

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO
TERRITORIAL**

ALCALDÍA MUNICIPAL DE VILLARRICA

DOCUMENTO TÉCNICO II

**ESTUDIOS DE GEOLOGÍA, AMENAZAS
NATURALES Y FISIOGRAFIA**

IBAGUÉ, SEPTIEMBRE DE 2003

ISMAEL GUZMÁN GARCIA
ALCALDE POPULAR 2001-2003

GRUPO CONSULTOR

GERARDO CHAVARRO MUÑOZ I.F.

FCO JAVIER CARDOZO BERMÚDEZ I.F

PAULINA RAMIREZ. I. Geógrafa

DIANA CRISTINA BOTACHE A. F.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. GENERALIDADES	6
1.1. OBJETIVOS	6
1.2. FASE DEL ESTUDIO	6
1.2.1. Recopilación Bibliográfica	6
1.2.2. Fotointerpretación	6
1.2.3. Trabajo de Campo	7
1.2.4. Trabajo de Oficina	8
1.3. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO	9
2. GEOLOGÍA	10
2.1. ESTATIGRAFIA (FORMACIONES AFLORANTES)	10
2.1.1. CRETACEO	10
2.1.1.1. Grupo Villeta (Kv)	11
2.1.1.2. Grupo Guadalupe (Ksg)	12
2.1.2. TERCIARIO	13
2.1.2.1. Formación Seca (TKs)	13
2.1.2.2. Grupo Gualanday (tg)	14
2.1.3. CUATERNARIO	17
2.1.3.1. Depósitos de Coluvión (Qco)	17
2.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	19
2.2.1. Pliegues	19
2.2.2. Fallas	21
2.3. PENDIENTES	21
2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA	23
2.4.1. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRANEO	23
2.5. GEOMORFOLOGÍA	25
2.5.1. RELIEVE MONTAÑOSO Y COLINADO ESTRUCTURAL – EROSIONAL	25
2.5.2. Cresta Monoclinal abrupto de liditas y areniscas cuarzosas	26
2.5.3. Ondulaciones en bancos de arcillolitas interestratificada con arenisca Cuarzosas	26
2.5.4. Espinazo Monoclinal Colinado en areniscas cuarzosas interestratificados con arcillositas	26
2.5.5. Loma de una Cubeta Sinclinal de lodolitas interestratificado Con areniscas cuarzosas.	27
2.5.6. Anticlinal Excavado Abrupto de Liditas y Areniscas cuarzosa	27
2.5.7. Coluvión de Remoción derivados de liditas y areniscas cuarzosas	27
2.6 PROCESOS DE EROSION	28
2.6.1. Definiciones	29
2.6.2. Caracterización y localización de los procesos erosivos	32
2.6.2.1. Erosión Superficial	33
2.6.2.1.1. Hídrica	33

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

4

2.6.2.1.2. Erosión por Actividad Antrópica	33
2.6.3. Erosión Profunda	34
2.6.3.1. Remoción en Masa Rápido.	34
2.6.3.2. Remoción en Masa Lento	34
2.6.3.3. Actividad Antrópica	35
3. FISIOGRAFÍA	35
3.1. PROVINCIA FISIAGRÁFICA	36
3.2. PROVINCIAS CLIMATICAS	36
3.3. GRANDES PAISAJES, PAISAJES Y SUBPAISAJES	37
3.3.1. MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES. M	37
4. AMENAZAS	48
4.1. AMENAZAS GEOLÓGICAS E HIDRICAS	48
4.1.1. Amenaza por Remoción en Masa	48
4.1.2. Amenaza alta por Inundación (AAI)	51
4.2. AMENAZA SÍSMICA	53
4.2.1. AMENAZA SIMICA CABECERA MUNICIPAL	53
4.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
4.4. AMENAZAS URBANAS	56
4.4.1. METODOLOGIA DE TRABAJO	56
4.4.1.1. Recolección y Evaluación De La Información Disponible:	56
4.4.1.2. Fotointerpretación	56
4.4.1.3. Trabajo De Campo	57
4.4.1.4. Ensayos De Laboratorio	57
4.4.1.5. Documento Final	60
4.4.2. MORFOLOGÍA	60
4.4.3. GEOLOGIA (ESTRATIGRAFIA) Y CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	61
4.4.3.1 Deposito de flujos escombros(Coluviones)(Qco.)	62
4.4.3.1.1 Geología	62
4.4.3.1.2. Características Geotecnicas	62
4.4.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL	63
4.4.5. AMENAZAS GEOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS EN LA CABECERA MUNICIPAL	63
4.4.5.1. PROCESOS DE REMOCION EN MASA Y EROSION	63
4.4.4.1. Reptación	63
4.4.4.2. Surcos y cárcavas	64
4.4.5. AMENAZA SÍSMICA	64
4.4.6. APTITUD PARA EL USO URBANO	64
4.4.6.1. ZONA ESTABLE (ZE)	65
4.4.6.2. ZONA DE INESTABILIDAD POTENCIAL (ZIP)	65
4.4.6.3. INESTABLE (ZI)	65
4.4.6.4. ZONA INUNDABLE (ZU)	66
4.4.6.5. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	67
5. GLOSARIO	70

LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1	Vuelos Fotográficos Realizados Sobre El Municipio de Villarrica - Tolima	7
Tabla 2	Planchas Topográficas del IGAC	8
Tabla 3	Clasificación del Rango de Pendientes	23
Tabla 4	Clasificación de Procesos Denudativos, de Gallego Et Al (1993) Modificada en Araujo Et, Al. (2000)	32
Tabla 5	Leyenda fisiográfica municipio de Villarrica - Tolima	44
Tabla 6	Sismos de magnitud ms > 5. ocurridos entre 1566 – 1987 dentro de un circulo de 150 km. radio alrededor de Villarrica	54
Tabla 7	Resumen de Ensayos de Laboratorio Cabecera Municipal de Villarrica. 2003.	60

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Cabecera municipal Municipio de Villarrica – Tolima. 2003.	9
Figura 2 Afloramiento de lutitas negras, en al vía Cunday – Villarrica, sector Los Alpes	10
Figura 3 Estratificación de lutitas y limolitas de color Amarillo, perteneciente al Grupo Villeta.	11
Figura 4 Afloramiento de Limolitas, que son utilizadas para el Arreglo de vías veredales.	12
Figura 5 Depósitos de coluviones. Municipio de Villarrica – Tolima	18
Figura 6 Geomorfología predominante en el municipio, obsérvese montañas y colinas, sector de la granja.	25
Figura 7 Procesos erosivos en Coluvión por aguas de escorrentía, vereda Guanacas y San Joaquin	28
Figura 8 Procesos de remoción en masa (amenaza alta), vereda guanacas municipio de Villarrica - Tolima	50
Figura 9 Vereda guanacas, sector de la quebrada san Jorge. Obsérvese la socavación por el agua en depósitos de coluviones	52
Figura 10 Corte geológico esquemático de la cabecera municipal, Villarrica - Tolima	61

1. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVOS

- Realizar la caracterización Geológica, Geomorfológica, Pendientes, Fisiográfica y Minera del Municipio de Villarrica.
- Analizar y evaluar la vulnerabilidad de la población por amenazas de remoción en masa, hídrica y sísmica.

1.2. FASES DEL ESTUDIO

Para la realización de la caracterización Geológica, Geomorfológica, de Pendientes, Fisiográfica y Minera del municipio, se tuvo en cuenta la “ Metodología para el Ordenamiento Territorial de Áreas Rurales” propuesta por CORTOLIMA (1998-1999).

1.2.1. Recopilación Bibliográfica

Se recopilaron los estudios más importantes sobre cartografía geológica, Geomorfología, Procesos Erosivos y Amenazas Naturales correspondientes al área del municipio de Villarrica.

1.2.2. Fotointerpretación

Se realizaron análisis de fotografías aéreas del municipio, que fueron útiles para la separación de las distintas litologías, considerando tono, textura y patrones de drenajes que reflejan las rocas en las fotografías aéreas. También se identificaron trazos de lineamientos y fallas, definidos por cursos rectos del drenaje, cambios en los rumbos de capas homogéneas y lineamientos de rasgos topográficos. Definición de los ejes de estructuras del sinclinal y anticlinal. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Vuelos Fotográficos Realizados Sobre El Municipio de Villarrica - Tolima.

LINEA DE VUELO	Nº DE FOTO	AÑO	ESCALA
C-2662	015	1987	1:22800
C-2662	014	1959	1: 46.600
C-2662	013	1991	1:46.600
C-2662	012	1991	1:43.000
C-2662	011	1995	1:36.000
C-2662	010	1995	1:37.700
C-2662	009	1975	1:30.800
C-2662	028	1987	1:25.900
C-2662	029	1987	1:60.000
C-2662	030	1987	1:50.000
C-2662	031	1987	1:30.800
C-2662	032	1987	1:25.900
C-2662	033	1987	1:60.000
C-2662	034	1987	1:50.000

FUENTE: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

1.2.3. Trabajo de Campo

Para el trabajo de campo se utilizaron las bases topográficas escala 1:25.000 del municipio realizadas por el Instituto Agustín Codazzi (IGAC, 1997).

Se realizaron recorridos de campo previamente definidos a lo largo de las carreteras, caminos, quebradas y centros poblados, con el objetivo de recolectar o verificar información geológica y geomorfológica de las distintas unidades litológicas y de las estructuras que las afectan.

Se describieron las Unidades Geológicas aflorantes en el municipio.

En la fase de información de campo, se tomaron muestras de roca para su reconocimiento macroscópico.

1.2.4. Trabajo de Oficina

El trabajo de Oficina consistió en la integración de toda la información recolectada en las etapas anteriores, obteniendo el informe final editado en formato Word y los mapas temáticos elaborados sobre las planchas topográficas a escala 1:25.000 del municipio editados en AUTOCAD 14 a escala 1:50.000, además de la información elaborado por la empresa petrolera NEXEN PETROLEUM COLOMBIA LIMITED .

Mapas resultantes: Geológico, Fisiográfico, Pendientes y Amenazas.

Tabla 2. Planchas Topográficas del IGAC

Nº DE PLANCHA	COORDENADA INICIAL	COORDENADA FINAL
284 I-A	X: 920.000	X: 910.000
	Y:940.000	Y:955.000
265 III-C	X: 930.000	X: 920.000
	Y:940.000	Y:955.000
283 II-D	X: 910.000	X: 900.000
	Y:925.000	Y:940.000
283 II-B	X:920.000	X:910.000
	Y:925.000	Y:940.000
265-III-A	X:940.000	X:930.000
	Y:940.000	Y:955.000
264-IV-D	X:930.000	X:920.000
	Y:925.000	Y:930.000
264 IV B	X:940.000	X:930.000
	Y:925.000	Y:940.000

FUENTE: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC

1.3. LOCALIZACIÓN Y VÍAS DE ACCESO

El Municipio de Villarrica está localizado en el Departamento del Tolima, flanco occidental de la Cordillera Oriental y margen Este del Valle Superior del Magdalena, con una extensión de 48.000. Ha.

Las vías más importantes del Municipio son las que conducen del casco urbano a las poblaciones de Carmen de Apicalá situada al Norte y al municipio de Cunday situado al Noroeste. (Ver Figura 1 y 2).



Figura 1. Cabecera municipal Municipio de Villarrica – Tolima. 2003.

2. GEOLOGÍA

En el Municipio de Villarrica afloran rocas sedimentarias de origen marino y continental con edades entre el Cretácico y Paleógeno Superior. Que hacen parte de una estructura sinclinal y depósitos del Cuaternario (Coluviales).

2.1. ESTRATIGRAFÍA. (FORMACIONES AFLORANTES)

2.1.1. CRETACEO



Figura. 2: Afloramiento de lutitas negras, en al vía Cunday – Villarrica, sector Los Alpes.

2.1.1.1. Grupo Villeta (Kv) (Barremiano - Coniaciano)

Col. Soc. Petr. Geol. Geoph (1961) la definen como Grupo Villeta; conjunto monótono de shales de color gris oscuro con algunas interestratificaciones de calizas y arenitas. (Ver Figura 3.)



Figura 3. Estratificación de lutitas y limolitas de color Amarillo, perteneciente al Grupo Villeta.

El Grupo Villeta aflora casi en todo el Norte del Municipio, presenta afloramientos a largo de la vía que conduce de Cunday a Villarrica y en las veredas Campo Solo, el Darien, La Isla, San Joaquin, Guanacas, El paraíso, Alto Roble, Alto Bélgica, Alto Moscú y al sur del municipio en la Vereda Galilea.

2.1.1.2. Grupo Guadalupe (Ksg) (Coniaciano - Maestrichtiano)

Autor Hettner, A (1892). Redefinida por Pérez, G y Salazar, A (1978) como Grupo Guadalupe, dividen este Grupo en las siguientes Formaciones de base a techo:

- Formación Arenisca dura constituida por arenitas de bancos muy gruesos con interestratificaciones de limolitas y lodolitas. (Ver Figura 4)
- Formación Plaeners, consiste en arcillolitas y lodolitas silíceas.
- Formación Arenisca de Labor, formada por bancos gruesos de arenitas separados por capas muy delgadas de arcillolitas.
- Formación Arenisca Tierna, formada por alternancia de bancos gruesos de arenitas y menos gruesos de lodolitas.



Figura 4. Afloramiento de Limolitas, rocas que son utilizadas para el Arreglo de vías veredales. Vereda Marayal.

