja redondez y variedad de tamaños, indicando que hacían parte de un perfil de meteorización, que como consecuencia de la erosión fueron dispuestos en superficie, y en donde características como las altas pendientes ($>45^\circ$) favorecieron que a partir de un movimiento en masa, éstos cayeran por gravedad y se acumularan en la parte más baja de la ladera y en el cauce del río “*San Antonio*”, generando el depósito de vertiente, donde además por acción de la corriente de agua se dio un lavado de la matriz, dando lugar al organal.



Figura 101. Bloques remanentes en las laderas escalonadas del río “*San Antonio*”

Cabe señalar que características como la poca energía por parte del río y la baja esfericidad y redondez en la mayoría de los bloques de roca, permitieron determinar que no se dio un transporte de los mismos por parte del río, sino que finalmente su transporte fue a partir de un movimiento en masa en la zona.

Con respecto a la evolución del organal, a pesar de que los bloques de roca de menor tamaño sufren transporte por parte de la corriente de agua (lo cual es evidenciado por una alta esfericidad y redondez y el bajo desarrollo de líquenes y vegetación), los bloques de roca de gran tamaño en cambio, presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, además de una meteorización moderada, indicando que después de su formación no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*; la figura 102 muestra un esquema de los procesos que inciden en la formación del organal, lo cual contribuye a un mejor entendimiento de su origen:

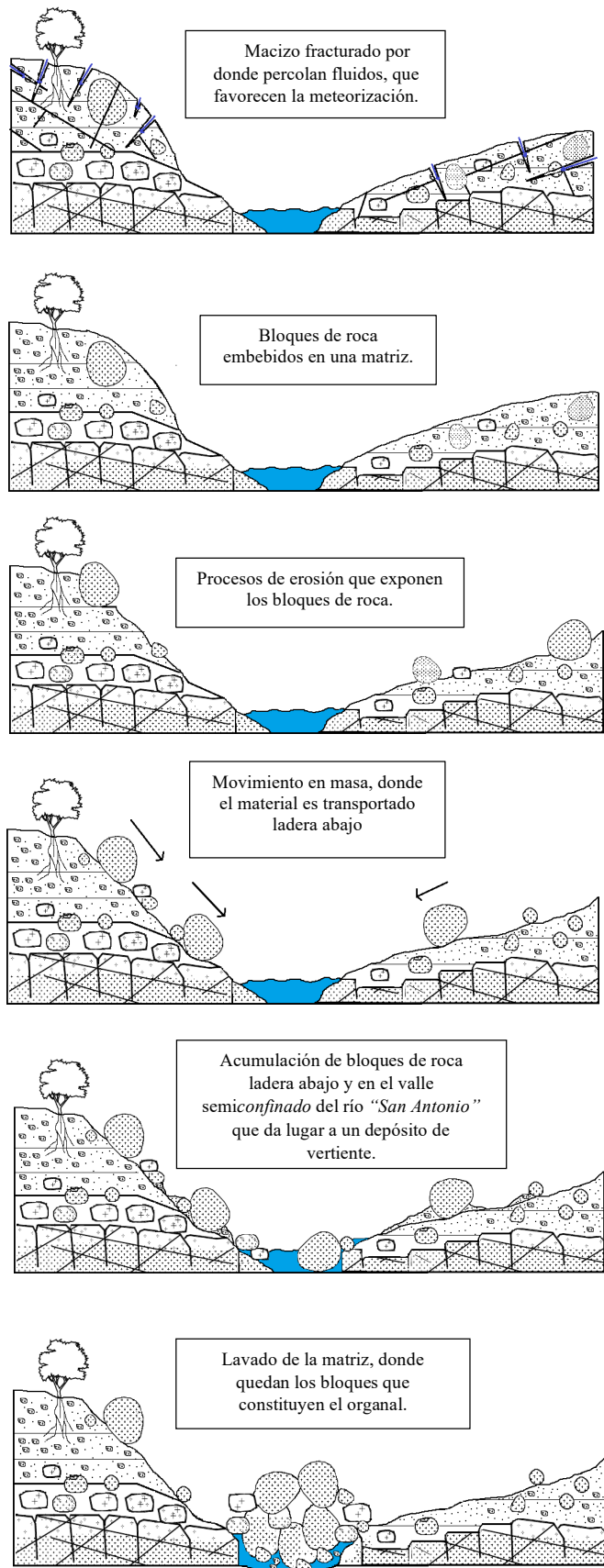


Figura 102. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Tamesis, modificado de (Suarez, 2009)

7.5. Organal Titiribí

A continuación, se presenta la caracterización general, geológica y geomorfológica del organal ubicado en el municipio de Titiribí.

7.5.1. Características generales

En zona rural del municipio de Titiribí, en inmediaciones de la vereda “*El Balsal*”, específicamente en coordenadas $6,08037288^{\circ}\text{N}$ $75,83626083^{\circ}\text{W}$, se encuentra un organal de aproximadamente 200 metros de extensión, el cual se dispone de manera superficial en un cauce por el cual transcurre un flujo de agua de muy bajo caudal, relacionado a tributario del río “*Amagá*” y que genera una condición húmeda en el organal (figura 103).



Figura 103. Organal dispuesto en cauce donde transcurre tributario del río “*Amagá*”.

Éste se comprende de bloques de roca con diversas formas y tamaños, los cuales presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, indicando que no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca que constituyen el organal (figura 104).



Figura 104. Presencia de vegetación y líquenes en los bloques de roca que constituyen el organal.

Éstos por procesos geológicos se disponen y acumulan según las condiciones del terreno, y dan lugar a cámaras o vacíos, con tamaños que van desde 0,2 a 1 metro de ancho aproximadamente (figura 105, 106, 107 y 108).



Figura 105. Cámara o vacío con ancho de 0,5 metros aproximadamente.



Figura 106. Cámaras o vacíos con anchos de 0,3 a 1 metro, aproximadamente.



Figura 107. Cámara o vacío con ancho de 1 metro aproximadamente.



Figura 108. Cámaras o vacíos con anchos de 0,2 a 1 metro aproximadamente.

7.5.2. Características geológicas

Según el (SGC, 1983), el casco urbano de Titiribí se ubica al sur (S) del mapa geológico de la plancha 146 Medellín Occidental, donde afloran rocas de composición metamórfica, sedimentaria e ígnea. El organal se encuentra al occidente del casco urbano y limitando con el río “Amagá”, donde se encuentran principalmente rocas ígneas pertenecientes a la unidad geológica Combia, presentando en la zona central rocas metamórficas del grupo Ayurá Montebello, sedimentarias de la unidad geológica Amagá e ígneas Hipoabisales Porfídicas; por su parte en la zona este (E), la cual se encuentra limitando con la falla Amagá, presenta principalmente rocas ígneas pertenecientes a las unidades geológicas Gabros de Romeral y Diorita de Pueblito.

En términos locales, los bloques de roca correspondientes al organal, presentan una textura porfídica de fenocristal medio -2mm a 5mm de diámetro- y matriz de grano fino –menor a 1mm-, con un color grisáceo claro y mineralogía de tipo biotita, cuarzo, plagioclasa y gran predominancia de hornblenda. Es por lo anterior que éstos son clasificados como roca ígnea hipoabisal, específicamente **porfido andesítico**, relacionado a la unidad geológica Rocas hipoabisales porfídicas (figura 109), ésta, además, presenta cloritización, determinada por la presencia de Clorita que genera una coloración verdosa en la roca (figura 110).



Figura 109. Pórfido andesítico relacionado a la unidad geológica Rocas hipoabisales porfídicas.



Figura 110. Cloritización en pórfido andesítico.

Con respecto a la esfericidad y redondez, según la clasificación de (Arribas et al., 2017), los bloques de roca en su mayoría presentan una baja esfericidad y son subangulosos, lo que indica muy poco transporte de los mismos. En cuanto al tamaño, éstos van de 0,2 a 3 metros de altura y diámetro aproximadamente, como se observa en las figuras 111, 112, 113, 114, 115 y 116.



Figura 111. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.



Figura 112. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 2 metros.



Figura 113. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,5 a 2 metros.



Figura 114. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 3 metros.



Figura 115. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 0,2 a 3 metros.



Figura 116. Bloques de roca con diámetros de aproximadamente 1 a 3 metros.

A través de los bloques de roca transcurre un flujo de agua de muy bajo caudal, correspondiente a tributario del río “Amagá” (figura 117).



Figura 117. Bloques de roca a través de los cuales transcurre tributario del río “Amagá”.

Acerca de la meteorización en los bloques de roca, se aprecia moderada y de tipo química, específicamente se observan procesos de oxidación, evidenciada por las tonalidades pardas presentes en la roca, dado por la oxidación del hierro contenido en la misma (figura 118).



