

4.1.2. Climatología. En el MAPA No. 2, se presentan las isoyetas e isotermas que pasan por el municipio, calculadas con base en los datos de cinco estaciones con datos multianuales completos y suficientes para permitir un análisis regional¹.

La escala de este análisis es 1:150.000 y constituye la forma más correcta de interpretar con la información disponible la expresión local del clima regional para el municipio. La fuente de esta información fue el Sistema de Información Ambiental del Parque Nacional Natural El Cocuy y en su análisis se revisaron los datos de 40 estaciones en el ámbito regional del Parque.

De acuerdo con los datos, El Cocuy estaría dentro de un régimen de precipitación bimodal, que transcurre entre las isoyetas 1000 y 600 de oriente a occidente, respectivamente, mostrando tendencia a la sequedad en la medida en que nos aproximamos al Cañón del Chicamocha.

En el análisis climático local, se utilizaron datos de las estaciones ubicadas en el Casco urbano (El Cocuy), en la Vereda El Mortiño (El Mortiño) al norte y la Estación Sierra Nevada, cuya información se presenta en la Tabla siguiente:

CODIGO	TE	ESTACION	MUNICIPIO	Coordenadas Planas		ELEV	INSTALAC	
				NORTE	ESTE		AÑO	MES
2403524	CO	SIERRA NEVADA COCUY	GUICAN	1203030	855905	3716	1974	5
2403026	PM	EL COCUY	EL COCUY	1199362	848518	2749	1958	3
2403066	PM	EI MORTIÑO	EL COCUY	1201196	852211	3409	1974	6

Tabla No. 6: Estaciones climáticas consideradas para el análisis climático local

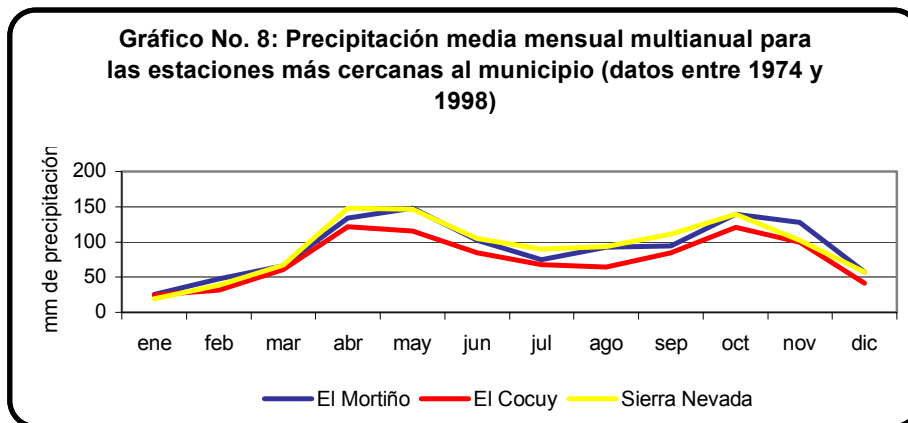
Según los datos multianuales de estas estaciones el municipio tiene una precipitación media de 1048 mm al año, por lo menos en su sector nororiental. Los datos utilizados para este cálculo, y los de los análisis subsiguientes se compilan en la Tabla No. 6.

Los datos de estas estaciones se han integrado con el objeto de realizar dos tipos de análisis: a. Mostrar el comportamiento anual de la precipitación basado en el valor medio mensual de cada estación y b. representar la variación que ha tenido la precipitación a lo largo de varios años, comparando valores máximos y mínimos multianuales.

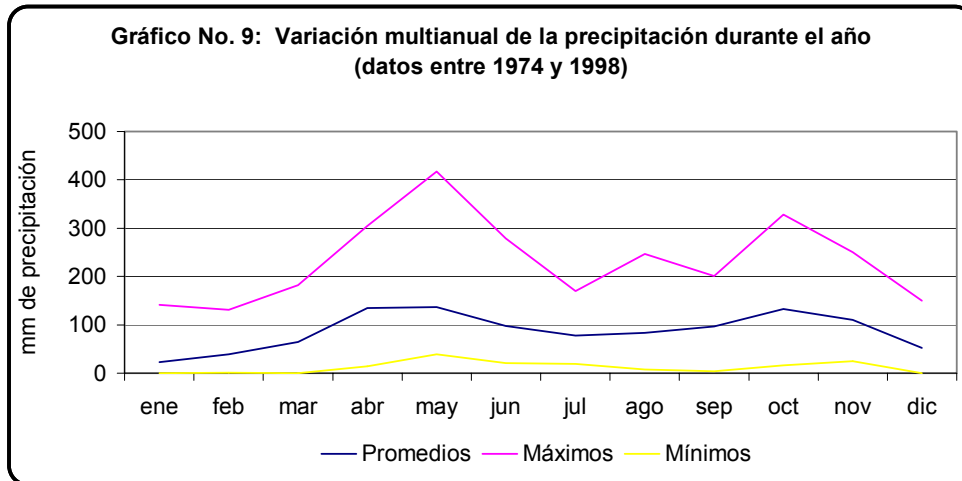
¹Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, UAESPNN, 1999, Sistema de Información Ambiental del Parque Nacional Natural El Cocuy.