El Grupo esta conformado por estratos métricos con una alternancia de cuarzo arenitas finas a cuarzo arenitas gruesas de color amarillo a pardo intercalados con lutitas de color gris.

2.1.2. Terciario

2.1.2.1. Formación Seca (TKs)

Corresponde a las rocas que se encuentran por encima de la Formación La Tabla, para éste caso, en el Sinclinal de San Andrés, Colombia, Río Negro y Altamizal. En el Sinclinal de San Andrés se identifican dos conjuntos; una diferencia de areniscas de grano fino de color amarillo crema con limolitas y arcillolitas grises y amarillas, en la parte con niveles de concreciones ferruginosas.

Edad: Maestrichtiano-paleoceno.

Ambiente de Depósito: Marino

Manifestaciones: Aflora en los núcleos del Río Negro. Forma unidades de relieve bajo acolinado con pendientes menores al 30%.

La Formación Seca se presenta al sur oriente, como dos franja alargadas al Noreste, ubicada al sur del municipio conformando el sinclinal de río Negro y el anticlinal del Carmen. Aflora en la vereda Galilea

Esta unidad es informal y fue tratada de definir por De Porta, 1965. Las secciones tipo y de referencia se encuentran localizadas en las carreteras Cambao-San Juan de Río Seco y Honda-Guaduas. Se sigue utilizando informalmente este nombre debido a la cercanía de la zona de estudio con el Sinclinal de Prado en donde éste también se ha adoptado; y segundo, porque en la zona de estudio esta unidad no corresponde a la descripción original y característica de la Formación Guaduas (equivalente temporal en la Cuenca de Girardot y en la Sabana de Bogotá).

- **Litología**

Constituida predominantemente por arcillolitas abigarradas (Foto 9) donde predominan los colores rojizos, grises y gris verdosos; hacia la base se intercalan en menor proporción limolitas y areniscas líticas de grano fino de color amarillo crema, algunas veces con estratificación cruzada. Estas características litológicas hacen que la unidad se encuentre como un conjunto blando, poco resistente a la erosión y casi siempre cubierto por bloques provenientes de los escarpes que la limitan pertenecientes a las Formaciones del Grupo Guadalupe y Gualanday Inferior.

- **Espesor**

Es difícil de determinar en la región a causa de la falta de secciones completas. Por métodos cartográficos se da un espesor entre 300 y 350 m.

- **Ambiente de depósito**

La presencia de areniscas cuarzosas hacia la base de esta formación hace pensar en un ambiente marino que predominó hacia finales del Cretácico, en condiciones oscilantes, cambiando de marino a continental hacia el techo de la unidad, donde este último dominó completamente a juzgar por la presencia de arcillolitas de color rojizo.

- **Edad**

De Porta (1974) acepta una edad de Maestrichtiano-Terciario inferior.

2.1.2.2. Grupo Gualanday (Tg)

(Raasveldt, 1956.) Scheibe (1934, en Cossio, 1994) es el primero en hablar de "Pisos del Gualanday", como una unidad constituida por arcillas grises o rojas, areniscas rojas, grises o amarillas y conglomerados cuyos clastos son de cuarzo, sílex córneo y esquistos silíceos aglutinados por un cemento ferruginoso.

Raasveldt (1956), hace una división de la unidad en tres miembros: Gualanday Inferior, Medio y Superior que posteriormente se consideran como formaciones.

Van Houten and Travis (1968) Dan una descripción de la unidad y la ascienden a Grupo.

En el Municipio de Villarrica aflora la Formaciones Gualanday Inferior.

- **Formación Gualanday Inferior (Tgi)**

La Formación Gualanday Inferior aflora al sur del municipio en una franja subparalelas orientada Suroeste - Noreste. La franja de afloramiento se ubica en la región más distal, en la vereda Galilea.

En el área, la Formación Gualanday Inferior está constituidas por areniscas cuarzosas amarillentas a rojizas intercaladas con bancos de arcillolitas abigarradas (Figura 5). El contacto inferior y superior son concordantes.

- **Litología**

Está compuesta por una secuencia que a grandes rasgos muestra una tendencia granocreciente; hacia la parte media inferior predominan las areniscas con ocasionales lentes conglomeráticos, sobre arcillolitas de color rojizo, que subiendo en la secuencia se van haciendo cada vez más delgados y escasos; en la parte superior predominan los conglomerados finos sobre areniscas y areniscas conglomeráticas; en este sector las arcillolitas aparecen ocasionalmente en capas delgadas cuneiformes.

Se encuentra sólo en el Sinclinal de Colombia (Esta unidad forma el núcleo del Sinclinal de Prado al norte de la zona de estudio); es una unidad predominantemente de litoarenitas conglomeráticas de color amarillo claro, con guijos de cuarzo, chert, roca ígnea y esporádicamente metamórfica con interdigitaciones con areniscas y areniscas conglomeráticas separados por capas convergentes de arcillolitas.

- **Contactos**

El contacto inferior del Grupo Gualanday en la zona es estructuralmente concordante, lo que se corrobora con los datos de rumbo y buzamiento tomados de la parte superior de la Formación Seca y las de la parte inferior del Grupo Gualanday. Sin embargo, el límite ente la Formación Seca y el Grupo Gualanday, muchas veces ha sido definido como discordante refiriéndose únicamente a que *"el cambio brusco de litología hace pensar en la presencia de una discordancia"*. Los contactos entre las formaciones Gualanday Inferior-Gualanday Medio y Gualanday Medio-Gualanday Superior también se presentan aparentemente concordantes..

- **Espesor**

Mediante métodos indirectos Cossio y otros (1995) calculan un espesor de 300-350 m para el Gualanday Inferior, 600-700 m para el Gualanday Medio y 750 m para el Gualanday Superior; lo que significa un espesor total 1650-1800 m para todo el grupo.

- **Ambiente de depósito**

Sus características litológicas indican el depósito en un medio continental, con acción de corrientes de alta energía. La presencia de conglomerados, tanto en la unidad inferior como en la superior, indica períodos de inestabilidad tectónica, en las que hubo gran actividad erosiva para causar la acumulación de grandes espesores de conglomerados.

- **Edad**

El Grupo Gualanday es muy pobre en fósiles debido a su carácter continental y a las facies gruesas presentes. El Gualanday Medio corresponde al Eoceno superior y probablemente alcance el Oligoceno inferior, pero las partes inferior y superior no han sido posible datarlas.

2.1.3. CUATERNARIO

2.1.3.1. Depósitos de Coluvión (Qco)

Depósitos no litificados acumulados por la acción de la erosión superficial, que se localizan generalmente al pie de los escarpes, y que están constituidos por detritos de roca y suelo; estos detritos corresponden a fragmentos angulares a subangulares de material que depende de la formación geológica del que proviene (grupo Guadalupe y Villeta principalmente) que por lo general son areniscas, limolitas y lodolitas. El tamaño varía desde guijos hasta bloques en una matriz de lodosa a arenosa, su distribución es caótica, sin sorteamiento ni estratificación, y externamente dan lugar a una topografía irregular, inclinado-ondulada.. Dentro de estos depósitos se destaca el localizado al sur de Dolores en una zona amplia que recorre la quebrada La Osa, además de una serie de coluvios de menores dimensiones situados hacia ambos flancos de la cuchilla Altamizal. (Ver Figura 5).

Los sedimentos característicos de estas formas de agradación presentan las siguientes características diagnósticas:

- Pobrementemente sorteados y heterométricos, con material de suelo y fragmentos de rocas angulares a subangulares, cuyo tamaño varía desde las gravillas hasta enormes bloques.
 - Distribuidos irregularmente, en forma caótica, sin estratificación.
-



Figura 5. Depósitos de coluviones. Municipio de Villarrica – Tolima

Su composición litológica es, por lo común, homogénea y estrechamente relacionada con la de las laderas superiores adyacentes, de donde proceden los materiales. Conocida la naturaleza del material parental de dichas laderas, fácilmente puede deducirse la composición de los coluviones depositados

Estos depósitos fueron formados por fenómenos gravitatorios o de remoción en masa, constituidos de acuerdo a la litología dominante en cada sector.

Se localizan generalmente en la base de los cerros cuchillas compuestos por detritus procedentes del Grupos Guadalupe y Villeta; Formación Gualanday Inferior.

Están constituidos principalmente por un conglomerado lodo arenoso compuesto por cantos que varían de guijos a bloques, mayores de 1 metro de areniscas, de chert y algunas veces detritus calcáreo, subangulares a angulares de color amarillo ocre.

En el sector N, NE y SW W los Coluviones cubren áreas del Grupo Guadalupe y de las Formaciones Gualanday Inferior y Seca en los sectores de las márgenes del Río Cunde Blanco y las veredas de

2.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La Cordillera Oriental de Colombia tiene una historia tectónica que se inició en la era Cenozoica, hace aproximadamente 60 millones de años. Durante éste período estuvo sometida a esfuerzos internos y externos que ocasionaron su levantamiento durante la Orogenia Andina, que se inició hace 25 millones de años aproximadamente, produciendo plegamientos, fracturas, levantamientos y hundimientos.

Los plegamientos y fallas en rocas sedimentarias son las principales estructuras que se presentan en los alrededores del área. Sobre el casco urbano de Villarrica no se observó éste tipo de estructuras, debido a que se encuentran cubiertas por un flujo de escombros de edad reciente, que no permite observar las rocas más antiguas y las estructuras del subsuelo. Además sobre éste depósito no se observan signos de actividad tectónica reciente, que permitan definir fallas geológicas activas.

2.2.1. PLIEGUES:

En el flanco de la Cordillera Oriental y el Valle del Magdalena aledaño correspondiente a la zona de estudio, se presentan pliegues con sinclinales amplios y anticlinales apretados asimétricos en echelón con orientación predominante NE-SW y acortamiento en dirección NE-SW. A continuación, se describirán brevemente las estructuras localizadas en el área de interés.

- **Sinclinal de San Andrés**

Se localiza entre el Noreste del Municipio de Dolores y el Sur del Municipio De Villarrica, tiene un área de aproximadamente 180Km². Es un sinclinal asimétrico con cierres al Norte y al Sur; el flanco Oriental buza de 11° a 25° al Este y el flanco Occidental se inclina de 35° a 50° al Oeste, éste último, derrumbado en algunos sectores; su eje tiene una orientación aproximada de N 40° E. En el último núcleo afloran las unidades T1 y T2. En sus flancos Occidental y Sur se encuentra afectado por fallas. Es de resaltar que por efecto de la Falla de Guacamayas se forma un sinclinal amplio y un anticlinal de cierre apretado.

- **Sinclinal de Altamizal**

Es asimétrico con el flanco Oriental fallado y la parte Sur truncada por la Falla del mismo nombre, su eje se encuentra orientado por la Falla del mismo nombre, su eje se encuentra orientado en dirección N-S diferente a la tendencia general de la mayoría de las estructuras; su flanco Oriental colisiona con el Sinclinal de Río Negro y el Anticlinal del Carmen.

- **Sinclinal de Río Negro**

Sinclinal asimétrico tumbado convergente hacia el Oriente; su eje se encuentra orientado en dirección N40° E. Su flanco Oriental se corta y es desplazado por fallas transversales pequeñas.

- **Sinclinal de Villarrica**

Se ubica entre los sinclinales de Prado y San Andrés, tiene una amplitud aproximada de 6 Km, su localización regional es N30°-40°E. En su núcleo se encuentran rocas de las Formaciones: es de notar que el Sinclinal es cortado por numerosas fallas, todas con convergencia hacia Aco Nuevo.

- **Anticlinal de San Pedro**

Se encuentra localizado entre los Sinclinales de Colombia y San Andrés al Noreste del Municipio de Dolores, es un pliegue asimétrico donde su flanco Oriental buza de 30° a 50° en direcciones Este y Oeste; la Cuchilla de Altamizal corresponde al flanco Oriental del anticlinal y buza 18° a 22° al Este, su eje tiene tendencia regional de NE – SW.

- **Anticlinal del Carmen**

Se localiza entre los sinclinales de Colombia y Río Negro, es un anticlinal asimétrico con el eje orientado en dirección N45° E, el flanco Occidental es tumbado en algunos trayectos y se encuentra cortado y desplazado por fallas, en otros. En el extremo Sur es truncado por un fallamiento con dirección NS.

2.2.2. FALLAS

Por su complejidad tectónica y plegamientos intensos ocasionados por el levantamiento de la Cordillera Oriental, la zona presenta gran cantidad de fallas con dos direcciones principales de orientación: NE – SW de rumbo, correspondiente a fallas transversales de menor grado. A continuación se relacionan las principales y que no influyen directamente en el municipio Villarrica.

- ◀ Falla de Altamizal
- ◀ Falla de Ambica
- ◀ Falla el Nueve
- ◀ Falla San Marcos
- ◀ Falla las Guacamayas
- ◀ Falla la Ruidosa
- ◀ Fallas la Lajita y La Arenosa

2.3. PENDIENTES

El estudio de las formas y evolución de las pendientes provocadas por la erosión, puede ser el foco de un estudio geomorfológico detallado a largo plazo. No solamente las pendientes componen una gran parte de la superficie de la tierra,

sino que se deben tener en cuenta como parte integral del sistema de drenaje que provee el agua para el movimiento de los sedimentos.

El término pendiente posee dos acepciones, una se refiere al ángulo de inclinación del terreno, siendo ésta la utilizada en el presente informe, y se expresa en ángulo o en porcentaje. La otra es la relación comparativa entre las inclinaciones de dos o más superficies diferentes.