Figura 118. Bloque de roca con meteorización química de tipo oxidación.

7.5.3. Características geomorfológicas

En los alrededores del organal de Titiribí, desde la geomorfología regional se define una unidad de relieve, teniendo en cuenta el esquema de jerarquización geomorfológica definida por (CORANTIOQUIA, 2002), ésta es:

Cañón del río Cauca.

Se localiza al oeste (W) y sur (S) del río “*San Juan*”, el cual se caracteriza por ser una franja alargada en sentido N-S, limitando al sur (S) con el departamento de Caldas hasta la

desembocadura de la quebrada “*Santa María*”, y al norte (N) con los municipios de Sabanalarga y Toledo. Éste es dividido en siete macrounidades, teniendo en cuenta los aspectos que influyeron en su formación; cuatro de las macrounidades se caracterizan por su asociación con factores erosivos, caracterizadas a partir de su posición en el cañón, las cuales son vertientes altas medias, bajas y continuas, agrupadas en la margen del río donde estaban localizadas; otra macrounidad hace referencia al área donde el paisaje se encuentra controlado por estructuras de procedencia volcánica, el cual es nombrado como vertientes con influencia volcánica; otra macrounidad corresponde a cuencas sedimentarias con dirección N-S, las cuales se caracterizan por presentar dos depresiones alargadas, que cortan la continuidad de las vertientes y que a su vez coinciden con el sistema de fallas Cauca-Romeral, ésta es denominada como vertientes con influencia tectónica; por último se encuentra la parte baja del cañón, nombrado como fondo.

Cabe destacar, que el cañón se encuentra marcando el límite de las superficies de erosión de Belmira, San Miguel-Sonsón y Santa Rosa-Santa Elena y La Unión.

Con respecto a la geología estructural en la zona, según (SGC, 1983) ésta presenta una alta actividad tectónica, ya que se encuentra influenciada al oeste (W) por el sistema de fallas Cauca W, afectando la Cordillera Occidental y atravesando la zona de norte (N) a sur (S); y al este (E) se localiza la falla Romeral, la cual se extienden en Colombia por más de 800 km de norte (N) a sur (S).

En términos locales, la ubicación espacial y el origen del organal, se encuentran influenciados por dos tipos de ambientes geomorfológicos, uno de tipo **estructural** evidenciado por la presencia

de lomo de falla, y que influye en gran medida en el fracturamiento y meteorización del material, sumado a las altas pendientes en la zona; y otro de tipo **denudativo**, en el que son característicos los fenómenos de meteorización, erosión, movimientos gravitatorios y flujos de escombros, es decir los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa.

A continuación, se describen las variables morfométricas en el entorno del organal:

7.5.3.1. Variables morfométricas

En esta sección son presentados los mapas en escala 1:10.000, obtenidos a partir de las variables morfométricas evaluadas en el entorno del organal, que corresponden a las pendientes, curvatura y relieve relativo:

7.5.3.1.1. Pendientes

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta pendientes que van de 0° a 45° y mayores a 45°, es decir planas o suaves a muy escarpadas. Las pendientes de menor grado, es decir de 5° a 20° se observan en los valles de las quebradas “El Balsal”, “Arrayanal” y “El Tambo”, y también en la parte central y este (E) de la zona; por su parte las pendientes de mayor grado, es decir de 31° a 45° y mayores a 45° se observan en las laderas localizadas al sur (S), suroeste (SW), noroeste (NW) y noreste (NE) de la zona (figura 119).

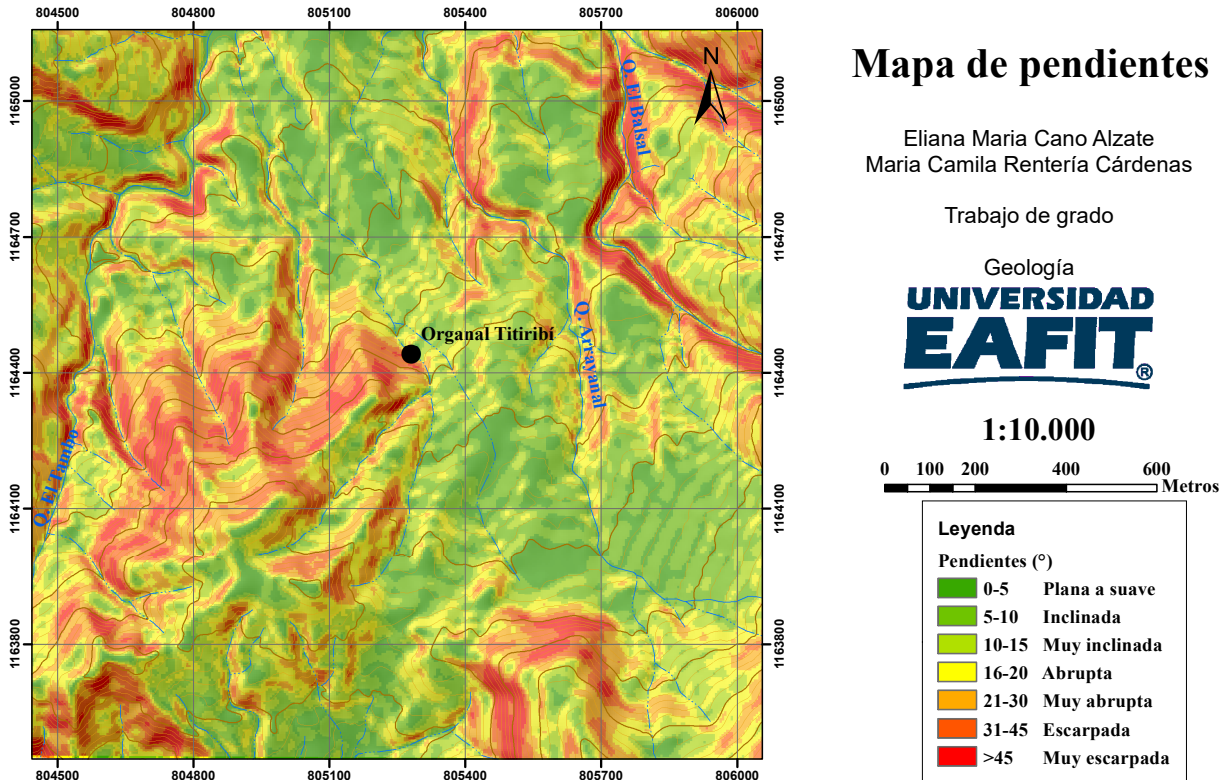


Figura 119. Mapa de pendientes en escala 1:10.000, organal Titiribí.

7.5.3.1.2. Curvatura.

Teniendo en cuenta la clasificación de (Regmi, et al., 2010), los valores de curvatura negativos se asocian a superficies convexas, los positivos a superficies cóncavas y los equivalentes a cero a superficies lineales. Ahora bien, la zona se caracteriza por presentar superficies cóncavas (laderas) y superficies convexas (filos y algunas laderas) con gran distribución en la misma. Importante mencionar que el valle de las quebradas “El Tambo”, “El Balsal” y “Arrayanal”, se encuentra relacionado a una superficie cóncava (figura 120).