mes	Precipitación El Mortiño				Precipitación El Cocuy				Precipitación Sierra Nevada			
	medios	máx	mín	rango	medios	máx	mín	rango	medios	máx	mín	rango
ene	25,4	75,2	0	75,2	24,4	141	1,1	139,9	19,3	52,7	0	52,7
feb	47,8	131	10,3	120,7	31,5	98	6	92	38,5	114,2	1	113,2
mar	65,9	159,9	13,6	146,3	60,4	182	8	174	67,2	141,7	0	141,7
abr	134	269	29,7	239,3	121,9	282	13,9	268,1	148,3	304,1	52,3	251,8
may	147,9	417	54,7	362,3	115,3	280	39	241	146,6	261,8	61,4	200,4
jun	102,3	279	20,6	258,4	85	175	32,3	142,7	104,9	170,1	47,7	122,4
jul	74,8	170	25,8	144,2	67,5	125	19	106	89,7	154,9	47,3	107,6
ago	92,4	246,7	21,5	225,2	64,2	149,8	8	141,8	93,7	168,5	20,4	148,1
sep	94,1	201	3,4	197,6	84,8	191	26	165	110,8	178,9	55	123,9
oct	138,9	327,9	37,2	290,7	121,1	260,7	16,1	244,6	138,8	224,2	45,8	178,4
nov	127,9	250,9	57	193,9	99,4	192	24,5	167,5	102	165,2	42,2	123
dic	57,4	149,5	0	149,5	41	143	6	137	57,7	101,8	0	101,8

Tabla No. 7: Datos de precipitación para las estaciones más cercanas al municipio, entre los años 1974 y 1998



Obsérvese que el comportamiento bimodal es muy semejante en las tres estaciones al igual que los valores netos mensuales de precipitación (Gráfica 8). Son los meses más lluviosos abril y mayo, en el primer semestre y octubre y noviembre en el segundo; los meses más secos diciembre y enero, en tanto que entre junio y septiembre se presenta un pequeño veranillo.

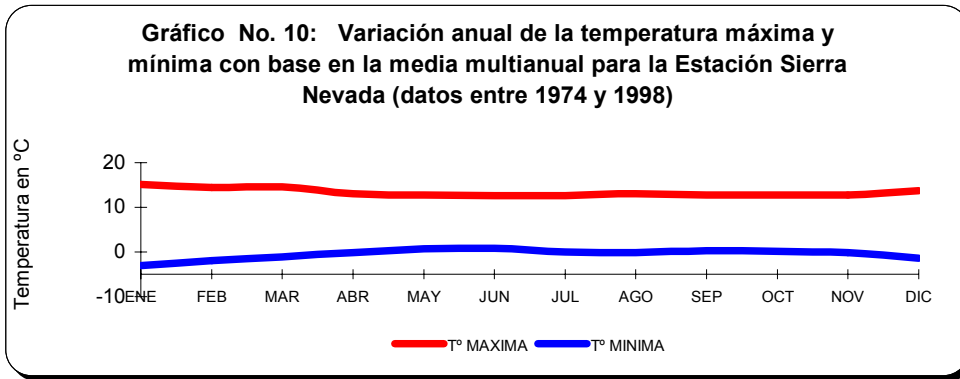


El segundo tipo de análisis se ha obtenido promediando los valores medios de las tres estaciones consideradas y comparándolos con los valores máximos y mínimos (Gráfico 9).