Hay gran diversidad de tipos de pendientes, pero en éste estudio se consideran las superficies entre redes de drenajes, que dividen los valles, como el caso de la Cuchilla de Altamizal.

Las pendientes pueden variar rápida y globalmente dependiendo de los cambios en las condiciones climáticas, de vegetación, litológicas y estructurales, siendo para cada caso los fenómenos de erosión diferentes. A partir de esto, las pendientes tienen gran cantidad de formas, siendo muy difícil poder formular un modelo general para el desarrollo y evolución de estas.

El tamaño, forma y ángulo de inclinación de las pendientes, se puede relacionar con el material rocoso del cual está compuesta la pendiente, así como la erodabilidad de éste. La manera como progresan las pendientes es un factor muy importante en la construcción de obras civiles, y otras relacionadas con la industria del petróleo.

En el área del municipio de Villarrica se presentan pendientes leves, moderadas y medias. En el cuadro No. 2.1, se observan los ángulos de inclinación de cada una de las pendientes antes mencionadas. Para la clasificación de las pendientes se empleó el sistema de información geográfico Arc- view (Versión 3.1), utilizando los rangos dados por CORTOLIMA para la realización del mapa temático (Anexo 6)

Tabla 3. Clasificación del Rango de Pendientes

PORCENTAJE (%)	CARACTERÍSTICA DE LA PENDIENTE
0 - 3	Relieve plano
3 - 7	Relieve Ligeramente Ondulado
12 - 25	Relieve Ligeramente Quebrado
25 - 50	Relieve Quebrado
50 - 75	Relieve fuertemente Quebrado
> 75	Relieve Muy Escarpado

FUENTE: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE ÁREAS RURALES

2.4. GEOLOGIA ECONOMICA

2.4.1. RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

El agua aportada por las lluvias al caer al suelo gran parte correrá como agua superficial y otra más pequeña se infiltrará en los terrenos para formar parte del agua del suelo agrológico y de las rocas del subsuelo.

En el Municipio de Villarrica existe afortunadamente unas características geológicas estructurales y litológicas que favorecen la presencia de agua subterránea. La estructura geológica predominante del área la constituye el Sinclinal de Río Prado que presenta algunas fallas que interrumpen su continuidad pero que conservan la capacidad de almacenar abundante agua. La litología predominante en el área donde abundan las areniscas limitadas por bancos de arcillolitas constituyen las condiciones ideales para la acumulación de importantes cantidades de agua subterránea.

Las unidades más importantes como reservorios de aguas son:

- Grupo Guadalupe y en menor importancia las Formaciones Gualanday Inferior.
- El Grupo Guadalupe constituida por areniscas cuarzosas con excelente porosidad y permeabilidad tiene como zonas de recarga las cuchillas Buena vista, El Páramo, El Rugido y en los Cerros, y sus zonas de acumulación en las partes bajas de su estructura sinclinal, que aunque estén a gran profundidad presenta una excelente calidad y cantidad de agua potable.
- La Formaciones Gualanday Inferior poseen también estratos de areniscas cuarzosas intercaladas dentro de arcillolitas con zonas de recarga de media ladera y sectores de acumulación en zonas más bajas del sinclinal. El espesor de estas areniscas, su estructura macro lenticular, su porosidad y permeabilidad moderadas, hacen de estas formaciones un potencial acuífero menos importante que el Grupo Guadalupe, pero su localización más superficial y accesible mediante perforaciones las hacen importante como roca reservorio.

Aunque la disponibilidad de aguas superficiales es abundante en el municipio sigue siendo muy importante el acuífero del Grupo Guadalupe como reservorio de agua abundante y de buena calidad para grandes proyectos.

2.5. GEOMORFOLOGÍA

La Geomorfología es el estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación. Además investiga las interrelaciones de esas formas y procesos en su distribución o arreglo espacial (Van Zuidam, 1973).

La Geomorfología es el estudio del paisaje terrestre o las formas del relieve de la superficie actual, que tiene por objeto clasificarlas y explicarlas. Está relacionada con la Geología Física que estudia todos los agentes terrestres y los procesos transformadores, así como los efectos por ellos causados.

En el Municipio de Villarrica, se identificaron y describieron siete (7) unidades Geomorfológicas. Para ello se optó por la clasificación de Villota (1991).

2.5.1. RELIEVE MONTAÑOSO Y COLINADO ESTRUCTURAL – EROSIONAL



Figura 6. Geomorfología predominante en el municipio, obsérvese montañas y colinas, sector de la granja.

En este grupo se incluyen las montañas y colinas que por su altura y formas se deben a plegamientos de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de la estructura original a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos de denudación. Concretamente se hace referencia a las montañas y colinas de plegamientos en rocas sedimentarias consolidadas (Villota, 1991).

2.5.2. Cresta Monoclinal Abrupto de Liditas y Areniscas Cuarzosas

Se observan en dos franjas alargadas a lo largo de las cuchillas Altamizal, con pendientes fuertes a ligeramente quebradas de (50 - >75%), con, laderas largas, drenajes subparalelos, con valles en "V" cerrada. (Anexo 7).

En esta unidad Geomorfológica afloran las liditas y areniscas cuarzosas pertenecientes al Guadalupe.

2.5.3. Ondulaciones en Bancos de Arcillolitas Interestratificada con Arenisca Cuarzosas

Se observan en una franja alargadas, a lo largo de la vereda Galilea.

En esta unidad Geomorfológica afloran arcillolitas interestratificadas con areniscas cuarzosas pertenecientes a la Formación Seca.

2.5.4. Espinazo Monoclinal Colinado en Areniscas Cuarzosas Interestratificados con Arcillolitas

Se observan en dos franjas alargadas a lo largo de los fillos con laderas escarpadas a ligeramente quebradas (12 - 75%), drenajes rectangulares, en "V" cerrados .

En esta unidad Geomorfológica afloran areniscas cuarzosas amarillentas a rojizas intercaladas con arcillolitas abigarradas.

2.5.5. Loma de una Cubeta Sinclinal de Lodolitas Interestratificado con Areniscas Cuarzosas

La Cubeta Sinclinal se observa en el centro del municipio a lo largo del eje sinclinal de Río Prado, en una franja alargada en un valle estrecho con laderas ligeramente quebradas (3 - 12%), drenajes subdentriticos, en "V" abiertas (Anexo 7).

En esta unidad Geomorfológica afloran bancos gruesos de lodolitas de color crema y rojizas con intercalaciones polimíctica de areniscas y conglomerados.

2.5.6. Anticlinal Excavado Abrupto de Liditas y Areniscas cuarzosas

Se encuentra ubicado al sureste del Municipio de Villarrica, limite con Dolores. Anticlinal erosionado, cortado siguiendo el rumbo de los estrados. Es una depresión que corta las capas del Grupo Guadalupe, cuyo fondo aflora el Grupo Villeta, cubierto casi en su totalidad por Coluviones provenientes de los escarpes. Presenta laderas quebradas a ligeramente quebradas (50 - 75%), drenajes

subdendrítico

En esta unidad Geomorfológica afloran lalitas y areniscas cuarzosas perteneciente a los Grupos Guadalupe.

2.5.7. Coluvión de Remoción Derivados de Lalitas y Areniscas Cuarzosas

Son depósitos procedentes de deslizamientos planares, de avalanchas y sobre rellenos compuesto por material de las rocas presentes en el área. Se encuentra ubicado sobre la base de las laderas de montañas y colinas de la Cresta Monoclinal, el Espinazo y el Anticlinal Excavado. En estos depósitos se encuentran localizado en el centro poblado Los Alpes y Villarrica. Presenta topografía irregular con laderas ligeramente onduladas (0-7%) drenajes subdendríticos .

2.6. PROCESOS DE EROSION

En el municipio de Villarrica - Tolima, los procesos erosivos están integrados por erosión superficial y erosión profunda (movimientos en masa), los cuales son efectos de muchos factores, tales como litología, estructuras geológicas, hidrogeología, clima, vegetación, actividad Antrópica y en especial por acción de la fuerza de la gravedad. (Ver Figura 7)



Figura 7. Procesos erosivos en Coluvión por aguas de escorrentía, vereda Guanacas y San Joaquin.

En el presente trabajo se utilizaron las tablas de:

- Elementos de Identificación y Clasificación de Procesos Erosivos y Movimientos en Masa, con algunas modificaciones que se ajustan al área de estudio.
- Clasificación de los procesos denudativos, et. al. (1993) en Araujo et, al. (2001).

También se utilizó para el análisis de los procesos erosivos, el Manual para el Control de la Erosión de Corpocaldas e INVÍAS (1998).

2.6.1. Definiciones

Erosión: La erosión comprende el desalojo y transporte de materiales sueltos de la superficie terrestre, por el agua, el viento y el hielo, con la contribución de la gravedad, la cual actúa como fuerza direccional selectiva (Ortiz 1986 en Manual para el Control de la Erosión 1998).

Erosión Hídrica: Se denomina así al fenómeno de remoción y posterior pérdida de suelo o material rocoso que se genera a partir del flujo del agua o de la precipitación y posterior infiltración de la misma en la superficie terrestre.

Escorrentía Superficial Concentrada: (Hace parte de la Erosión Hídrica). Se origina a partir de la acumulación de agua en depósitos inconsolidados ó donde la roca se encuentra descubierta. Y se divide en:

- **Surcos de Erosión:** Tan pronto como el flujo se vuelve turbulento, el agua adquiere energía suficiente para formar canales muy pequeños pero bien definidos.
- **Cárcavas y Sistemas de Cárcavas:** Son canales o zanjones de diferente tamaño y forma formados por agua lluvia, más profundos y amplios que los surcos, en los cuales circula agua en forma intermitente.(Anexo 5)

Erosión Fluvial Lineal: La energía de flujo en un cauce natural, torrente de montaña o curso mayor de agua, produce desprendimiento y transporte de los materiales del lecho y las paredes del canal dando lugar a procesos de erosión importantes.

Socavamiento Lateral y de Fondo: (Hace parte de la Erosión Fluvial). Este proceso tiene efecto directamente en las orillas de los cauces y se observa notablemente cuando hay presencia de materiales incompetentes, poco consolidados o inconsolidados, generalmente contribuyendo a la desestabilización de las partes

bajas de las laderas involucradas, generando posibles taponamientos que a su vez contribuyen con los fenómenos aluvio torrenciales comunes en épocas invernales.

Erosión por Actividad Antrópica: La mayor parte de los procesos erosivos son acelerados por actividades humanas no controladas o el mal uso del suelo tales como: el sobre pastoreo, la deforestación, la obstrucción o desvío de cauces y el incorrecto manejo de las aguas (Montero 1992). Hacen parte de esta actividad.

- **Cortes y Llenos.** La adecuación de terrenos para construcciones urbanísticas y el corte de carreteras, movilizan grandes volúmenes de suelo y roca hacia las laderas, generando sobrecarga en el borde libre del talud, acentuando los procesos erosivos y los deslizamientos.
 - **Graderías.** Son formas de pequeño tamaño que semejan escalones sucesivos que se generan originalmente por el paso continuo de ganado, Incluye tres elementos: el relleno o pisada (elemento horizontal o sub horizontal), el cual se encuentra desprovisto de vegetación, lo que se atribuye al constante paso del ganado, destruyendo la capa vegetal, compactando el suelo y retrasando o incluso imposibilitando la recuperación de dicha capa; el talud (elemento vertical o sub vertical) también desprovisto de vegetación y la longitud de la grada. (Montero 1991).
 - **Remoción en Masa:** Abarca el conjunto de procesos debidos a transposición directa de materiales de la tierra por acción de la gravedad. Se consideran los siguientes tipos de movimientos
 - **Deslizamientos:** Son movimientos caracterizados por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado bien definidas. Son los movimientos que presentan más criterios de clasificación. Ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, a diferentes velocidades y actúan uno o varios agentes de movimiento (agua, hielo, viento). También generan diferentes mecanismos y formas de ruptura que permiten diferentes clasificaciones (Vargas1999).
 - **Deslizamiento Translacionales:** Se relacionan más a movimientos en los cuales la superficie de ruptura coincide con un plano estructural, como un plano de buzamiento de una falla geológica o un plano de estratificación, un plano de foliación, diaclasas, o fracturas (Vargas 1999).
 - **Subsidiencias:** Desplazamientos verticales del terreno, asociados a remoción o consolidación del material subyacente por causas diversas.
-

2.6.2. Caracterización y Localización de los Procesos Erosivos

La evaluación y localización de los procesos erosivos, se efectuó durante la etapa de campo, utilizando la lista de Corpocaldas (Anexo 5). La caracterización se efectuó tomando en cuenta la información existente en la Tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de Procesos Denudativos, de Gallego Et Al (1993)
Modificada en Araujo Et, Al. (2000)

PROCESOS DENUDATIVOS					
PROCESOS	TIPO	SUBTIPO			
EROSION SUPERFICIAL	HIDRICA	ESCORRENTIA SUPERFICIAL	DIFUSA	LAMINAR	
			CONCENTRADA	SURCOS CARVAVAS	
		INFILTRACIÓN- TUBIFICACIONES			
		FLUVIAL LINEAL	SOCAVACION DE FONDO		
	SOCAVACION LATERAL				
	ACTIVIDAD ANTRÓPICA	GRADERÍAS*	TERRACETAS*		
			CAMINOS DE GANADO*		
		CORTES Y LLENOS, ENTREGA DE AGUAS, DEFORESTACIÓN, DISPOSICIÓN DE ESCOMBROS, EXPLOTACIÓN MINERA			
EROSION PROFUNDA	MOVIMIENTO EN MASA (RAPIDOS)	DESLIZAMIENTOS	TRASLACIONAL	DIEDRICO	
			FLUJOS DE LODO	PLANAR	
	MOVIMIENTO EN MASA (LENTOS)	FLUJOS	FLUJO DE DETRITOS		
			SUBSIDENCIAS		
	REPTACIÓN				

FUENTE: CLASIFICACIÓN DE PROCESOS DENUDATIVOS GALLEGO Y ARAUJO

2.6.2.1. Erosión Superficial

2.6.2.1.1. Hídrica: En el municipio, la Erosión Hídrica se manifiesta como escorrentía superficial concentrada, a través de Surcos y Cárcavas que se encuentran afectando las Formaciones del Grupo Villeta, Formación Seca y los depósitos Coluviales; estos procesos se encuentran casi siempre dentro de procesos de mayor magnitud como los deslizamientos traslacionales.