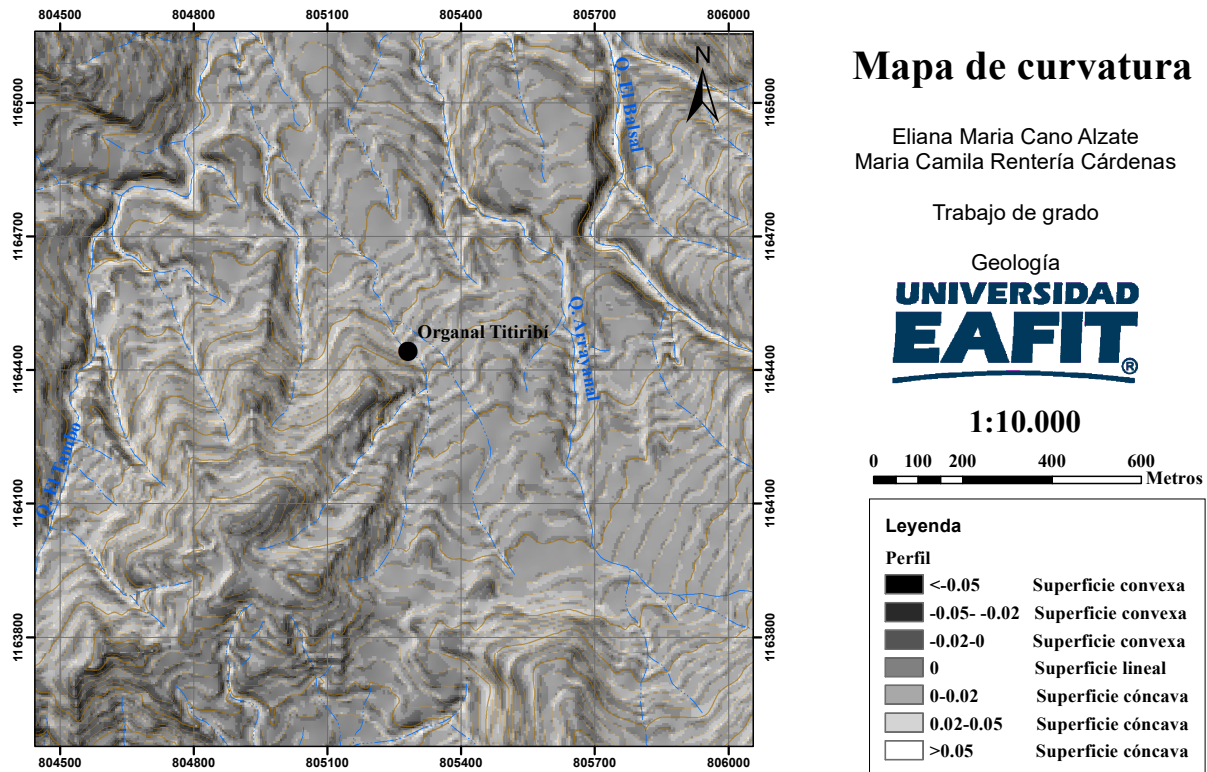


Figura 120. Mapa de curvatura en escala 1:10.000, organal Titiribí.

7.5.3.1.3. *Relieve relativo*

Teniendo en cuenta la clasificación de (Carvajal, 2012), la zona de estudio presenta valores de relieve relativo menores de 29 metros y entre 30 y 74 metros, es decir muy bajos a bajos, los cuales se observan en el valle de las quebradas “El Balsal”, “Arrayanal” y “El Tambo, y también en la parte central y este (E) de la zona; por su parte los valores que van de 220 a 499 y mayores de 500 metros se observan en las laderas localizadas al sur (S), suroeste (SW), noroeste (NW) y noreste (NE) de la zona (figura 121).

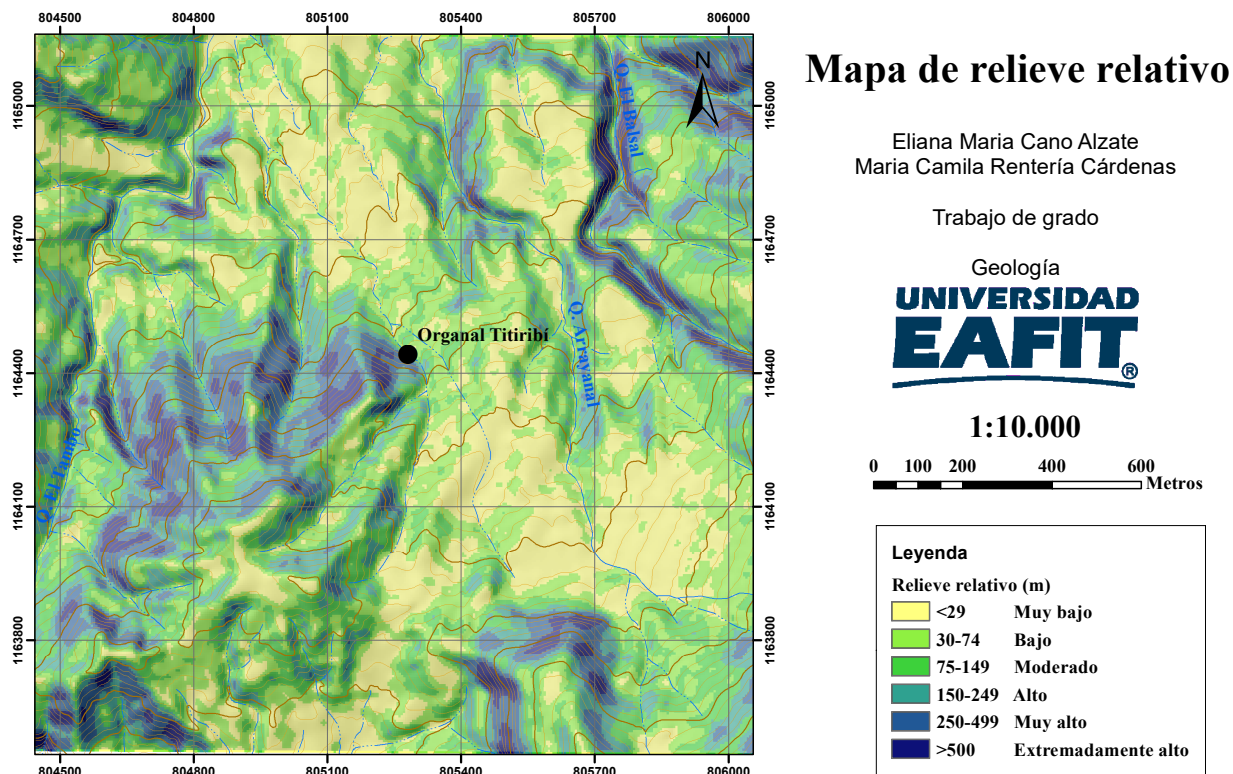


Figura 121. Mapa de relieve relativo en escala 1:10.000, organal Titiribí.

Para la caracterización y descripción de las geformas asociadas a la ubicación espacial del organal y los ambientes geomorfológicos anteriormente mencionados, se consideró la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), además del tipo de drenaje y las variables

morfométricas, es decir, pendientes (figura 119), curvatura (figura 120) y relieve relativo (figura 121). En virtud de lo mencionado, se obtuvo el siguiente mapa geomorfológico de la zona (figura 122):

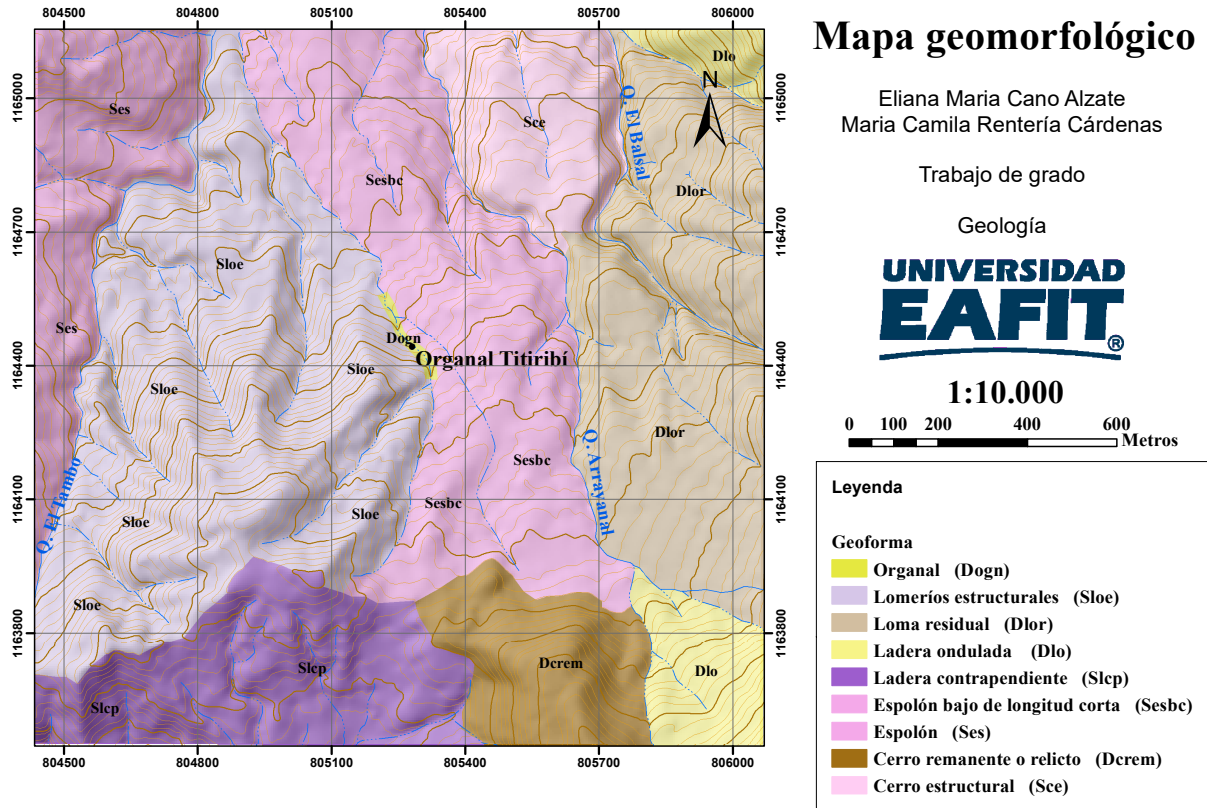


Figura 122. Mapa geomorfológico en escala 1:10.000, organal Titiribí. Modificado del (SGC, 2015).