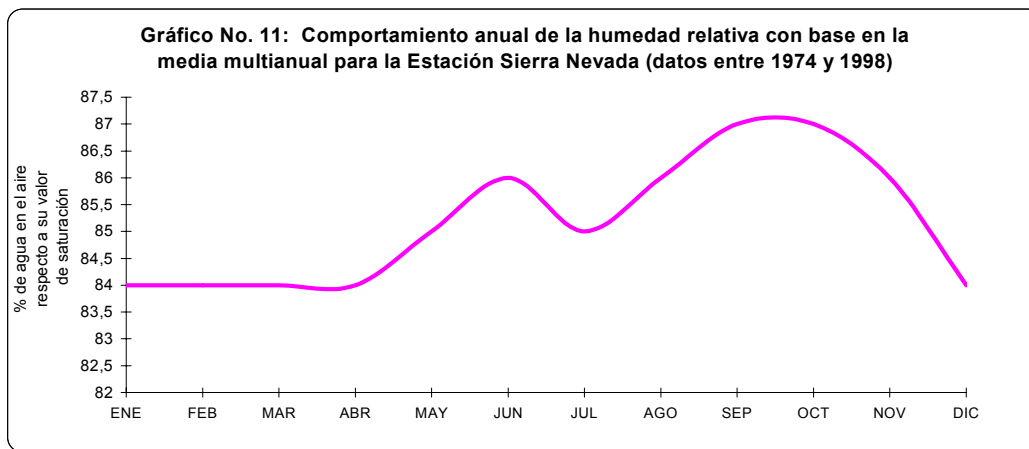
Nótese que la variación multianual es grande, existiendo años muy secos y años muy húmedos. Dicha variación hace muy difícil la planificación agropecuaria y obliga a considerar el análisis regional de tendencias como la mejor estrategia para interpretar el clima del municipio.

Datos completos y útiles respecto de otras variables climáticas sólo pueden ser referidos a la Estación Sierra Nevada. Su comportamiento, aun cuando no es representativo de todos los sectores del municipio, se presenta en las gráficas siguientes, para la humedad relativa, la temperatura y el análisis de evaporación versus precipitación.

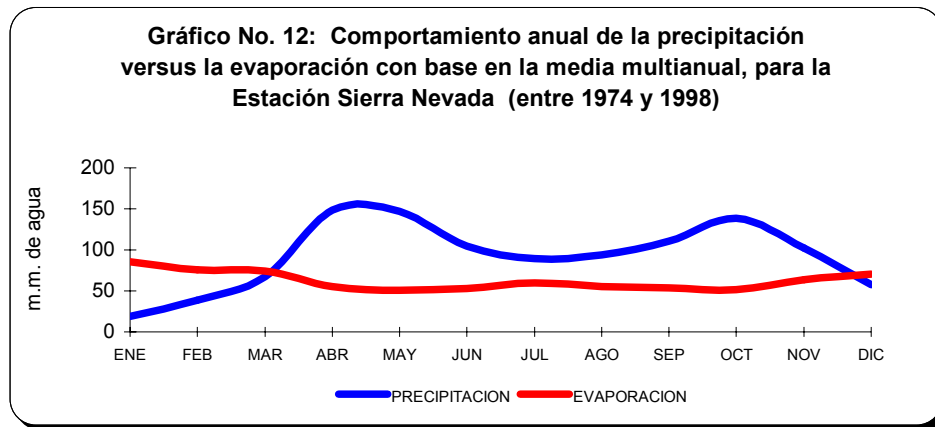
En las gráficas Nos 10 y 11, presentamos el comportamiento anual de la temperatura máxima y mínima y de la humedad relativa para la Estación Sierra Nevada. Obsérvese que las variaciones de las temperaturas máximas y mínimas son muy escasas a lo largo del año, en tanto que las oscilaciones en el ciclo de 24 horas son significativas, superando los 15 grados centígrados en los períodos secos, hecho que resulta bastante delicado de manejar en términos agropecuarios.



En los períodos húmedos la variación es menor, cercana a los 12 grados, lo cual hace más manejable el problema de las heladas. De todos modos la condición fría generalizada del municipio y las marcadas variaciones térmicas limitan mucho las prácticas culturales a la intemperie. Esto debe dar pie para contemplar el desarrollo de cultivos en invernadero.



La humedad relativa entre tanto, no presenta valores críticos, es decir próximos a 50 o 60%, lo cual sugiere que las zonas de páramo del municipio, en contraste con otros páramos del país, son menos propensas a las quemadas espontáneas; luego, en el mismo orden de ideas, las áreas que muestran señales de quema seguramente corresponden a prácticas culturales, más que a condiciones ambientales.



El comportamiento anual de la precipitación versus la evaporación nos permite apreciar de manera general el balance hídrico local. El trimestre diciembre, enero, febrero, resulta deficitario en cerca de un 200% en contraste con el resto del año que permanece positivo. Este hecho ha de tenerse en cuenta para la programación de las actividades agropecuarias.

Análisis por pisos térmicos

Como se puede apreciar en la Tabla No. 4: Distribución de la superficie municipal de acuerdo con su altura sobre el nivel del mar, sólo el 6.26% del territorio del Municipio se encuentra por debajo del los 3000 msnm y menos del 1% por encima de los 4600 m. Es decir, que al menos el 92% del municipio se encuentra entre los 3000 y 4600 msnm; **la altitud ideal para el desarrollo del bioma páramo en sus distintas manifestaciones.** Esto hace que por excelencia, se trate de un municipio categorizado dentro del clima frío.