Localización: Veredas Marayal, Guanacas, los Alpes y el Crucero

También se manifiesta como Erosión Fluvial Lineal, a través de Socavación Lateral y de Fondo; en el municipio este proceso en épocas de lluvias produce intensa socavación y desalojo del suelo desde las márgenes del canal, con alto poder de arrastre de material poco consolidado.

Localización: En las quebradas que no tienen cauce definido como las Quebradas Guanacas y san Jorge, observándose en época de alta pluviosidad.

2.6.2.1.2. Erosión por Actividad Antrópica: Esta actividad se puede distinguir en: la entrega de aguas, la explotación minera sin manejo ambiental, cortes y llenos.

- **Entrega de aguas:** El manejo de la entrega de aguas lluvias y negras, no es el más apropiado; causado por la falta de canalización de los techos de las viviendas y la ausencia de un buen sistema de alcantarillado.
 - **Localización:** Veredas cercanas a la cabecera municipal.
 - **Cortes y Llenos:** Se presenta en todas las carreteras del municipio, causando algunas veces daños directos o indirectos; como, el cambio en la geometría y morfometría de las laderas, ocasionado por la movilización y manejo de los materiales (suelo y roca). Estos cambios son acelerados en algunos sectores por la construcción de viviendas que incrementan la sobrecarga en el borde libre del talud generando deslizamientos.
 - **Graderías.** Se dan donde el suelo es empleado para pastos manejados, en el cual el continuo paso del ganado disminuye la resistencia al suelo. Afecta al Grupo Villeta, Formaciones Seca y Gualanday Medio
 - **Localización:** se encuentran al noreste, noroeste y sur del municipio en las Veredas Marayal, La Colonia. Cuinte blanco, Guanacas, El hoyo, El Crucero y Galilea.
-

2.6.3. Erosión Profunda

2.6.3.1. Movimiento en Masa Rápido

En el Municipio estos movimientos están relacionados con los deslizamientos traslacionales, que se dan sobre las formaciones Guadalupe, Seca, Villeta y Coluvión.

Localización y Características: Vía que conduce a Guanacas; se observó un deslizamiento rotacional y traslacional, que destruyó varios predios, con una amplitud de 100m aproximadamente, una longitud de 200m y una profundidad de aproximadamente 10m. Se recomienda una obra de mitigación basada en un estudio geotécnico.

2.6.3.2. Remoción en Masa Lento

Subsidiencias: Se presentan en algunos sectores a lo largo de la carretera Cunday - Villarrica. Este proceso se genera debido a la alternancia litológica entre bancos de arcillolita con intercalaciones de arenisca y ocurre en la arcillolita, justo debajo de cada estrato de arenisca que actúa como acuífero aportante de agua. En los terrenos arcillosos que suprayacen a bancos de areniscas, no se presentan fenómenos de subsidencia.

2.6.3.3. Actividad Antrópica

Explotación Minera: La explotación minera genera procesos erosivos por escorrentía producto del transporte de material causado por aguas lluvias (deslaves). Este proceso es acelerado por el retiro la cubierta vegetal.

3. FISIOGRAFIA

La fisiografía hoy en día es uno de los estudios de mayor importancia para los recursos naturales, ya que el hombre se ha preocupado por mejorar los conocimientos de la superficie de la tierra; para su sustento y desarrollo sostenible.

La fisiografía es el estudio y la descripción de las formas externas de la tierra dadas por los fenómenos que en ella suceden, tales como fallas geológicas, procesos geomorfológicos e incidencia de factores climáticos (precipitación, vientos y cambios de temperatura entre otros); sin dejar de lado la cobertura vegetal y los suelos que hacen parte del paisaje terrestre.

Los objetivos que persigue la fisiografía son en principio, determinar y clasificar las formas del terreno teniendo en cuenta clima, geología, hidrología y aspectos bióticos que puedan conducir al delineamiento práctico del patrón de los suelos y

en segunda instancia contribuir a la conformación de las unidades ecológicas del paisaje, punto de partida para la evaluación y zonificación de una región.

3.1. PROVINCIA FISIOGRÁFICA

El municipio de Villarrica se encuentra ubicado en el flanco occidental de la Cordillera Oriental. De esta forma se define como provincia fisiográfica la cordillera Oriental.

3.2. PROVINCIAS CLIMATICAS

En el municipio se determinaron cinco (5) provincias climáticas, debido a la gran variedad altitudinal, paisajísticas y en particular del grado de humedad. Siendo estas la base para determinar las unidades de paisaje, se clasifican de la siguiente manera :

- **Clima Frío Húmedo (FH)**

Es característico de los pisos térmicos que van desde los 2.000 m.s.n.m hasta los 3.200, tiene un índice de humedad entre 100 y 160, dentro de este clima se ubica un gran paisaje de Relieve montañoso Estructural erosional, determinado por la cresta homoclinal (cuchilla Altamizal) al centro y sur oriente del municipio y la parte alta del sinclinal.

- **Clima frío semihúmedo (Fsh)**

Básicamente se incluye en el mismo piso térmico del anterior a diferencia de los promedios de precipitación son más bajos y un rango entre 12 y 17 grados centígrados de temperatura, con un índice de humedad entre 60 y 100, dentro de éste clima al igual lo determina la parte norte de la cuchilla Altamizal.

- **Clima Templado Húmedo (TH)**

El piso térmico templado se ubica de la altura 1000 á 2000 metros sobre el nivel del mar con un índice de humedad de 100 y 160 incluyendo los grandes paisajes de Relieve Montañoso Estructural erosional, colinado y de lomerío en la zona centro y sur occidente del municipio de Villarrica.

- **Clima Templado Semihúmedo (Tsh)**

El piso térmico templado se ubica de la altura 1000 á 2000 metros sobre el nivel del mar con un índice de humedad entre 60 y 100 incluyendo un gran paisajes de Relieve Montañoso y colinado Estructural erosional, al norte del municipio donde se ubica la misma cabecera municipal.

- **Clima Cálido Semihúmedo (Csh)**

El clima cálido se determina a partir del nivel del mar hasta los 1000 metros sobre este, con un índice de humedad en un rango de 60 a 100 y temperaturas sobre los 24° C, se clasifican entre este el gran paisaje de Relieve montañoso colinado erosional.

3.3. GRANDES PAISAJES, PAISAJES Y SUBPAISAJES

Por encontrarse el municipio de Villarrica en su totalidad sobre la cordillera oriental, solo se identificó un gran paisaje de Montañas y colinas estructurales erosionales determinado por el origen y formas características de esta. (ver Anexo 7 mapa de Fisiografía y unidades de suelo)

3.3.1. Montañas Y Colinas Estructurales Erosionales. (M)

Las montañas y colinas cuya altura y formas se deben al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aun conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación. A continuación se relacionan los paisajes que hacen parte de este gran paisaje.

➤ **Montañas ramificadas (M)**

La mayoría de los paisajes geomorfológicos en proceso de denudación por erosión hacen parte de las cadenas de montaña y colinas e igualmente de las superficies colinosas y onduladas en general; así pues los sistemas montañosos y calinosos comprenden series de montañas y colinas de diverso origen. En este caso son unas montañas del Grupo Villeta con arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas, donde las lutitas frecuentemente presentan concreciones con y pendientes estructurales entre el 12 y 25%. Se ubican en la parte nororiental del municipio y se caracteriza por tener una cobertura boscosa buena.

- Laderas estructurales son aquellas que demarcan los estratos en el afloramiento rocoso con un buzamiento notorio y poca erosión.
- Laderas onduladas son las ondas cóncavas y convexas que se demarcan en un terreno.

Las montañas ramificadas se ubican en los climas Cálido semihúmedo y Frío semihúmedo.

Los paisajes y subpaisajes se clasifican de acuerdo al clima, material parental y pendientes como de observa en la tabla anexa (Leyenda del mapa)

➤ **Cresta homoclinal (H)**

Este paisaje es el resultado de una degradación o fallamiento de un anticlinal, cuyas laderas estructural y erosional o escarpe tienden a ser regulares y escasamente disectadas debido a la uniformidad y dureza de las rocas que las

conforman, su cima es aguda o semiaguda, razón por la cual suele llamarse como cuchillas.

Para el municipio de Villarrica es importante destacar la cuchilla del Altamizal como una cresta homoclinal, que atraviesa el municipio de sur a norte al oriente de este mismo, se caracteriza por tener una cobertura vegetal se bosques bajos y rastrojos. La cresta homoclinal hace parte de dos climas uno frío húmedo (al centro y sur del municipio) y el otro frío semihúmedo (al norte del municipio); toda se clasifica en la misma unidad geológica de areniscas cuarzosas, liditas y limolitas silíceas del Grupo Guadalupe.

- Laderas erosiónales que son las contrapendientes de las laderas estructurales, se caracterizan por tener pendientes más cortas y como su nombre lo indica han sido trabajadas por la erosión.
- Laderas estructurales que son las más largas en una cresta.

➔ **Cubeta Sinclinal (S)**

Se le denomina al paisaje residual que luego de haber sufrido los efectos de la denudación, aun conserva sus laderas estructurales convergiendo en forma continua hacia el eje. Se encuentra ubicado en entre la cuchilla Himalaya y el Altamizal, en el centro sur del municipio y caracteriza tres laderas erosional, estructural y onduladas en el centro o eje sinclinal con una cobertura de pastos y rastrojos.

Paisaje de cubeta sinclinal en arcillolitas y lutitas grises del Grupo Villeta, en el clima Templado semihúmedo y Frío Húmedo S.

Paisaje de cubeta sinclinal en areniscas cuarzosas intercaladas con liditas y arcillolitas rojas y grises en el clima Templado húmedo y Frío semihúmedo S.

- Laderas erosiónales con variadas
- Laderas estructurales con pendientes variadas
- Laderas onduladas con pendientes variadas

➔ **Espinazos (E)**

Este Es un paisaje monoclinal constituido por estratos alternos de diferentes consistencias dispuestos en la ladera estructural en un patrón escalonado de lajas triangulares o chevrones labrados por la escorrentía conformando una red de drenaje angular. En los estratos semicultos la vegetación es de bosques relictuosos o rastrojos, mientras que en las lajas más expuestas se observan pastos; paisaje que es definido al sur oriente del municipio.

Por su composición geológica se diferencian tres tipos de paisaje E, de la siguiente manera:

Espinazos en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas del Grupo Villeta.

Espinazos en arcillolitas y limolitas de colores rojo, amarillo y gris verdoso, con intercalaciones de areniscas de textura sal y pimienta de colores gris y amarillo.

Espinazos en areniscas cuarzosas amarillentas y rojizas intercaladas con arcillolitas abigarradas de la Formación Seca.

- Laderas Estructurales con pendientes variadas
- Laderas Erosionales con pendientes variadas

➤ **Complejo de Lomas y Colinas (C)**

En este grupo se incluyen las elevaciones de terreno cuya forma se debe a plegamientos de la corteza terrestre con alturas relativamente bajas; las colinas con cimas agudas y las lomas con cimas redondeadas.

Se definen como un complejo debido a que no se pueden separar cartográficamente, como se puede observar en el mapa en cercanías al caso urbano observándose una cobertura vegetal de pastos y cultivos.

Dentro del paisaje de Complejo lomas y colinas se pueden diferenciar dos tipos:

Complejo de loma y colinas en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas del Grupo Villeta.

Complejo de lomas y colinas en areniscas cuarzosas intercaladas con lilitas y arcillolitas rojas y grises del Grupo Guadalupe.

- Laderas onduladas con pendientes variadas
- Laderas quebradas que son heterogéneas en sus pendientes
- Laderas inclinadas con pendientes variadas
- Laderas onduladas con pendientes variadas y una erosión leve.

➤ **Lomerío**

Este paisaje se ha identificado como tal, debido a las condiciones biofísicas diferentes a las del paisaje de lomas y colinas y por encontrarse en una forma individual, con cimas redondeadas bien marcadas y al la extensión del aérea.

➤ **Lomas erosionales (L)**

Al lomerío erosional sólo le corresponde un paisaje de lomas, debido a que es una formación nueva que se acumula dentro del sinclinal en arcillolitas y limolitas rojas, son ondulaciones que sostienen coberturas de relictos boscosos, rastrojos y pastos y su composición geológica es de arcillolitas y limolitas de colores rojo, amarillo y gris verdoso con intercalaciones de areniscas de textura sal y pimienta de colores gris y amarillo de la Formación Seca. Aparecen en los climas Templado Húmedo y Frío Húmedo.