A continuación, se describen las geomorfos caracterizadas en la zona de estudio, teniendo en cuenta el tipo de ambiente geomorfológico:

- **Ambiente estructural:**

Las geomorfos asociadas a este tipo de ambiente son:

Lomeríos estructurales (Sloe).

Se localizan al noroeste (NW) y oeste (W) de la zona, limitando al este (E) con el organal y al oeste (W) con la quebrada “*El Tambo*”. Presenta un drenaje de tipo paralelo, con pendientes de intervalos que van de 16° a 45° y mayores a 45°, es decir, que van de abruptas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 149 a 499 metros y menores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura de tipo convexa.

Ladera contrapendiente (Slcp).

Se localiza al suroeste (SW) de la zona, limitando al este (E) con el cerro remanente o relicto. Presenta un drenaje de tipo subdendríptico, con pendientes de intervalos que van de 10° a 45°, es decir, que van de muy inclinadas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 30 a 499 metros, lo que significa que va de bajo a muy alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve ondulado e irregular.

Espolón bajo de longitud corta (Sesbc).

Se localiza en la parte central de la zona, atravesando de norte (N) a sur (S) gran parte de la misma, donde limita al oeste (W) con el organal, y al este (E) con la quebrada “*Arrayanal*”. Presenta un drenaje de tipo subparalelo, con pendientes de intervalos que van de 05° a 20°, es decir, de inclinadas a abruptas; en cuanto al relieve relativo éste va de 29 a 75 metros, lo que significa que va de muy bajo a moderado; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

Espolón (Ses).

Se localiza al noroeste (NW) de la zona, limitando al este (E) con la quebrada “*El Tambo*”. Presenta un drenaje de tipo subparalelo, con pendientes de intervalos que van de 15° a 45°, es decir, que de muy inclinadas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va 75 a 499 metros, lo que significa que va de moderado a muy alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

Cerro estructural (Sce)

Se localiza al noreste (NE) de la zona y se encuentra limitado al este (E) por la quebrada “*El Balsal*” y al oeste (W) por la quebrada “*Arrayanal*”. Presenta un drenaje de tipo paralelo, con pendientes de intervalos que van de 0° a 5°, es decir, que van de planas a suaves y relacionadas al tope, e intervalos que van de 21° a 45°, es decir, que van de muy abruptas a escarpadas y relacionadas a las laderas; en cuanto al relieve relativo éste va de 29 a 74 metros, lo que significa que va de muy bajo a bajo y relacionado al tope, y de 75° a 250°, lo que significa que va de moderado a muy alto y relacionado a las laderas; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

- Ambiente denudativo:

Las geoformas asociadas a este tipo de ambiente son:

Loma residual (Dlor).

Se localiza al este (E) de la zona, limitando al sur y norte con laderas onduladas. Presenta un drenaje de tipo subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 10° a 45° y mayores a 45°, es

decir, que van de muy inclinadas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 499 metros y mayores de 500 metros, lo que significa que va de moderado a extremadamente alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

Ladera ondulada (Dlo).

La presencia de esta geoforma es muy poca en la zona, sin embargo, se localiza al noreste (NE) y sureste (SE) de ésta. Presenta drenaje de tipo subparalelo, con intervalos de pendientes que van de 10° a 45°, es decir, que van de muy inclinadas a muy escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 75 a 499 metros, lo que significa que va de moderado a muy alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

Cerro remanente o relicto (Dcrem).

Se localiza al sureste (SE) de la zona y limita al oeste (W) con la ladera contrapendiente. Presenta intervalos de pendientes que van de 20° y 45°, es decir, que van de abruptas a escarpadas; en cuanto al relieve relativo éste va de 149 a 499 metros, lo que significa que va de moderado a muy alto; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava y convexa, indicando un relieve irregular.

La siguiente geoforma no se encuentra dentro de la clasificación del (Servicio Geológico Colombiano, 2015), sin embargo, es caracterizada a partir de los criterios geomorfológicos estudiados en campo, y relacionada con un ambiente de tipo denudativo:

Organal (Ogn).

Agrupación de bloques de roca localizados en el valle *semiconfinado* de tributario del río “Amagá” -definido a partir de pared de roca observada sólo a un costado del valle (figuras 123 y 124)-, con pendiente de 45° y márgenes con pendientes mayores a 45° relacionadas a la margen oeste (O), y de 05° a 20° relacionadas a la margen este (E), las cuales presentan una relación directa con el organal, debido a que presentan la misma litología, es decir pórfido andesítico asociado a la unidad geológica Rocas hipoabisales porfidicas. En cuanto al relieve relativo éste es menores de 29 metros, lo que significa que es muy bajo; finalmente presenta una curvatura de tipo cóncava.



Figura 123. Pared de roca en una de las laderas del organal.



Figura 124. Pared de roca en una de las laderas del organal.

7.5.4. Interpretación del origen del organal

A partir de la geología, la geomorfología y los parámetros morfodinámicos relacionados con la ubicación espacial del organal, se determina que el origen y procedencia de los bloques de roca que lo constituyen, se encuentran relacionados a los siguientes eventos:

- **Evento 1:** El macizo rocoso es fracturado en gran medida por la alta influencia estructural, y da lugar a “*grietas*” por donde se da la **percolación de fluidos**.
- **Evento 2:** La percolación de fluidos a través de la roca, da lugar a **procesos de meteorización**, en donde quedan bloques de roca embebidos en una matriz.
- **Evento 3:** La **erosión** expone los bloques de roca, que por un **movimiento en masa** son transportados ladera abajo por acción de la gravedad.
- **Evento 4:** Los bloques de roca se acumulan ladera abajo y en el cauce de la quebrada, dando lugar a un **depósito de vertiente**.
- **Evento 5:** Por acción de la corriente de agua se da un lavado de la matriz en menor medida, donde quedan los bloques de roca que constituyen el **organal**.

El perfil de meteorización es evidenciado en la ubicación espacial del organal, por la presencia de bloques de roca embebidos en una matriz de composición lodosa, los cuales por procesos de erosión fueron expuestos. Adicionalmente, características como las altas pendientes ($>45^\circ$) en la zona, favorecieron que a partir de un movimiento en masa éstos cayeran por gravedad (con un bajo *run-out*, es decir depositados de manera *in-situ*, determinado por la poca extensión de las laderas de tributario del río “*Amagá*”) y se acumularan en el cauce de afluente del río “*Amagá*”, generando un depósito de vertiente (figura 125), donde además, por acción de la corriente de agua

se dio un lavado parcial de la matriz, dando lugar al organal. Es importante mencionar, que los procesos estructurales inciden en gran medida en la formación del mismo, debido a que contribuyen al fracturamiento y meteorización del material, sumado a las altas pendientes en la zona.



Figura 125. Bloques remanentes en las laderas del valle por donde transcurre afluente del río “Amagá”

Cabe señalar que características como la poca energía por parte del afluente y la baja esfericidad y redondez de los bloques de roca, permitieron determinar que no se dio un transporte de los mismos por parte del afluente, sino que finalmente su transporte fue a partir de un movimiento en masa en la zona.

Con respecto a la evolución del organal, los bloques de roca que lo constituyen presentan un alto desarrollo de líquenes y vegetación, además de una meteorización moderada, indicando que después de su formación no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impactan y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*; la figura 126 muestra un esquema de los procesos que inciden en la formación del organal, lo cual contribuye a un mejor entendimiento de su origen:

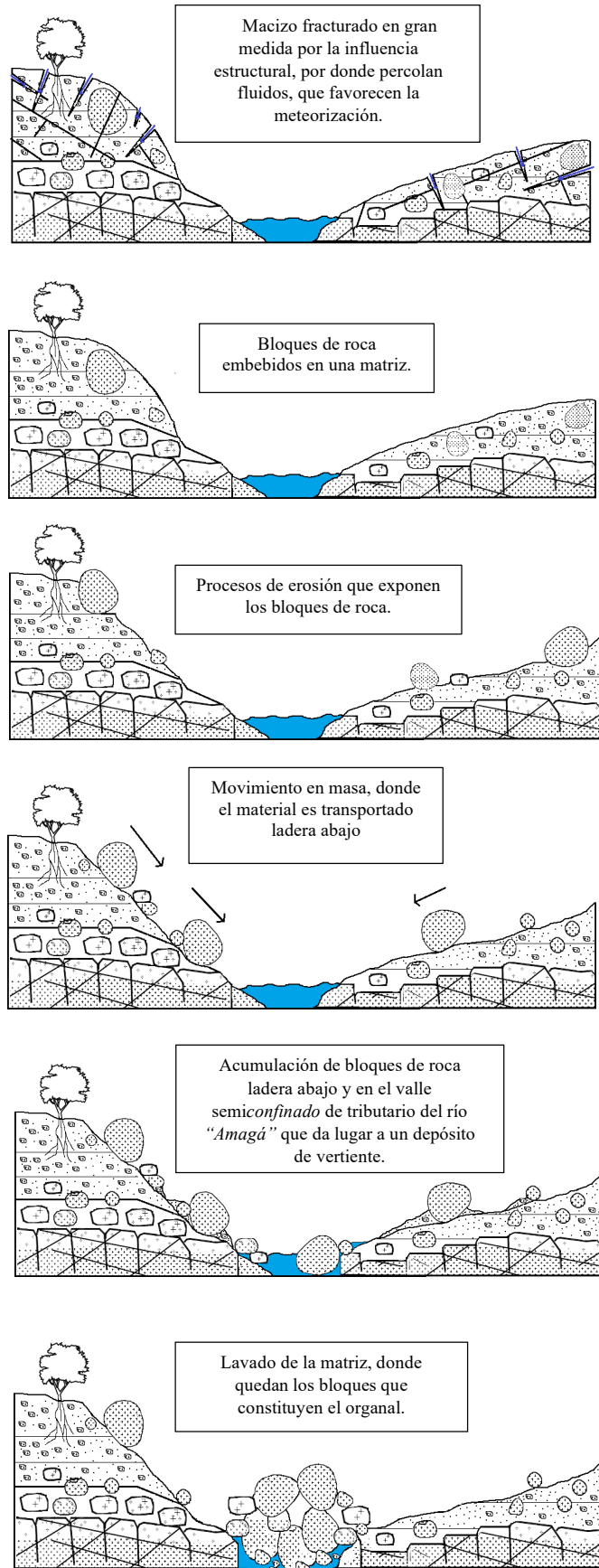


Figura 126. Esquema de los procesos que inciden en la formación del organal ubicado en el municipio de Titiribí, modificado de (Suarez, 2009)

8. Resultados

8.1. Comparación de organales

Teniendo en cuenta que se quiere proponer una clasificación de los organales en el departamento de Antioquia, que permita ordenar las características considerando sus criterios, y facilitar la comprensión y estudio de los mismos, es de suma importancia comparar las características generales, geológicas y geomorfológicas de los ubicados en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí:

8.1.1. Matriz de evaluación final

Se llevó a cabo la comparación de los organales, a través de una matriz final de evaluación (anexo 9), en la que fueron consideradas las **características generales**: presencia de agua, disposición, extensión, proceso de formación, presencia de líquenes y/o vegetación y el tamaño de cámaras y vacíos; las **características geológicas**: tipo de roca, mineralogía, meteorización, y tamaño, redondez y esfericidad de los bloques de roca; y las **características geomorfológicas**: presencia de matriz, tipo de ambiente, geoformas asociadas, relación de las márgenes, tipo de confinamiento y pendiente del eje y de las márgenes.

A manera de análisis, en cuanto a las **características generales**, todos los organales son de tipo húmedo, sin embargo presentan gran diferencia en otros criterios, por ejemplo, pueden ser profundos o superficiales, con extensiones muy variadas, que presentan un desarrollo de líquenes y/o vegetación en su mayoría alto, y que el origen de éstos siempre está relacionado a un perfil de

meteorización, procesos de erosión, movimiento en masa y depósito de vertiente, que en algunos casos pueden ir acompañados con el transporte del flujo de agua.

En cuanto a las **características geológicas**, todos son de roca ígnea, ya sea plutónica, volcánica o hipoabisal, con meteorización de intensidad en su mayoría moderada; con respecto al tamaño de los bloques, éstos alcanzan diámetros de hasta 8 metros, presentando en su mayoría baja esfericidad y redondez.

Finalmente, referente a las **características geomorfológicas**, todos se encuentran asociados a un ambiente geomorfológico denudativo, el cual puede ir acompañado de uno de tipo fluvial o estructural, con gran variedad de geomorfomas; en cuanto al confinamiento en su mayoría son confinados o semiconfinados, con márgenes de pendientes hasta de más de 45°.

8.2. Propuesta de clasificación de los organales en el departamento de Antioquia

Teniendo en cuenta la comparación realizada a través de la matriz de evaluación final (anexo 9), se propone la siguiente clasificación de los organales en el departamento de Antioquia:

Organal

Es una geoforma producto de la acumulación de bloques de roca ígnea, ya sea plutónica, volcánica o hipoabisal, que según las condiciones del terreno se disponen de manera superficial o profunda en los cauces de ríos, quebradas, entre otros, dando lugar a cámaras o vacíos. Su origen está relacionado principalmente a un perfil de meteorización y a un depósito de vertiente, en donde es esencial que se dé un proceso gravitacional, es decir un movimiento en masa que dé lugar al

transporte y depositación de los bloques de roca en los cauces de los ríos, quebradas, entre otros, destacando que, en algunos casos, el transporte de los bloques puede ir acompañado de la acción de la corriente de agua, o los procesos de estructurales pueden acelerar la meteorización y erosión de la roca. Esta geoforma es típica de ambientes denudativos, que en algunos casos van acompañados de ambientes fluviales o estructurales.

Los organales son clasificados según sus características generales, geológicas y geomorfológicas:

8.2.1. Clasificación según las características generales

Para la clasificación de las características generales de los organales, son relacionados los siguientes criterios:

Flujo de agua.

Considerando los organales estudiados en este trabajo, no podría definirse una clasificación a partir de la presencia o no, de un flujo de agua, debido a que en todos se registra el aporte de un río, quebrada, entre otros. Sin embargo, Marco Gamboa Ramírez, ingeniero geólogo y asesor de este trabajo, reporta vía oral, que en algunas zonas del organal de Támesis no hay presencia de flujo de agua (figura 127). Es por lo anterior, que éstos son clasificados como ***húmedos*** si presentan agua o ***secos*** si no presentan (figura 128).



Figura 127. Zona sin aporte de flujo de agua, localizada en el organal de Tamesis, tomada por Gamboa

FLUJO DE AGUA	Presencia	Nombre
	Si	Húmedo
	No	Seco

Figura 128. Clasificación según la presencia o no de agua en el organal.

Disposición con el tamaño de cámaras o vacíos.

La disposición es la manera en cómo los bloques de roca se depositan y acomodan en los cauces de los ríos, quebradas, entre otros; ahora bien, los organales con cámaras o vacíos de poco tamaño, es decir con diámetros inferiores o iguales a un metro, son relacionados con una disposición de tipo *superficial*, lo que indica una depositación y acomodación más simétrica y ordenada; por su

parte, los organales con cámaras o vacíos de gran tamaño, es decir con diámetros superiores a un metro, son relacionados con una disposición de tipo *profunda* (figura 129).

DISPOSICIÓN	Tamaño de cámaras o vacíos (m)	Nombre
	≤1	Superficial
	>1	Profundo

Figura 129. Clasificación según la disposición del organal.

Extensión.

Son definidos tres intervalos a partir de la extensión en metros (m) que puede presentar un organal. Con una extensión de 100 a 499 metros es considerado *pequeño*; con una extensión de 500 a 800 metros es considerado *mediano*; y con una extensión mayor a 800 metros es considerado *grande* (figura 130).

EXTENSIÓN	Tamaño (m)	Nombre
	100-499	Pequeño
	500-800	Mediano
	>800	Grande

Figura 130. Clasificación según la extensión del organal.

Desarrollo de vegetación y/o líquenes e intensidad de meteorización, con el transporte.

Es común apreciar en los bloques de roca que constituyen un organal, vegetación y/o líquenes, además de meteorización, sin embargo no con el mismo desarrollo e intensidad respectivamente; ahora bien, aquellos que presentan un alto desarrollo de vegetación y/o líquenes y una moderada intensidad de meteorización, indican que después de la formación del organal, no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impacten y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*; por su parte aquellos que presentan un bajo desarrollo de vegetación

y/o líquenes y una leve intensidad de meteorización, indican que después de la formación del organal, se ha sufrido o se sufre de crecientes que transporten materiales que impacten y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *poco estable*; (figura 131).

VEGETACIÓN Y/O LÍQUENES - METEORIZACIÓN	Desarrollo-Intensidad	Transporte	Nombre
	Alto-Moderado	Poco	Estable
	Bajo-Leve	Mucho	Poco estable

Figura 131. Clasificación según la estabilidad del organal.

Origen.