- **Laderas onduladas con pendientes variadas.**

Piedemonte Coluvial

Las geoformas coluviales se originan cuando el movimiento gravitacional de los detritos de rocas y material de suelo se detienen gracias a una reducción de pendiente y velocidad, depositándose sobre la pendiente.

- **Conos de derrubio en arcillolitas areniscas y sheil (D)**

Este paisaje es formado al pie de escarpes y laderas muy empinadas, prácticamente sin vegetación por la acumulación de fragmentos de roca. En el municipio de Villarrica se observan al sur de este junto a la ladera erosional de la cuchilla Altamizal, en la vereda Quinde Blanco. Se observa una cobertura vegetal de pastos y rastrojos.

- **Coluvios de Remoción en arcillas y areniscas (G)**

Comprende a los restantes depósitos de ladera procedentes de deslizamientos planares de avalanchas, de flujos terrosos y desprendimientos compuestos por materiales heterogéneos y que carecen de una forma externa característica. Generalmente se ubican al pie de una vertiente con materiales de diferentes tipos como es el caso del coluvio que cruza las veredas de Alto Roble, Alto Bélgica y Manzanita. Se identifican algunos relictos boscosos y rastrojos. Este paisaje se identifica en los climas Templado semihúmedo, Templado Húmedo y Frío Húmedo.

Su pendiente no se diferencia debido a que son depósitos heterogéneos.

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

Tabla 3 Leyenda Fisiográfica, Municipio de Villarrica – Tolima

PROV FISIOG	CLIMA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	SUBPAISAJE	SÍMBOLO MAPA Y FASE	AREA	
						HAS	%
CORDILLERA ORIENTAL	CALIDO SEMI HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Montañas ramificadas del Grupo Villeta en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas. M	Laderas estructurales con relieve fuertemente inclinado (12-25%)	CshMMd	260	0,5
			Composición de lomas y colinas del Grupo Villeta en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas. C	Laderas Planas (0-3%)	CshMCA	235	0.5
				Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	CshMCD	301	0.6
				Laderas ligeramente escarpadas (25-50%), con erosión ligera.	CshMCE ₁	502	2.1
			Complejo de lomas y colinas del Grupo Guadalupe areniscas cuarzo con liditas y arcillositas. A	Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	CshMAd	724	1.5
				Laderas escarpadas (50-75%), con erosión moderada	CshMAf ₂	646	1,3
	Laderas fuertemente escarpadas (>75%)	CshMAG	185	0.4			
	TEMPLADO SEMIHUMEDO (Tsh)	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Cubeta sinclinal en arcillolitas y lutitas grises del Grupo Villeta. S	Laderas fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50)	TshMSde	540	1.1
			Montañas ramificadas del Grupo Villeta en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas. M	Laderas estructurales fuertemente inclinadas (12-25%)	TshMMd	118	0,2
				Laderas erosionales ligeramente escarpadas (25-50%)	TshMMe	660	1,4

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

CORDILLERA ORIENTAL	TEMPLADO SEMI HUMEDO (Tsh)	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	A Complejo de lomas y colinas del Grupo Guadalupe en areniscas cuarzo con liditas y arcillolitas.	Laderas Planas (0-3%)	TshMAa	121.3	0.30
				Laderas ligeramente escarpadas (25-50%)	TshMAe	191	0,4
				Laderas fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50%)	TshMAde	393	0,8
			C Complejo de lomas y colinas del Grupo Villeta en arcillolitas y lutitas grises con calizas en arenosas.	Laderas planas (0-03%)	TshMCA	2,23	0,5
				Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	TshMCD	1,06	2,2
				Laderas erosiónales (12-50%), con erosión moderada	TshMCde ₂	2982	6,2
			G Coluvios de remoción en areniscas y luditas.	Laderas inclinadas (3-7%)	TshMCb	1.456	3,0
				Sin erosión aparente	TshMG	2.431	5,1
			TEMPLADO HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	S Cubeta sinclinal del Grupo Guadalupe en areniscas cuarzosas con liditas y arcillolitas rojas y grises.	Laderas planas (0-3%)	THMS1a
	Laderas Erosionales Ligeramente Inclinada 3-7%)	THMS2b				143	0,3
	Laderas estructurales fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas. (12-50%)	THMS3de				1458	3
	Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	THMS4d				185	0,4
	Laderas erosionales ligeramente inclinado a inclinado. (3-12%)	THMS5bc				151	0,3
	Laderas estructurales fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50%)	THMSde				2696	5,6
	Laderas estructurales fuertemente inclinadas (12-25%)	THMSd				4,39	0,9
	Laderas estructurales ligeramente escarpado (25-50%)	THMSe				352	0,7
	Laderas estructurales (50-75%)	THMSf				197	0,4
	S Cubeta sinclinal en arcillolitas y lutitas grises del Grupo Villeta.	Laderas estructurales fuertemente inclinadas (12-25%)	THMSd	4,39	0,9		
Laderas estructurales ligeramente escarpado (25-50%)		THMSe	352	0,7			
Laderas estructurales (50-75%)		THMSf	197	0,4			
Laderas estructurales fuertemente inclinadas (12-25%)		THMSd	4,39	0,9			

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

CORDILLERA ORIENTAL	TEMPLADO HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Montañas ramificadas del Grupo Villeta en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas. M	Laderas estructurales fuertemente inclinadas (12-25%)	THMMd	593	1,2	
			Complejo de lomas y colinas del Grupo Villeta con arcillolitas grises y lutitas grises con calizas arenosas. C	Laderas planas (0-3%)	THMCa	435	0.9	
				Laderas inclinadas a fuertemente inclinadas (7-25%), con erosión ligera.	THMCcd ₁	3543	7,4	
				Laderas fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50), con erosión moderada.	THMCde ₂	1288	2,7	
			Complejo de lomas y colinas del Grupo Guadalupe en areniscas cuarzo con liditas y arcillolitas. A	Laderas planas (0-3%)	THMAa	494	1	
				Lomas erosiónales de la formación seca en arcillolitas y limolitas rojas, amarillo y gris areniscas. L	Laderas planas (0-3%)	THMLa	940	2.0
					Laderas inclinadas (7-12%)	THMLc	2.388	5.0
			Conos de derrubio en arcillolitas, arenosas y sheil. D	Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	THMLd	743	1,5	
	Laderas inclinadas (7-12%)	THMDc		124	0,3			
	FRIO SEMIHUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Coluvios de remoción en areniscas y liditas. G	Sin erosión aparente	THMG	932	1,9	
				Cresta homoclinal en areniscas cuarzosas, liditas y limolitas silíceas del Grupo Guadalupe. H	Laderas ligeramente inclinadas (3-7%)	FshMHb	115	0,2
					Laderas discontinuas (25-50%)	FshMHe	79	0.2
			Laderas erosiónales fuertemente escarpadas (>75%)		FshMHg	135	0,3	

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

CORDILLERA ORIENTAL	FRIO SEMIHUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Montaña anticlinal del Grupo Guadalupe con areniscas cuarzo, con liditas y arcillolitas.	Laderas fuertemente inclinadas a ligeramente escarpada (12-50%)	FshMMde	215	0,4
			M	Laderas estructurales ligeramente escarpadas a escarpadas (25-75%)	FshMMef	116	0,3
	FRIO HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Creta homoclinal en areniscas cuarzosas, liditas y limolitas silíceas del Grupo Guadalupe.	Laderas ligeramente inclinadas a inclinadas (3-12%)	FHMHbc	392	0,8
				Laderas fuertemente inclinadas a ligeramente inclinadas (12-50%)	FHMHde	1102	2,3
				Laderas estructurales fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (25-50%)	FHMHe	129	0,3
				Laderas erosiónales fuertemente escarpadas (>75%)	FHMHfg	171	0,4
				Laderas fuertemente escarpadas >75%)	FHMHg	1262	2,6
				Espinazos arcillolitas y lutitas grises del Grupo illeta.	Laderas estructurales (0-12%)	FHMEac	1371
	FRIO HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	Espinazos en arcillolitas limolitas de la formación seca.	Laderas estructurales Fuertemente inclinadas a ligeramente escarpadas (12-50%)	FHME1de	1225	2,6
				Espinazos en arcillolitas limolitas de la formación Gualanday.	Laderas estructurales fuertemente inclinada a ligeramente escarpada (12-50%)	FHMEde	1123

**ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL
ALCALDÍA MUNICIPAL VILLARRICA - TOLIMA**

CORDILLERA ORIENTAL	FRIO HUMEDO	MONTAÑAS Y COLINAS ESTRUCTURALES EROSIONALES M	S Cubeta sinclinal en areniscas cuarzosas del Grupo Guadalupe.	Laderas fuertemente inclinadas (12-25%)	FHMSd	1192	2,5
				Laderas fuertemente inclinada a escarpada (12-75%)	FHMSdf	2684	5,6
				Laderas planas a ligeramente inclinadas (0-7%)	FHMSab	173	0,4
			S Cubeta inclinada en arcillolitas y lutitas grises con calizas arenosas del Grupo Villeta.	Laderas inclinadas a fuertemente inclinadas (7 - 25%)	FHMScd	1622	3,4
				Laderas ligeramente escarpadas a escarpadas (25-75%)	FHMSf	2684	5,6
				Laderas fuertemente escarpadas a escarpadas (>75%)	FHMSg	688	1,4
			C Complejo lomas y colinas en areniscas cuarzosas del Grupo Guadalupe-.	Laderas estructurales escarpadas (50-75%)	FHMCf	301	0,6
				L Lomas erosiónales de la formación seca en arcillositas y limolitas rojas, amarillo y gris con areniscas.	Laderas fuertemente inclinadas a escarpadas (12-75%)	FHMLdf	477
			D Conos de derrubio en arcillolitas, areniscas y sheil.		Laderas inclinadas (7-12%)	FHMDc	147
				Laderas ligeramente escarpadas (25-50%)	FHMDe	256	0,5
				Laderas escarpadas (50-75%)	FHMDf	108	0,2
			G Coluvios de remoción en areniscas y liditas.	Sin aparente erosión	FHMG	931	1,9

FUENTE: Municipio de Villarrica - Tolima

4. AMENAZAS

4.1. AMENAZAS GEOLÓGICAS E HÍDRICAS EN EL MUNICIPIO

De acuerdo a los estudios geológicos, geomorfológicos y de pendiente realizados en el municipio y apoyado en los relatos históricos de los habitantes de la región, se tiene un panorama de las amenazas a las que está sujeto el Municipio de Villarrica.

En el municipio se identificaron amenazas por remoción en masa de dos clases: Amenaza por caída de roca y por deslizamientos y flujo de suelos. Los primeros están asociados a áreas con pendientes moderadas a altas en sectores próximos a fallas geológicas o a cambios litológicos con presencia de manantiales asociados a pequeños acuíferos. Los segundos, es decir los flujos de escombros, pueden presentarse en zonas de pendientes moderadas en rocas inconsolidadas como Coluviones y a lo largo de cauces de quebradas que durante los periodos invernales al recibir materiales procedentes de sus laderas, son objeto de un pequeño represamiento que al romperse da lugar a corriente momentánea de alta densidad, que se desplaza cauce abajo erosionando las riveras y propiciando nuevos aportes de agua y suelos de las márgenes del cauce, conformando en este momento un flujo de escombros de muy alta energía. Ver anexo 5, Mapa de Amenazas naturales.

4.1.1. Amenazas Por Remoción En Masa

En el área del municipio existen 12 sectores que poseen una mayor tendencia a presentar fenómenos importantes de remoción en masa.

Se identificaron áreas o sectores con zonas inestables por deslizamientos entre los cuales se cuenta en el centro poblado de los Alpes que por efecto de los lineamientos de falla del río Cuiñe blanco y la existencia de Coluviones de gran espesor y poca consolidación que están siendo socavados generando taludes de más de 50 metros donde existen cicatrices de deslizamientos grandes y frecuentes en el pasado reciente y que actualmente constituye una amenaza.

En el sector de Guanacas, donde se observan en rocas falladas de los Grupos Guadalupe y Villeta, coronas de deslizamientos antiguos y actuales que están amenazando la vía y terrenos aledaños. Ver figura 8

➤ Amenaza Alta (AARMDYF) Y (AARMCR)

Se identificaron dos clases de amenaza alta, la primera corresponde a los afloramientos del grupo Guadalupe que corresponde a los identificados como

amenaza alta por caída de rocas, por la configuración del cuerpo rocoso y sus altas pendientes. Se identificaron estos procesos en las veredas galilea, este de la veredas cuinde blanco, guanacas, san juaquin, manzanita y alto Bélgica y un sector este de las veredas paraíso y río lindo.

Un segundo tipo de amenaza alta corresponde a zonas de deslizamiento y flujos, que se presenta en depósitos coluviales que se encuentran depositados encima de rocas del grupo villeta; éste tipo de fenómeno puede ser fácilmente influenciado por la pendiente y la alta pluviosidad. Las veredas en donde se presenta esta amenaza corresponden a San Joaquín, El Castillo y Guanacas. También se identificaron áreas con amenaza alta por caída de rocas como la encontrada en las cuchillas y cerros.