El origen de un organal se asocia principalmente a los procesos morfodinámicos de meteorización, erosión y transporte, más específicamente a un perfil de meteorización que por procesos erosivos sus bloques de roca quedan expuestos, los cuales a partir de un movimiento en masa son transportados y acumulados ladera abajo y en el cauce de los ríos, quebradas entre otros, generando un depósito de vertiente, donde finalmente por acción de un flujo de agua, se da un lavado de la matriz en mayor o menor medida, dando lugar al organal. Lo mencionado anteriormente, es relacionado con un origen de tipo *gravitacional*, sin embargo, en algunos casos, estos eventos pueden ir acompañados del transporte de un flujo de agua, y es relacionado a un origen de tipo *gravitacional y fluvial*, o de procesos estructurales, por lo que es relacionado a un origen de tipo *gravitacional y estructural*. (figura 132).

ORIGEN	Nombre
	Gravitacional
	Gravitacional y fluvial
	Gravitacional y estructural

Figura 132. Clasificación según el origen del organal.

La figura 133 muestra la tabla de clasificación de los organales según sus **características generales**, y de la cual se obtiene un nombre final, según los criterios a los que corresponda esta geoforma.

CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FLUJO DE AGUA	Presencia		Nombre
	Si		Húmedo
	No		Seco
DISPOSICIÓN	Tamaño de cámaras o vacíos (m)		Nombre
	≤1		Superficial
	>1		Profundo
EXTENSIÓN	Tamaño (m)		Nombre
	100-499		Pequeño
	500-800		Mediano
	>800		Grande
VEGETACIÓN Y/O LÍQUENES - METEORIZACIÓN	Desarrollo-Intensidad	Transporte	Nombre
	Alto-Moderado	Poco	Estable
	Bajo-Leve	Mucho	Poco estable
ORIGEN	Nombre		
	Gravitacional		
	Gravitacional y fluvial		
	Gravitacional y estructural		

Figura 133. Clasificación según las características generales del organal.

8.2.2. Clasificación según las características geológicas

Para la clasificación de las características geológicas de los organales, son relacionados los siguientes criterios:

Tipo de roca.

El origen de un organal, se encuentra relacionado principalmente a procesos morfodinámicos de erosión y transporte, es por esto, que los bloques de roca que lo constituyen deben tener una alta resistencia a dichos procesos, que evite su desintegración o desaparición; es por lo anterior que éstos sólo son de composición ígnea, ya sea de tipo ***plutónica, volcánica o hipoabisal*** (figura 134).

TIPO DE ROCA	Ígnea	Nombre
		Plutónica
		Volcánica
		Hipoabisal

Figura 134. Clasificación según el tipo de roca ígnea en el organal.

Tamaño de bloques.

Son definidos tres intervalos a partir del diámetro o altura máxima en metros (m) que pueden presentar los bloques de roca que constituyen el organal. Con un diámetro o altura máxima entre 0,1 y 3,0 metros son considerados ***pequeños***; con un diámetro o altura máxima entre 3,1 y 6 metros son considerados ***medianos***; y con un diámetro o altura máxima mayor a 6 metros son considerados ***grandes*** (figura 135).

TAMAÑO DE BLOQUES	Altura o diámetro (m)	Nombre
	0,1-3,0	Pequeños
	3,1-6,0	Medianos
	> 6	Grandes

Figura 135. Clasificación según el tamaño de bloques del organal.

Matriz.

En algunos casos se aprecia material de grano fino, que puede ser arena o arcilla, es decir matriz, rellenando algunas cámaras o vacíos en el organal; ahora bien, cuando hay presencia de matriz es llamado *soportado*, de lo contrario, *no soportado* (figura 136).

MATRIZ	Presencia	Nombre
	Si	Soportado
	No	No soportado

Figura 136. Clasificación según la presencia de matriz en el organal.

La figura 137 muestra la tabla de clasificación de los organales según sus **características geológicas**, y de la cual se obtiene un nombre final, según los criterios a los que corresponda esta geoforma:

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS		
TIPO DE ROCA	Ígnea	Nombre
		Plutónica
		Volcánica
		Hipoabisal
TAMAÑO DE BLOQUES	Altura o diámetro (m)	Nombre
	0,1-3,0	Pequeños
	3,1-6,0	Medianos
	> 6	Grandes
MATRIZ	Presencia	Nombre
	Si	Soportado
	No	No soportado

Figura 137. Clasificación según las características geológicas del organal.

8.2.3. Clasificación según las características geomorfológicas

Para la clasificación de las características geomorfológicas de los organales, son relacionados los siguientes criterios:

Tipo de ambiente.

El origen de los organales, se encuentra influenciado principalmente por un ambiente geomorfológico de tipo denudativo, en el que son característicos los fenómenos de erosión, meteorización del subsuelo y movimientos gravitatorios, es decir los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa; adicionalmente este puede ir acompañado de un ambiente fluvial o estructural.

Es importante mencionar, que el ambiente geomorfológico del organal, es definido teniendo en cuenta su influencia en el origen del mismo, ya que, en algunos casos, a pesar de que en la ubicación espacial del organal se tienen, ambientes de tipo fluvial y denudativo, no se tiene por ejemplo un transporte de los bloques de roca por parte del flujo de agua, por lo que sólo es considerado el de tipo denudativo. Dicho lo anterior, se tienen tres tipos de ambientes: ***denudativo, denudativo/fluvial y denudativo/estructural*** (figura 138).

TIPO DE AMBIENTE	Nombre
	Denudativo
	Denudativo/Fluvial
	Denudativo/Estructural

Figura 138. Clasificación según el tipo de ambiente del organal.

Confinamiento.

El confinamiento hace referencia a las laderas o márgenes que constituyen el valle asociado al cauce en el que se encuentra dispuesto el organal; ahora bien, éste es relacionado con las pendientes de las márgenes, por lo que si presenta pendientes mayores a 45° es de tipo **confinado**, si se tienen distintos valores de pendientes es de tipo **semiconfinado**, y pendientes entre 15° y 44° indican que es de tipo **no confinado** (figura 139).

CONFINAMIENTO	Pendiente márgenes del organal (°)	Nombre
	>45	Confinado
	Diferentes pendientes en las márgenes	Semiconfinado
	15-44	No confinado

Figura 139. Clasificación según el confinamiento del organal.

La figura 140 muestra la tabla de clasificación de los organales según sus **características geomorfológicas**, y de la cual se obtiene un nombre final, según los criterios a los que corresponda esta geoforma:

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS		
TIPO DE AMBIENTE	Nombre	
	Denudativo	
	Denudativo/Fluvial	
	Denudativo/Estructural	
CONFINAMIENTO	Pendiente márgenes del organal (°)	Nombre
	>45	Confinado
	Diferentes pendientes en las márgenes	Semiconfinado
	15-44	No confinado

Figura 140. Clasificación según las características geomorfológicas del organal.

La figura 141 muestra la **tabla final de clasificación de los organales**, teniendo en cuenta las **características generales, geológicas y geomorfológicas**:

CLASIFICACIÓN DE LOS ORGANALES			
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
FLUJO DE AGUA	Presencia		Nombre
	Si		Húmedo
	No		Seco
DISPOSICIÓN	Tamaño de cámaras o vacíos (m)		Nombre
	≤1		Superficial
	>1		Profundo
EXTENSIÓN	Tamaño (m)		Nombre
	100-499		Pequeño
	500-800		Mediano
	>800		Grande
VEGETACIÓN Y/O LÍQUENES - METEORIZACIÓN	Desarrollo-Intensidad	Transporte	Nombre
	Alto-Moderado	Poco	Estable
	Bajo-Leve	Mucho	Poco estable
ORIGEN	Nombre		
	Gravitacional		
	Gravitacional y fluvial		
	Gravitacional y estructural		
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS			
TIPO DE ROCA	Ígnea		Nombre
			Plutónica
			Volcánica
			Hipoabisal
TAMAÑO DE BLOQUES	Altura o diámetro (m)		Nombre
	0,1-3,0		Pequeños
	3,1-6,0		Medianos
	> 6		Grandes
MATRIZ	Presencia		Nombre
	Si		Soportado
	No		No soportado
CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS			
TIPO DE AMBIENTE	Nombre		
	Denudativo		
	Denudativo/Fluvial		
	Denudativo/Estructural		
CONFINAMIENTO	Pendiente márgenes del organal (°)		Nombre
	>45		Confinado
	Diferentes pendientes en las márgenes		Semiconfinado
	15-44		No confinado

Figura 141. Clasificación final de los organales, según las características generales, geológicas y geomorfológicas.

Finalmente, la figura 142 muestra la clasificación obtenida para cada uno de los organales estudiados en este trabajo, teniendo en cuenta las características generales, geológicas y geomorfológicas:

UNIVERSIDAD EAFIT		CLASIFICACIÓN DE LOS ORGANALES ESTUDIADOS				
		MUNICIPIO				
		CAROLINA DEL PRÍNCIPE	DONMATÍAS	SAN RAFAEL	TÁMESIS	TITIRIBÍ
Según Características generales	Flujo de agua	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo	Húmedo
	Disposición	Profunda	Superficial	Profunda	Profunda	Superficial
	Extensión (m)	Mediano	Mediano	Pequeño	Grande	Pequeño
	Vegetación y/o líquenes-Meteorización	Estable	Poco estable	Estable	Estable	Estable
	Origen	Gravitacional	Gravitacional y fluvial	Gravitacional	Gravitacional	Gravitacional y estructural
	Nombre	Organal húmedo, profundo, mediano, estable y de origen gravitacional	Organal húmedo, superficial, mediano, poco estable y de origen gravitacional y fluvial	Organal húmedo, profundo, mediano, estable y de origen gravitacional.	Organal húmedo, profundo, grande, estable y de origen gravitacional	Organal húmedo, superficial, pequeño, estable y de origen gravitacional y estructural.
Según Características geológicas	Tipo de roca	Plutónica	Plutónica	Plutónica	Volcánica	Hipoabisal
	Tamaño de bloques (m)	Medianos	Medianos	Medianos	Grandes	Pequeños
	Matriz	Soportado	No soportado	Soportado	No soportado	Soportado
	Nombre	Organal soportado con bloques medianos de roca plutónica	Organal no soportado con bloques medianos de roca plutónica	Organal soportado con bloques medianos de roca plutónica	Organal no soportado con bloques grandes de roca volcánica	Organal soportado con bloques pequeños de roca hipoabisal
Según Características geomorfológicas	Tipo de ambiente	Denudativo	Denudativo/fluvial	Denudativo	Denudativo	Denudativo/estructural
	Confinamiento	Confinado	No confinado	Confinado	Semiconfinado	Semiconfinado
	Nombre	Organal confinado de ambiente denudativo	Organal no confinado de ambiente denudativo/fluvial	Organal confinado de ambiente denudativo	Organal semiconfinado de ambiente denudativo	Organal semiconfinado de ambiente denudativo/estructural

Figura 142. Clasificación de los organales estudiados.

9. Conclusiones y recomendaciones

- La formación de los organales no sólo se asocia a la acumulación de rocas ígneas de tipo plutónicas, sino también de tipo volcánicas e hipoabisales.
- Las unidades de relieve definidas por (CORANTIOQUIA, 2002), no determinan las características generales, geológicas y geomorfológicas de los organales, ya que a pesar de que los organales de Támesis y Titiribí se localizan en la misma unidad de relieve (Cañón del río Cauca-San Juan), éstos no presentan las mismas características.
- La litología es uno de los principales parámetros para definir la clasificación de los organales, debido a que éstos sólo se dan en rocas ígneas, ya sea de tipo plutónica, volcánica o hipoabisal, las cuales se caracterizan por su resistencia a procesos de alta intensidad como la meteorización, erosión y transporte, que son los que influyen en el origen y desarrollo de los organales; caso contrario es el de las rocas sedimentarias, las cuales se componen de detritos o sedimentos químicos, con minerales que son poco estables y resistentes a la meteorización química y física, es decir, que la roca puede desintegrarse y/o disolverse con gran facilidad, por lo que se obtendría un material soluble o bloques de roca de poco tamaño; en el caso de las rocas metamórficas, a pesar de que éstas se caracterizan por presentar una alta resistencia a la meteorización, no es la suficiente para resistir a los procesos que inciden en la formación de un organal, además, muchas de estas rocas presentan foliación, por lo que tienden a fragmentarse en “*lajas*”, y muy difícilmente se conservan bloques de roca.
- Los cinco organales presentan un aporte de corriente de agua, es decir, son de tipo *húmedo*, sin embargo, la corriente de agua no siempre se encuentra relacionada al origen de los mismos, debido a que en algunos casos no presenta la energía necesaria para transportar

los bloques de roca que constituyen el organal, es el caso de los ubicados en los municipios de Carolina del Príncipe, San Rafael, Támesis y Titiribí.

- El origen de los organales está relacionado principalmente a un perfil de meteorización y a un depósito de vertiente, en donde es esencial que se dé un proceso gravitacional, es decir un movimiento en masa que dé lugar al transporte y depositación de los bloques de roca en los cauces de los ríos, quebradas, entre otros. Cabe mencionar, que en algunos casos este transporte puede ir acompañado de la corriente de agua, es el caso del ubicado en el municipio de Donmatías.
- La intensidad de meteorización y el desarrollo de la vegetación y/o líquenes en los bloques de roca, se encuentran relacionados con el transporte de los mismos, y permite definir la estabilidad del organal, es decir, aquellos que presentan un alto desarrollo de vegetación y/o líquenes y una moderada intensidad de meteorización, indican que después de la formación del organal, no se ha sufrido o no se sufre de crecientes que transporten materiales que impacten y pulan los bloques de roca, es decir que el organal es *estable*, en caso contrario el organal es *poco estable*.
- Los organales que se disponen de manera *superficial* en los cauces de ríos, quebradas, entre otros, presentan cámaras o vacíos con un tamaño inferior o igual a un metro, es el caso de los ubicados en los municipios de Don Matías y Titiribí; por el contrario, los que se disponen de manera *profunda*, presentan cámaras o vacíos con un tamaño superior a un metro, es el caso de los ubicados en los municipios de Carolina del Príncipe, San Rafael y Támesis.

- El confinamiento se encuentra relacionado con las pendientes de las márgenes del organal, ahora bien, si ambas laderas presentan pendientes $>45^\circ$, es decir, escarpadas y relacionadas a un valle tipo V, el organal es de tipo *confinado*, si las laderas presentan pendientes entre 15° y 44° y relacionadas a un valle tipo U, es de tipo *no confinado*, y si ambas márgenes presentan diferentes valores de pendientes, es de tipo *semiconfinado*.

- La alta esfericidad y redondez en algunos de los bloques de roca -normalmente en los de menor tamaño-, no siempre se relacionan con el transporte del río, quebrada, entre otros, si no con la meteorización química, principalmente de tipo esferoidal, es el caso del organal ubicado en el municipio de Carolina del Príncipe.

- El origen del organal no siempre se encuentra relacionado con el ambiente geomorfológico de la ubicación espacial del mismo, es decir, no siempre el río, quebrada, entre otros, influye en el transporte de los bloques de roca que lo constituyen, es el caso de los ubicados en los municipios de Carolina del Príncipe, San Rafael y Támesis, los cuales presentan un ambiente geomorfológico de tipo *denudativo/fluvial* en su ubicación espacial, pero su origen es influenciado sólo por el ambiente de tipo *denudativo*.

- Es necesario, que a partir del estudio y caracterización de los organales ubicados en los municipios de Carolina del Príncipe, Donmatías, San Rafael, Támesis y Titiribí, se definan estrategias para su conservación y divulgación como elementos importantes dentro del patrimonio geológico local, ya que sería fundamental incluirlos en el manejo ambiental del

Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de cada municipio, que a partir de la ejecución de actividades geoturísticas contribuya al desarrollo económico, social y turístico de las regiones.

- El término *organal* es un vocablo originario del departamento de Antioquia, lo que significa que posiblemente en otros lugares no sea nombrado de la misma manera, por lo que teniendo en cuenta las características generales, geológicas y geomorfológicas que lo definen, es importante investigar de que otra manera son denominadas estas geoformas.
- Los organales deberían ser incluidos dentro de los glosarios geomorfológicos como una geoforma relacionada al ambiente denudativo.
- Es importante realizar una caracterización más amplia y un estudio más detallado de los organales en Antioquia, ya que teniendo en cuenta las características generales, geológicas y geomorfológicas de los ya estudiados, lo más probable es que exista gran cantidad de estas geoformas en el departamento, lo que permitiría proponer una clasificación más completa.