En el Municipio de Villarrica, se observa amenaza alta por caída de roca, la cual se manifiesta en el desprendimiento de fragmentos de roca que varía de tamaño, en sectores de laderas de altas pendientes. Ver anexo 5 mapa de amenazas naturales.



Figura 8 . Procesos de remoción en masa (amenaza alta), vereda Guanacas municipio de Villarrica - Tolima

➤ **Amenaza Media (AMRMDYF)**

Además se presentan zonas con amenaza media por deslizamientos y flujo de escombros en las veredas Los Alpes, Guanacas, Berlín, La Bolsa y algunos sectores de la vereda Galilea, donde existen depósitos Coluviales grandes con una predisposición a generar flujos de escombros durante los periodos de invierno y corrientes de alta densidad, que históricamente han dejado registro de destrucción de viviendas, vías y de cultivos. Es importante anotar que estos fenómenos ocurren súbitamente sin dar tiempo a la población de proteger sus bienes y sus vidas. Ver anexo 5 mapa de amenazas naturales

4.1.2. Amenaza Alta Por Inundación (AAI)

En el municipio de Villarrica se estableció una zona Inundable a lo largo de las riveras de las quebrada San Jorge y Guanacas y el sector del río cuinde blanco como áreas de alta amenaza por inundación. Ver anexo 5 mapa de amenazas naturales. Ver figura 9

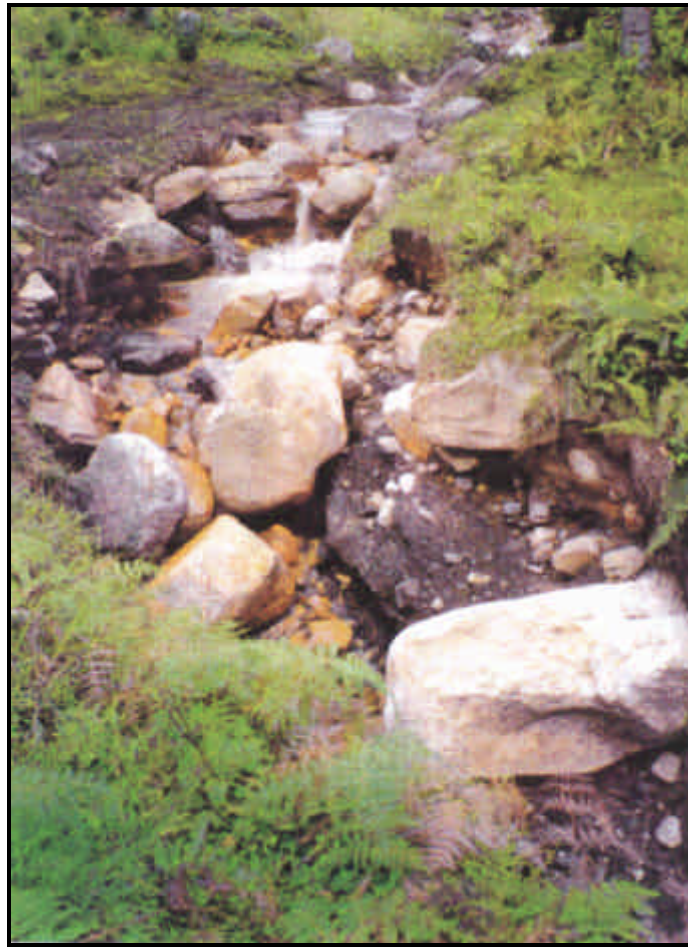


Figura 9. Vereda guanacas , sector del la quebrada san Jorge. Obsérvese la socavación por el agua en depósitos de coluviones (zona de amenaza alta por inundación)

4.2. AMENAZA SÍSMICA

Cada año se presentan millares de terremotos restringidos a zonas críticas cuando se libera súbitamente energía acumulada en las rocas, cuando las fuerzas de tensión a que están sometidas sobrepasan ciertos valores. La mayoría de los terremotos se originan a profundidades de menos de 100 kilómetros, aunque algunos como, los sismos de foco profundo, pueden iniciarse a profundidades de hasta 700 kilómetros. La mayoría de estos sismos son de intensidad moderada y cuando llegan a la superficie provocan débiles oscilaciones y movimientos imperceptibles o de poca importancia. Sin embargo, en los que se libera mayor energía, las componentes verticales y horizontales del terremoto pueden ser de suficiente magnitud para ocasionar importantes destrucciones si el foco sísmico está situado en las proximidades de zonas habitadas.

Como consecuencia de terremotos es posible que ocurran desprendimientos de rocas en las laderas de las montañas con altas pendientes, cuyos materiales pueden llegar a obstruir cauces fluviales con el consiguiente represamiento y posterior liberación capas de generar flujos de escombros. En ocasiones pueden generar hundimientos del techo de cavernas, donde pueden desaparecerse o bien originarse otras nuevas.

El mapa de amenazas sísmico de Colombia Ingeominas - Ais - Unidades (1998), nos muestra que el Municipio de Villarrica, es clasificado en amenaza sísmica intermedia gran parte de su territorio y alta en el sector Sudeste. Es importante que las construcciones que se realicen en el municipio, deben regirse de acuerdo a las nuevas Normas Colombiana Sismorresistentes (NRS-98, Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998). Además se deben realizar estudios geológicos, geotécnicos detallados en la vereda Guanacas, para conocer las características del suelo en la cual se está construyendo, debido a que se encuentran en zonas de amenaza alta o en zonas intermedias por sismos (Figura 9).

La cabecera municipal se encuentra ubicada en área de amenazas sísmica intermedia, según lo establecido por la Norma Nacional Sismorresistente (Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1998), por lo tanto las construcciones se deben regir por lo establecido por esta norma. Adicionalmente es necesario tener en cuenta que las arcillas que afloran en este sector son expansivas, por consiguiente se sugiere que las edificaciones futuras tengan en cuenta la construcción de vigas de amarre principalmente en la base, que impedirían los asentamientos diferenciales en su base.

4.2.1. AMENAZA SÍSMICA CABECERA MUNICIPAL

Por la ubicación tectónica y geológica, la mayor parte del Departamento del Tolima presenta áreas propensas a sufrir efectos por la actividad sísmica.

Las fuentes sismo génicas posiblemente activas, más cercanas a Villarrica, se ubican a distancias epicentrales aproximadas como las siguientes: alrededor de 20 Km. del sistema de Falla del Este del Magdalena; 50km de la falla Cucuana que cruza al noreste; 80 Km. de la falla de Ibagué, al noreste; 80 Km. de la falla de Algeciras, al sureste; A más de 100 Km. de la falla Palestina y más de 150 Km. con relación alas Fallas del Borde Llanero y del Nido de Bucaramanga.

Villarrica se ubica en una zona de riesgo sísmico intermedio (SARRIA, 1985), por lo cual las construcciones Sismorresistentes (Ley 400 de 1997), de carácter obligatorio en todo el país.

Tabla 6. Sismos de magnitud ms > 5. ocurridos entre 1566 – 1987 dentro de un circulo de 150 km. radio alrededor de Villarrica

AÑO	Magnitud (Ms)	LOCALIZACION		Profundidad Foco (Km)
		LAT N	LONG W	
1785	6.5	4.7°	73,8°	
1917	7.3	4.0°	74,0°	
1942	5.8	4.5°	75,0°	130
1950	6.0	4.6°	75,4°	128
1961	6.5	4.6°	75,6°	176
1967	6.7	2.9°	74,8°	60
1976	6.4	4.5°	75,8°	161
1980	6.0	4.5°	75,7°	160

Fuente: RAMIREZ, 1975, CERESIS, 1985: ITEC, 1988.

En el casco urbano y alrededores no se encontraron evidencias de actividad de fallas en el Cuaternario. Sin embargo, se hizo un análisis de la información sísmica disponible, ubicando la cabecera municipal dentro de un área circular de 150 Km. de radio. Se consultaron referencias históricas desde 1566(RAMIREZ, 1975) y datos sísmicos instrumentales en Catálogos de sismos (CERESIS, 1985; ITEC, 1988). Se han registrado seis sismos de magnitud Ms mayor de cinco, luego de su fundación en 1926 (Tabla 2).

4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios geológicos, geomorfológicos y de amenazas realizados en el Municipio de Villarrica permitieron determinar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- En el Municipio está conformados por unidades geológicas sedimentarias de origen marino y continental con edades entre el Cretácico y Terciario que hacen parte de una estructura sinclinal y depósitos del Cuaternario (Coluviales).
 - La estructura más importante en el área la conforma el Sinclinal del Río negro y anticlinal de Carmen y continuidad de estructuras del municipio de Dolores.
 - Los recursos geológicos son las areniscas cuarzosas, arcillas, material de recebo, yeso y áreas promisorias para la acumulación de petróleo (Bloque Villarrica).
 - La minería en el Municipio no se ha desarrollado, en el momento se encuentra en la región solamente explotaciones de recebo para el arreglo de vías veredales, las cuales se explotan sin diseño minero y sin la ejecución de Planes de manejo ambiental.
 - Aunque la disponibilidad de aguas superficiales es abundante en el municipio sigue siendo muy importante el acuífero del Grupo Guadalupe como reservorio de agua abundante y de buena calidad para grandes proyectos.
 - Para las zonas de amenazas para el municipio, se identificaron amenazas por remoción en masa e inundación
 - El área municipal de Villarrica está categorizado como de riesgo sísmico intermedio y alto, por consiguiente debe cumplir la Ley 400 de 1997, que corresponde a la Norma Sismorresistente, vigente para las construcciones realizadas en el territorio Nacional.
 - Las zonas afectadas por procesos de remoción en masa por deslizamiento y flujo de escombros, se localizan en el Vereda Guanacas, Vereda Los Alpes y el Crucero.
 -
 - Las zonas por procesos de remoción en masa por caída de rocas, se localizan en la vereda Galilea, La esperanza, El Diviso y Manzanitas.
-

4.4. AMENAZAS URBANAS

Para el tema de amenazas y riesgos del sector urbano se tomo el estudio geológico y geotécnico y mapa de aptitud urbanística, realizado por el INGEOMINAS, 1993

4.4.1. METODOLOGIA DE TRABAJO

Se realizó en las siguientes etapas:

- 1) Recolección y evaluación de información cartográfica, aero fotográfica, geológica e histórica.
- 2) Análisis e interpretación foto Geomorfológica, de las fotos aéreas de la cabecera municipal.
- 3) Trabajo de campo.
- 4) Ensayos de laboratorio.
- 5) Análisis y elaboración del informe final.

4.4.1.1. Recolección y Evaluación De La Información Disponible: El mapa base de la cabecera municipal de Villarrica, se elaboró utilizando la plancha topográfica 265-III-C-1, A ESCALA 1:10.000 elaborada por el IGAC, Fue necesario hacer ampliaciones a la escala 1:5.000, adicionando información de un mapa planimétrico del DANE (1989), a escala 1:5.000 y complementándose con datos de campo y de fotografías aéreas.

En la bibliografía consultada no se encontraron referencias sobre fenómenos de remoción en masa, ni existen estudios geotécnicos. Hay estudios regionales elaborados por INGEOMINAS, donde aparece la geología del departamento del Tolima; no existen estudios geológicos detallados.

Se consultaron diarios regionales, algunos nacionales de archivos de las bibliotecas del Banco de la República, Soledad Rengifo y la Universidad del Tolima, principalmente, sobre desastres naturales ocurridos entre 1928 y 1992.

4.4.1.2. Fotointerpretacion: En esta etapa del estudio se utilizaron estereoscopios de espejos, donde se analizaron y foto interpretaron los pares aerofotográficos obtenidos en el IGAC: Vuelo C-1314, fotos No 090 - 092 a escala 1:30.000.

Luego se elaboró una base cartográfica a escala 1:5.000 de la cabecera municipal, debido a que la base topográfica no cuenta con un cubrimiento completo del casco urbano y la cartografía está poco actualizada. No se hizo mapa foto geológico debido a que no se contó con fotos adecuadas para su realización.

4.4.1.3. Trabajo De Campo: Se cumplieron las siguientes actividades:

- a) Cartografía geomorfológica y geológica con descripción de las unidades litológicas presentes
- b) Identificación y localización de fenómenos naturales, actuales y antiguos que hubieren o estén afectando la población y su infraestructura en zonas urbanas y suburbanas.
- c) Reconocimiento geotécnico y toma de muestras para ensayos de laboratorio; teniendo en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas del área, se seleccionaron los sitios para la toma de muestras, con el fin de evaluar sus correspondientes características geotécnicas. Para localizar los sitios de muestreo se aprovecharon afloramientos en cortes viales y sitios inestables.
- d) Se hicieron ensayos de permeabilidad de campo, y un censo de las viviendas con problemas de agrietamientos dentro de las zonas inestables del casco urbano.

4.4.1.4. Ensayos De Laboratorio: Las muestras se llevaron al laboratorio de geotécnica, de INGEOMINAS en Bogotá, donde se les realizaron los siguientes ensayos de clasificación:

- o Humedad natural (W_n).
- o Límite líquido (LL).
- o Límite plástico (LP).
- o Granulometría por tamizado, con lavado sobre tamiz malla 200.

Los resultados de estos ensayos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resumen de Ensayos de Laboratorio Cabecera Municipal de Villarrica. 2003.