10. Bibliografía

- Alcaldía de Támesis. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <http://www.tamesis-antioquia.gov.co/>
- Are, G., Alberto, J., Gómez, C., & Sanchez, M. (2015). METEORIZACIÓN. PARTE II: METEORIZACIÓN QUÍMICA: PROCESOS Y FORMAS RESULTANTES. *Revista Geográfica Digital. IGUNNE*, 24. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <file:///C:/Users/Asus/Downloads>
- Arribas, M., Arribas, J., De La Peña, J., Estrada, R., López, F., Marfil, R., & Varas, M. (2017). Atlas de Petrología Sedimentaria (Modificado de Powers, 1953). Recuperado el 30 de enero de 2020
- Botero, G. (1963). *Contribución al Conocimiento de la Geología de la Zona Central de Antioquia*. Medellín. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Botero, S. (2000). *Los organales como sitios de actividad humana antigua en Antioquia: municipio de Titiribí*. Medellín. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Calle, B., & González, H. (1980). Geología y Geoquímica de la Plancha 166, Jericó. I Medellín, Colombia: INGEOMINAS. Informe 1822, 232 pp. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Calle, B., & González, H. (1982). Geología y Geoquímica de la Plancha 166, Jericó. Medellín, Colombia: INGEOMINAS. Informe 1822, 232 pp. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Colegial, A., Piscioti, G., & Uribe, E. (2002). METODOLOGIA PARA LA DEFINICION, EVALUACION Y VALORACION DEL PATRIMONIO GEOLOGICO Y SU APLICACIÓN EN LA GEOMORFOLOGIA GLACIAR DE SANTANDER (MUNICIPIO DE VETAS). *Boletín de Geología*, 24(39), 122-135. Recuperado el 23 de Julio de 2019, de <https://revistas.uis.edu.co>
- Carolina del Príncipe. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <https://www.ucn.edu.co/>
- Carvajal, J. (2012). *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica de Colombia*. Bogotá, Colombia: INGEOMINAS. Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <https://www2.sgc.gov.co/>
- CORANTIOQUIA., INGEOMINAS., Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química., & UNAL. (2002). Mapa geomorfológico, de amenazas y de áreas degradadas de la jurisdicción de CORANTIOQUIA a escala 1:100.000. Medellín, Colombia: Informe Final, 143 pp. Recuperado el 30 de enero de 2020

- CORANTIOQUIA. (2005). *Plan de Ordenamiento y Manejo del Área de Reserva "La Candela, La María y Corcovado" Municipio de Titiribí, Antioquia*. Recuperado el 5 de diciembre de 2019, de <http://www.corantioquia.gov.co/>
- Correa, N. A. (2012). Método para la caracterización de las formas del terreno en zonas de montaña utilizando Modelos Digitales de Elevación. Caso: Departamento del Cauca. (*tesis de Magister*). Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. Recuperado el 23 de Julio de 2019, de <http://bdigital.unal.edu.co>
- Dávila, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- DonMatías somostodos. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <http://www.donmatias-antioquia.gov.co/>
- Durán, J., López, J., & Barea, J. (1997). PATRIMONIO GEOLÓGICO Y SOSTENIBILIDAD. APLICACIÓN A LA PROVINCIA DE MALAGÁ. *Zubía, 15*, 63-71. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- González, H. (1976). Geología del Cuadrángulo J-8 Sonsón: Bogotá, INGEOMINAS. Informe 1704, 421 pp. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Grosse, E. (1926). Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia en la Parte Occidental De la Cordillera Central de Colombia. Berlín: Verlag Von Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 361 pp. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Guisao, Y. (2015). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL MUNICIPIO DE TÁMESIS, EN EL ÁREA RURAL A ESCALA 1:25.000 Y EN EL ÁREA URBANA A ESCALA 1:2.000 (tesis de pregrado)*. Universidad Eafit, Medellín, Colombia. Recuperado el 5 de diciembre de 2019
- Gutiérrez, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid, España: Pearson educación. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Hubp, J. (2011). *Diccionario de Geomorfológico*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Hurlbut, D. (1959). *MANUAL DE MINERALOGÍA*. Barcelona: Reverté, S.A. Recuperado el 20 de enero de 2020
- Keller, E, et al., (2019). *Applications in geomorphology, Geomorphology*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.04.001>
- Londoño, A. (1998). Geformas Asociadas al Batolito Antioqueño. *Geología Colombiana, 23*, 133-143. Recuperado el 26 de noviembre de 2019

- Marqués, M. (1996). EL CONCEPTO DE EROSIÓN. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4(3), 198-202. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <file:///C:/Users/Asus/Downloads/>
- Medina, W. (2015). Importancia de la Geodiversidad. Método para el inventario y valoración del Patrimonio Geológico. *Serie Correlación Geológica*, 31(1), 57-72. Recuperado el 23 de julio de 2019, de <http://www.insugeo.org.ar/>
- Mendoza, M. (2017). *Geoformas. En: La biodiversidad en Michoacán*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Municipio de San Rafael. (2000). *Plan de Ordenamiento Territorial Municipal*. Recuperado el diciembre de 5 de 2019
- Neuendorf, K., Mehl, J., & Jackson, J. (2005). *Glossary of Geology*. Alexandria, Virginia: American Geological Institute. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <https://books.google.es/>
- Ollier, C. (1971). CAUSES OF SPHEROIDAL WEATHERING. En *Earth-Science Reviews* (Vol. 7, págs. 127-141). Recuperado el 26 de noviembre de 2019
- Presentación Turística de Carolina del Príncipe. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <http://www.carolinadelprincipe-antioquia.gov.co/>
- Reading, A. (1991). Stability of tropical residual soils from Dominica, West Indies. *Engineering Geolog*, 31(1),(27-44). Recuperado el 20 de enero de 2020
- Regmi, N., Giardino, J., & Vitek, J. (2010). Modeling susceptibility to landslides using the weight of evidence approach: Western Colorado, USA. *Geomorphology*, 115, 172-187. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Rendón, A., Henao, Á., & Osorio, J. (2017). Inventario de sitios de interés geológico en el suroeste Antioqueño, Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 41, 65-71. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Restrepo, C. (2003). PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO DE LA REGIÓN CENTRAL ANTIOQUEÑA (COLOMBIA). *IV Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero*. Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, Madrid. Recuperado el 23 de Julio de 2019, de <https://docplayer.es>
- Saldarriaga, L., Ramírez, C., & Uribe, D. (2010). *Producto Turístico Carolina del Príncipe [Mensaje en un blog]*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <http://ecocaroprincipe.blogspot.com/2010/04/2-atractivos-turisticos.html>

- Sanzano, A. (2019). EL TRANSPORTE Y DEPÓSITO DEL MATERIAL. Recuperado el 20 de enero de 2020
- Servicio Geológico Minero Argentino, et al. (2007). *Movimientos en Masa de la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas*. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Sierra, G., Silva, J., & Correa, L. (2001). Estratigrafía Secuencial de la Formación Amagá. Medellín, Colombia: Boletín Ciencias de la Tierra.15, 9-22. Recuperado el 30 de enero de 2020
- SGC. (2015). *PROPUESTA METODOLÓGICA SISTEMÁTICA PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS ANALÍTICOS APLICADOS A LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000*. Bogotá D.C. Recuperado el 30 de enero de 2020
- SGC. (1970). *MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA PLANCHA 148 SAN CARLOS*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- SGC. (1982). *GEOLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LA PLANCHA 186 RÍO SUCIO*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- SGC. (1983). *RESEÑA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOLÓGICO PRELIMINAR DE LA PLANCHA 146 MEDELLÍN OCCIDENTAL*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- SGC. (2011). *MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOLÓGICO DE LA PLANCHA 131 SANTA ROSA DE OSOS ESCALA 1:100.000*. Recuperado el 2 de diciembre de 2019
- Suarez, J. (2009). Suelos Residuales. En *Deslizamientos: Análisis geotécnico* (págs. 390-435). España: Universidad Industrial de Santander. Recuperado el 16 de febrero de 2020
- Tarbutck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de xeologosdelmundu.org
- Titiribí. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <https://www.municipio.com.co/>
- TURISMO. (s.f). Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de <http://www.orientecomercialdigital.com/>
- Van der Hammen, T. (1958). Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano Continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos (con 7 planchas). Boletín Geológico, 6, 67-128. Recuperado el 30 de enero de 2020
- Visser, W.A. (1980). Geological Nomenclature. Royal Geol.& Mining Soc. The Hague. Netherlands. Recuperado el 25 de noviembre de 2019

Zapata, R. (2005). *QUÍMICA DE LOS PROCESOS PEDOGENÉTICOS DEL SUELO*.
Recuperado el 25 de noviembre de 2019, de <http://bdigital.unal.edu.co/>

11. Anexos

Anexo 1: Localización de los organales teniendo en cuenta las unidades de relieve de (CORANTIOQUIA, 2002), *archivo png*.

Anexo 2: Corte Oeste (W) - Este (E) donde se observan las unidades de relieve de (CORANTIOQUIA, 2002), tomado y modificado de (Suarez et al., 2009), *archivo png*.

Anexo 3: Matriz de evaluación para un organal, *archivo png*.

Anexo 4: Matriz de evaluación, organal Carolina del Príncipe, *archivo png*.

Anexo 5: Matriz de evaluación, organal Donmatías, *archivo png*.

Anexo 6: Matriz de evaluación, organal San Rafael, *archivo png*.

Anexo 5: Matriz de evaluación, organal Támesis, *archivo png*.

Anexo 6: Matriz de evaluación, organal Titiribí, *archivo png*.

Anexo 7: Matriz final de evaluación, *archivo png*.