APIQUE MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	W (%)	LL (%)	LP (%)	Ip (%)	%PT200 *	CLASIFICACION USCS	UNIDAD GEOLOGICA
A-1 M-1	1,0 – 2,2	26,1	46,1	21,5	26,6	80,1	CL	Matriz flujo de escombros (Ofe)
A-2 M-1	0,0 – 1,0	34,3	79,4	24,7	54,7	82,7	CH	Matriz flujo de escombros (Qco)
A-3 M-1	0,5 – 1,3	14,5	46,9	22,1	22,1	44,6	GC	Flujo de escombros (Qco)
A-4 M-1	1,0 – 2,0	8,9	35,7	18,4	18,4	86,5	CL	Matriz flujo de escombros (Qco)

FUENTE: Ensayo de laboratorio, Municipio de Villarrica

W: Humedad natural LI: Limite Liquido. LP: Limite plástico Ip: Índice de plasticidad * : Porcentaje que pasa el tamiz N°. 200 (0,74 mm) A3 – M1 Ensayo de permeabilidad de campo: K= 4x 10⁻⁴ cm/seg.

4.4.1.5. Documento Final: Con base en la información anteriormente descrita , se elaboró el presente documento donde se plasma la geología y las amenazas que se presentan en la cabecera municipal, además se presenta el anexo 23, mapa geológico y anexo 24 **mapa de aptitud** urbanística cabecera municipal (Amenazas) a escala 1:2.500.

4.4.2. MORFOLOGIA

El área donde se localiza la cabecera municipal se dividió en dos unidades morfológicas.

- Unidad Ondulada

Comprende la mayor parte de los alrededores del casco urbano; se ubica sobre una ladera de relieve ondulado y plano, inclinada hacia el sur-occidente. Presenta pendientes que varían entre 12° y mayores de 30°, con numerosos escarpes, dando una morfología escalonada con sectores planos entre los cambios de pendiente. Esta unidad presenta un proceso generalizado de reptación, con cambios bruscos de pendiente en algunos sectores.

- Unidad Plana

Son áreas de superficie aplanada, comprende un sector pequeño donde se ubica la parte central del caso urbano y otros sectores planos más amplios dentro y fuera del perímetro urbano

4.4.3. GEOLOGIA (ESTRATIGRAFIA) Y CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En la cabecera municipal se presentan materiales que ofrecen unas características particulares que inciden directamente en las Formaciones superficiales, y junto con factores como la topografía y el clima, determinan la estabilidad y características del suelo. El área de estudio está constituida, geológicamente, por un depósito de flujo de escombros (Coluviones), cubre discordantemente rocas sedimentarias como lutitas carbonosas. del basamento . En la llanura de inundación del río Cuindecito, se presentan bloques, gravas y sedimentos finos retrabajados del flujo de escombros. Ver Figura 10.

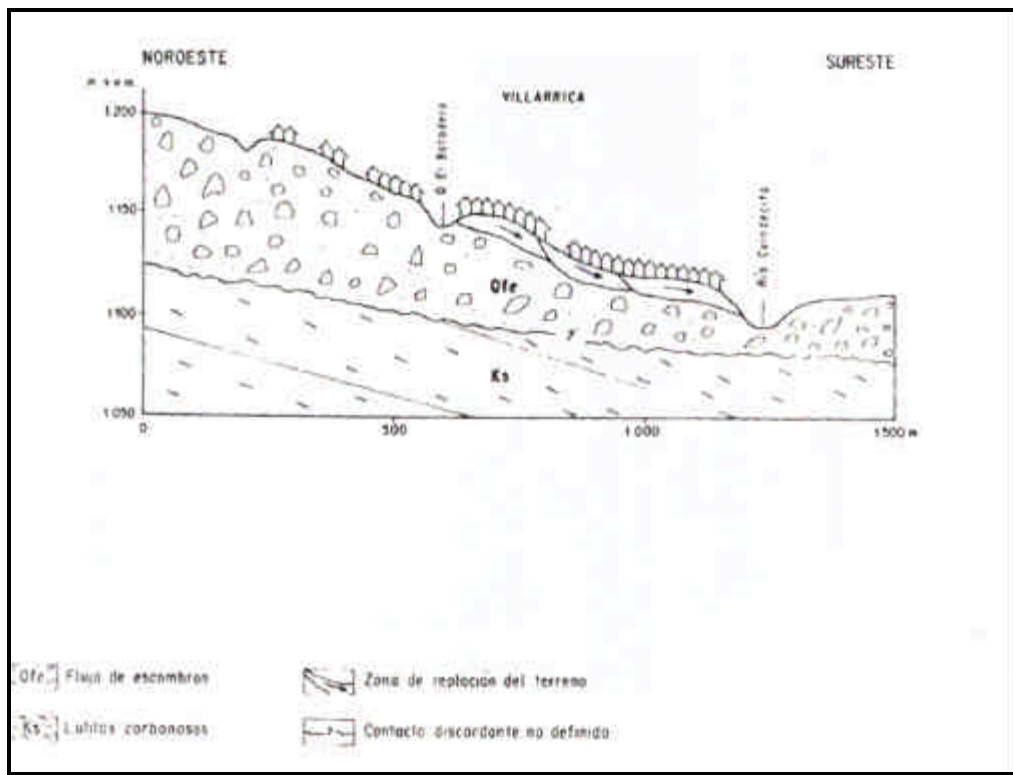


Figura 10. corte geológico esquemático de la cabecera municipal, Villarrica Tolima según estudio realizado por INGEOMINAS.

4.4.3.1. Depósito de flujo de escombros (Coluviones) (Qco).

4.4.3.1.1. Geología:

Corresponde a un depósito de desprendimiento y flujo de rocas, muy heterogéneo, producto de la erosión durante el Cuaternario de rocas sedimentarias de la parte alta del flanco occidental de la Cordillera Oriental. Está formado por fragmentos angulares a subangulares de rocas sedimentarias silíceas, principalmente areniscas blancas y grises de grano fino a medio, lodolitas grises y chert negro, en una matriz fina de colores gris amarillo y ocre; el tamaño de los fragmentos varía entre 2cm y 5m. Tiene un espesor observable de aproximadamente 20m y cubre, discordantemente, rocas sedimentarias del Cretaceo (lutitas carbonosas), muy fracturadas, plegadas y meteorizadas, las cuales afloran fuera del casco urbano, sobre el río Cuinde Blanco y la quebrada Agua blanca, al sur de la cabecera municipal.

Este depósito forma una ladera inclinada hacia el sur occidente, con colinas y zonas planas que producen un relieve ondulado, localmente con pendientes menores de 45° y numerosos escarpes, producto de la disección del depósito.

4.4.3.1.2. Características geotécnicas

Está constituido por bloques de 5m de diámetro y gravas subangulares, dentro de una matriz arcillosa de plasticidad media. La matriz constituye el 60% del depósito; en condiciones de humedad baja, la matriz se observa dura y compacta, sin embargo, sufre reblandecimiento al saturarse. Los suelos derivados de esta unidad son arcillo-limosos con plasticidad moderada a alta como se observa en la Tabla 5.

El depósito con meteorización baja es difícil de excavar por métodos manuales, debido a la gran cantidad de bloques frescos presentes, los cuales para cimentar las edificaciones deben ser triturados.

Aunque la resistencia y deformabilidad del depósito se pueden considerar favorables para la construcción de obras, su estabilidad está afectada por un proceso generalizado de reptación, el cual ha causado el deterioro de varias edificaciones localizadas en los sectores más poblados del casco urbano.

La reptación está asociada, principalmente, con la saturación del suelo desde la parte alta del casco urbano. Por tratarse de una matriz de permeabilidad baja, las aguas se acumulan durante largos períodos, lo cual reduce su resistencia al corte, debido al aumento de cargas. El peso de las viviendas y el flujo constante de agua le brinda cierta fluidez al material, causando movimientos y asentamientos lentos del terreno.

Los suelos derivados de esta unidad presentan permeabilidad media a baja, de acuerdo con los ensayos de campo realizados como se observa en la Tabla 5.

4.4.4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Para describir la geología estructural que se encuentra en la cabecera municipal es importante tener en cuenta que el municipio se encuentra sobre una flanco de la cordillera Oriental de Colombia y esta tiene una historia tectónica que se inició en la era Cenozoica, hace aproximadamente 60 millones de años. Durante este periodo estuvo sometida a esfuerzos internos y externos que ocasionaron su levantamiento durante la Orogenia Andina, que se inició hace 25 millones de años aproximadamente, produciendo plegamientos, fracturas, levantamientos y hundimientos.

Sobre el casco urbano de Villarrica no se observaron los plegamientos y fallas geológicas en rocas sedimentarias debido a que se encuentran cubiertas por un flujo de escombros de edad reciente, que no permite observar las rocas más antiguas y las estructuras del subsuelo, además, sobre este depósito no se observaron signos de actividad tectónica reciente, que permitan definir fallas geológicas activas.

4.4.5. AMENAZAS GEOLÓGICAS E HIDROLÓGICAS EN LA CABECERA MUNICIPAL

La cabecera municipal del municipio de Villarrica está afectado principalmente por fenómenos de remoción en masa y erosión por corrientes de agua, los cuales se describen a continuación.

4.4.5.1. PROCESOS DE REMOCION EN MASA Y EROSION

4.4.5.1.1. Reptación: Es la principal amenaza geológica que presenta la cabecera municipal. Consiste en un movimiento lento e imperceptible del terreno, el cual se observa por signos como: escalonamientos y grietas de tracción en el terreno, agrietamientos y deformaciones en las construcciones.

Este fenómeno afecta aproximadamente el 50% de la cabecera municipal, principalmente en dos sectores como el que está comprendido entre el hospital La Milagrosa y la institución educativa Francisco Pineda López (antigua escuela escuela de niñas María inmaculada); el otro sector se ubica en el costado sur, entre el cementerio, el puesto de policía y la carrera 2ª que va hacia el río Cuindécito .

Este fenómeno es causado por factores naturales y antrópicos como la pendiente, la baja permeabilidad del suelo, saturación superficial producida por el agua lluvia y fugas provocadas por daños constantes en las redes del acueducto y alcantarillado, y construcciones pesadas sobre borde de escarpe.

Para evaluar las características y magnitud del proceso de reptación, se hizo una revisión de los sectores más afectados dentro del casco urbano, encontrándose las siguientes áreas críticas:

Sector 1. Entre la quebrada El Botadero, que cruza por el hospital la Milagrosa y las carreras 5ª y 6ª, entre calles 2ª y 5ª. Presenta construcciones con grietas abiertas en pisos y paredes en dirección de la pendiente del terreno. Según los habitantes de las viviendas están siendo reparadas continuamente y las grietas se vuelven a formar. El 80% de las viviendas están afectadas. El hospital presenta grietas en pisos y paredes, lo mismo que las viviendas de los alrededores.

En este sector se debe eliminar el exceso de agua del suelo, lo cual se soluciona canalizando la quebrada El Botadero desde la parte alta hasta más abajo del matadero; son necesarias obras de drenaje en las calles y pavimentación; revisar periódicamente las redes de acueducto y alcantarillado, con el fin de evitar fugas, y terminar las obras de alcantarillado del sector.

Sector 2. Ubicado hacia el sur del casco urbano, comprende: los alrededores del puesto de policía, las calles 3ª y 1ª, principalmente las viviendas que bordean el escarpe sur, sobre las carreras 1ª y 2ª por la vía al río Cuindécito.

Las averías en los sistemas de acueducto y alcantarillado son muy frecuentes e indican que los sectores antes mencionados presentan movimiento de reptación.

4.4.5.1.2. Surcos y cárcavas: Otro factor que contribuye a acelerar el movimiento y asentamiento del terreno, son las infiltraciones y desbordamiento de la quebrada El Botadero, la cual en períodos de lluvias intensas se sale del cauce y corre por calles destapadas, formando surcos y cárcavas. Cárcavas profundas afectan las redes del acueducto y alcantarillado, aumentando la humedad del suelo.

4.5. APTITUD PARA EL USO URBANO

La cabecera municipal de Villarrica esta dividida en cuatro zonas de acuerdo a criterios geológicos, geotécnicos, geomorfológicos y demás fenómenos que pueden causar inestabilidad, como se observa en el Anexo 24 Mapa de aptitud urbanística (amenazas naturales).

4.5.1. ZONA ESTABLE (ZE)

Es la zona que presenta las mejores condiciones de estabilidad para ubicación de desarrollos urbanísticos. Esta zona se distribuye en una topografía ondulada a plana; como en sectores de la margen izquierda de la salida hacia la Aurora, en la hacienda El Recuerdo, al noreste del casco urbano. En el sector ubicado sobre la margen izquierda del río Cuindécimo, al sur del casco urbano, en este se debe dejar una zona de aislamiento y protección de aproximadamente 30 m con respecto al cauce del río. Y otro sector plano ubicado cerca de la margen izquierda de la vía que conduce a Cunday, abajo del barrio Higinio Patiño; es el área más recomendable, por su extensión y por su buena estabilidad.

Para proyectos de urbanización en estas tres áreas, es necesario realizar diseños livianos, redes de acueducto, alcantarillado y colectores de aguas con entregas a cauces naturales.

4.5.2. ZONA DE INESTABILIDAD POTENCIAL (ZIP)

Esa zona comprende la mayor parte de la cabecera municipal, son sectores que por sus características topográficas y uso inadecuado del terreno son susceptibles a fenómenos que causen inestabilidad, correspondiente a laderas de inclinación moderada y escarpes con pendientes entre 20° y 35°.

Las construcciones presentes en esta zona presentan averías moderadas, indicando que se presentan fenómenos de reptación y asentamientos leves del terreno. Se deben realizar estudios geotécnicos detallados y manejo de aguas superficiales para diseñar el tipo de obra o vivienda que puede soportar el terreno, de lo contrario utilizar estas áreas para proyectos de reforestación, con especies que absorban altas cantidades de agua.

En sectores ya construidos es conveniente realizar obras de drenaje superficial y subterráneo, como las que realizó CORTOLIMA, 1992, para eliminar el exceso de agua y estabilizar el suelo. Las redes de acueducto y alcantarillado deben ser revisados periódicamente.

4.5.3. ZONA INESTABLE (ZI)

Esta zona corresponde a sectores de la cabecera municipal que presenta fenómeno de inestabilidad, representados por un proceso generalizado de reptación y deslizamientos pequeños del terreno, causado por saturación y movimiento del suelo, lo cual ha generado agrietamientos intensos, averías e inestabilidad en las construcciones, hasta el punto que hay viviendas a punto de desplomarse.

Estas áreas se ubican las márgenes de la quebrada El Botadero y hacia el sur del casco urbano sobre el escarpe que va desde el cementerio hasta el río Cuindécito, bordeando las viviendas de las carreras 1ª y 2ª, incluyendo una zona muy húmeda sobre la carrera 1ª .

Esta zona debe ser objeto de una revisión por parte de las autoridades municipales, para evaluar el estado de las viviendas. Algunas deben ser demolidas y reubicadas. En estos sectores no se deben permitir construcciones pesadas.

4.5.4. ZONA INUNDABLE (ZU)

Esta zona esta generada por el cauce de la quebrada El Botadero, dentro del casco urbano y la zona de cauce y aislamiento a lo largo del río Cuindécito.

Para disminuir los efectos que produce la quebrada El Botadero debe ser canalizada en su totalidad con diseños técnicos y estudios de caudal, desde la parte alta del casco urbano, para evitar problemas de socavación lateral en las viviendas y desbordamientos en épocas de invierno. Lo más conveniente es hacer un canal abierto con disparadores de energía, debido a que se trata de una corriente torrencial.

4.6. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las condiciones geológicas, geomorfológicas, geotécnicas y del análisis de las amenazas geológicas e hidrológicas observadas en la cabecera municipal de Villarrica, se concluye lo siguiente:

- El casco urbano se ubica sobre un depósitos Coluviales ocasionados por flujos de escombros, formado por fragmentos y bloques de areniscas en matriz arcillo – limosa que origina suelos con gravas es matriz arcillosa. En condiciones de humedad baja, la matriz es dura y compacta, pero al saturarse de agua, obtiene plasticidad moderada a alta y provoca movimientos lentos del terreno, generando el proceso de reptación que afecta las viviendas del casco urbano. Este fenómeno se agrava debido a que el drenaje externo es deficiente.
 - El inadecuado manejo de aguas lluvias, averías del acueducto y alcantarillado y los problemas de desbordamiento e infiltración que produce la quebrada El Botadero, son los factores que generan los fenómenos de inestabilidad en el casco urbano de Villarrica.
 - Amenaza por crecientes torrenciales se presentan en las áreas aledañas a la quebrada EL Botadero y río Cuindecito. En el caso de la quebrada El Botadero, se presentan riesgos por erosión lateral debido a que las viviendas han invadido su cauce normal.
 - El fenómeno de reptación que se presenta en el casco urbano, afecta los siguientes sectores: las viviendas ubicadas entre las carreras 5ª y 6ª, entre calles 2ª y 5ª. Debajo del puesto de policía, en las calles 3ª y 1ª, incluyendo parte de las carreras 1ª y 2ª y a lo largo de la parte posterior de las casas ubicadas en la carrera 2ª, por la vía al río Cuindecito, ubicados en zona Inestable (ZI) .
 - El objetivo de las obras a realizar en el casco urbano de Villarrica deben ir encaminados a disminuir el exceso de agua en el perfil del suelo, para lo cual es necesario terminar las obras del sistema de drenaje que como los construidos por CORTOLIMA; Además, se deben integrar los vertimientos del alcantarillado y las aguas de lluvia a este sistema.
 - CORTOLIMA construyo obras de drenaje de gran importancia para reducir la saturación de los suelos y mejorar las condiciones de estabilidad del casco urbano. Es necesario que estas obra se continúen para que cumplan con sus objetivos. Fundamentalmente, se deben asegurar recursos para que estas obras.
-

- Los vertimientos de aguas directamente sobre el suelo saturan y crean inestabilidad del terreno, por tal razón, es importante e inmediato revisar y reparar periódicamente los sistemas de acueducto y alcantarillado. Para el sistema de alcantarillado se propone realizar redes cortas (máximo de 50m) y profundas con filtros para drenaje subterráneo y cajas para facilitar su revisión. Estas redes deben ser integradas al sistema de drenaje construido por CORTOLIMA.
 - Diseño y ejecución de las obras de canalización de la quebrada El Botadero, para evitar la socavación y desestabilización de viviendas aledañas al cauce, infiltración y saturación del suelo y desbordamiento en períodos invernales. Se deben hacer estudios de caudal para diseñar las obras, teniendo en cuenta disipadores de energía y escalones, debido a que es una corriente con pendiente alta de tipo torrencial.
 - En los sectores donde se presenta humedad alta, se deben realizar drenes subterráneos, para eliminar el exceso de agua que penetra en el perfil del suelo, disminuyendo así, el nivel freático. Se pueden realizar obras como: tuberías perforadas enterradas o zanjas rellenas con gravas.
 - Las construcciones que presentan deterioro evidente y que pueden causar daños a personas o destrozos materiales, deben ser reparadas a corto plazo o en su defecto, ser evacuadas, de lo contrario optar por incluirlas en un plan de reubicación a corto plazo.
 - Las construcciones deben cumplir lo indicado en el código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes (Ley 400 de 1997) y en particular hacer énfasis en el uso de vigas de amarre y pórticos conformados por vigas y columnas, con el fin de asumir mejor las deformaciones producidas por el movimiento del terreno (reptación) o ante fenómenos sísmicos. Para construcciones pesadas mayores de dos niveles se deben exigir estudios básicos de suelos y análisis de cimentación.
 - Construir y optimizar el sistema de recolección de aguas lluvias, con entregas adecuadas sobre las alcantarillas. Se deben construir obras de drenaje como canaletas con rejillas, sobre las calles, ubicándolas en los cambios de pendiente para facilitar la recolección y caída en la red de drenaje. Esto evita el flujo libre y la saturación del suelo.
 - Es conveniente realizar las obras anteriormente propuestas, antes de efectuar la pavimentación de las calles, que es otra obra prioritaria para evitar la infiltración y saturación del terreno.
-

-
- Se deben conservar planos de las obras realizadas para facilitar su vigilancia y mantenimiento.
 - Las campañas de prevención y atención de emergencias deben adelantarse en los sectores más críticos y antes de los períodos invernales.
 - Es necesario que el municipio por intermedio de la Oficina de Planeación, se encargue de realizar un seguimiento y mantenimiento de las obras.
-

5. GLOSARIO

Acuífero: Aquellas Formaciones o estratos comprendidos dentro de la zona de saturación, de los cuales pueden obtener aguas con fines utilitarios. Es una unidad geológica, saturada capaz de suministrar agua a pozos y manantiales.

Albiano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 95 a 107 millones de años

Amenaza: Probabilidad de que en un periodo dado ocurra un cierto fenómeno específico con una magnitud específica capaz de causar daño.

Anticlinal: Es un pliegue de flancos ascendentes, abierto hacia abajo.

Barreniano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 112 a 114 millones de años

Buzamiento: Es el ángulo de inclinación de los estratos rocosos

Campaniano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 72 a 83 millones de años

Coniaciano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 86 a 88 millones de años

Cuaternario: Medida de tiempo. Periodo Cuaternario con un intervalo desde la actualidad a 1.8 millones de años

Chert: Es una roca quebradiza conformada por sílice amorfo o finamente cristalino y presentan en algunas ocasiones presenta fractura en astilla o concoidea.

Depósitos Sedimentarios: Cuando los procesos de la erosión, dejan de estar en suspensión en los medios de transporte (agua, hielo, aire), se depositan por la acción de la gravedad, originando depósitos.

Dirección: Es el ángulo de la intersección de la superficie en cuestión con un plano horizontal.

Estratigrafía: Es el estudio de la geología histórica se basa, principalmente, en la descripción de los estratos (formaciones, grupos miembros).

Estratos: Son capas de material que se depositan en una cuenca, que se van superponiendo unos a otros por orden cronológico riguroso.

Falla: Es una fractura a lo largo de la cual se ha producido movimiento de una masa contigua con respecto a la otra.

Falla Inversa: Es aquella en que el bloque de encima se ha movido aparentemente hacia arriba con respecto al bloque de debajo.

Geología: Es la ciencia que estudia la Tierra; su composición, su estructura, los fenómenos de toda índole que en ella tiene lugar, y su pasado, mediante los documentos que de él han quedado en las rocas.

Lineamiento: Son apariencias de líneas más o menos marcadas en algunas fotografías aéreas, ya sea por las estructuras geológicas, fallas.

Maastrichtiano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 65 a 72 millones de años

Nivel Freático: Es la superficie superior de la zona de saturación. La conformación de la superficie freática depende en parte de la topografía regional y en términos generales tiende a seguir su conformación.

Paleógeno: Medida de tiempo. Serie del periodo Terciario con un intervalo de 53 a 65 millones de años

Rocas Arcillosas: Formadas fundamentalmente por la aglomeración de partículas de minerales arcillosos, que a su vez se han formado por alteración completa de minerales preexistentes.

Rocas detríticas: Formada fundamentalmente por acumulación de fragmento de rocas y minerales preexistente que no se han alterado químicamente o que solo han sufrido alteraciones parciales. (Conglomerados, Areniscas y Lodolitas)

Rocas sedimentarias: Los materiales acumulados por gravedad dejan de estar en contacto directo con la atmósfera o hidrosfera al ir siendo soterrado progresivamente por las nuevas capas de materiales más o menos compactos.

Santoniano: Medida de tiempo. Piso del periodo Cretácico con un intervalo de 83 a 88 millones de años

Sinclinal: Es un pliegue de flancos descendentes, abiertos hacia arriba.

1. CENSO RELIZADO EN ZONA DE INESTABILIDAD (ZI)

El Censo de viviendas realizado en la cabecera municipal del municipio de Villarrica en la zona inestable (ZI) según estudio de aptitud urbanística (amenazas naturales), tomado del estudio base INGEOMINAS, adoptado y ajustado en el E.O.T. presenta la siguiente información.

Calle 5ª con carrera 6ª y carrera 5ª con carrera 4ª hasta la calle 5ª

- 1 Hospital (esta agrietado por filtraciones)
- 2 Natanael Guerra
- 3 Álvaro Romero
- 4 Aura Roza
- 5 Bernardo Varón
- 6 Carlos Orjuela
- 7 Manuel Bautista
- 8 Joaquín Amador
- 9 Ana Julia Domínguez
- 10 Aldemar Lozano
- 11 Olmedo Pineda
- 12 José Rodríguez
- 13 Lilia Lozano
- 14 Adelmiro Prada
- 15 Santos Rodríguez
- 16 Carlos Julio Romero
- 17 Orlando velasco

Desde la carrera 1ª hasta la salida vereda Cuinde Blanco

18. Edificio Cooperativa
 19. Jaime Padilla
 20. Jesús Antonio Reyes
 21. Carmen Díaz
 22. Hermelinda Parra
 23. Sucesión Morales
 24. Antonio Ávila
 25. Familia Beltrán
 26. Rosa Vásquez
 27. Georgina Parra
 28. Samuel Prada
 29. Alfredo Pineda
-

2. CENSO RELIZADO EN ZONA DE INUNDACIÓN (ZU)

El Censo de viviendas realizado en la cabecera municipal del municipio de Villarrica en la zona de inundación (ZU) según estudio de aptitud urbanística (amenazas naturales), tomado del estudio base INGEOMINAS, adoptado y ajustado en el **E.O.T.** presenta la siguiente información.

- 1 Dionisio Gutiérrez
 - 2 Eusebio Gutiérrez
 - 3 Eva Roa
 - 4 Ignacio García
 - 5 Casa N.N.
 - 6 Víctor Julio Fajardo
 - 7 José Ángel Parra
 - 8 Gustavo Orjuela
 - 9 Jorge Lisandro Ortiz
 - 10 Casa N.N.
 - 11 Arturo Perdomo
 - 12 Orlando Aguilar
 - 13 Jaime Prada
 - 14 Marcos Bustos
 - 15 Jorge Cabrera
 - 16 Luis Cifuentes
 - 17 Hortensia Sarmiento
-

3. CENSO DE VIEVIENDAS EN UN SECTOR DEL BARRIO OBRERO

El Censo de viviendas realizado en la cabecera municipal del municipio de Villarrica en un sector del barrio Obrero que debe ser reubicada por que se encuentra en medio de dos equipamientos negativos (matadero y cementerio).

- 1 Sucesión Suárez
 - 2 Eduardo González
 - 3 Uriel Ricaurte
 - 4 Heliodoro Garzón
 - 5 Familia Camelo
 - 6 Sucesión Suárez Casas
 - 7 Guillermo Chávez
 - 8 Andrés Saavedra
 - 9 Casa N.N.
 - 10 Casa N.N.
-