Si consideramos que de manera general el gradiente vertical de temperatura es de 6.4 grados centígrados por kilómetro, el municipio desde los 2400 hasta los 4600 tendría una variación de $6.4(4600-2400) = 6.4 \times 2.2 = 14.8$ grados centígrados, en promedio, entre las zonas más cálidas y las más frías. Ello sugiere una oferta ambiental adecuada si se saben utilizar apropiadamente las distintas condiciones térmicas que se presentan en cada sector.

Ahora bien, la Estación Sierra Nevada a 3716 msnm reporta una temperatura media multianual de 7 grados centígrados, luego por debajo de la misma, hasta los 2400 tendríamos climas con temperaturas medias entre 7 y 15.4° C en promedio y por encima de dicha cota climas entre 7 y 1.34° C.

En síntesis el rango térmico del municipio oscila en promedio entre 1.3 y 15.4 ° C. Indefectiblemente un clima frío.

En los anexos, se incluyen las bases de datos originales fuente IDEAM que soportan el análisis climático realizado en el presente estudio.

4.1.3. Geología. El MAPA No. 3: GEOLOGIA ¹. Este mapa presenta la composición y estructura del subsuelo del municipio.

Fuente: Sistema de Información Ambiental del Parque Nacional Natural El Cocuy, SINA – Cocuy; Instituto Nacional de Investigaciones Geológico - Mineras, Plancha No. 137, El Cocuy, Escala 1:100.000, de 1982, publicado en 1985. Esta información luego fue modificada por el Geólogo Jairo Sainea, contratado para la elaboración del Esquema de Ordenamiento, quien visitó el municipio y rectificó en febrero de 2000 el mapa en cuestión.

Las unidades descritas en el mapa se presentan en la Tabla No. 8: Unidades geológicas registradas en el municipio.

Adicionalmente se muestran mediante convenciones los siguientes accidentes geológicos: falla, falla inferida, falla direccional, falla inversa, falla normal, contacto geológico, línea de corte geológico, buzamiento, sinclinal, anticlinal.

En el MAPA No. 4: PERFILES GEOLOGICOS ², se presentan 7 cortes o perfiles, cuya ubicación y orientación se indican en el Mapa Geológico. En el mapa de perfiles se muestra la disposición vertical de las distintas formaciones geológicas presentadas en la Tabla No. 8, pero aquí se muestran en orden a su estratigrafía.

De acuerdo con éste las formaciones mayormente representadas en la estratigrafía municipal son las formaciones Une, Chipaque y Ermitaño.

Unidad Geológica	Sigla	Superficie en Km2	% del territorio
Estratigrafía			
F. Concentración	Toc	34,2	93,8
F. Picacho	Tep	6,5	17,7
F. Socha Superior	Tpss	12,2	33,5
F. Socha Inferior	Tpsi	8,7	23,7
F. Guaduas	Kkg	6,5	17,8
F. Ermitaño	Kse	59,0	161,9
F. Chipaque	Ksc	45,5	124,8
F. Une	Kiu	36,5	14,5

¹ Fuente: Ingeominas, 1985, Plancha El Cocuy, modificado por el Geólogo Jairo Sainea, 2000

² Fuente: Minambiente, UAESPNN, 1999, Sina PNN El Cocuy; Ingeominas Plancha El Cocuy, 1985; modificado por el Geólogo Jairo Sainea, 2000.

Depósitos fluvio glaciares			
Coluviones derrumbes	Qc	0,5	0,2
Depósitos glaciares	Qgl	17,4	6,9
Morrenas antiguas	Qma	7,3	2,9
Depósitos glaciares resedimentados	Qtg	18,2	7,2
Superficie total		252,4	100,0

Tabla No. 8: Unidades geológicas descritas para el Municipio El Cocuy

4.1.4. Geomorfología. MAPA No. 5. Aparte de la información referente a las unidades geomorfológicas deposicionales que se presentan en la Tabla No. 9, el mapa se incluye las siguientes geoformas:

- cresta monoclin al abrupta
- anticlinal
- contrapendiente
- sinclinal
- pendiente estructural

Así mismo se espacializan los siguientes procesos morfodinámicos:

- Remoción en masa
- Erosión laminar
- Carcavamamiento lateral
- Alud
- Erosión en terracetos
- Erosión en surcos
- Reptación

Unidad	Símbolo	Superficie en Km2	% en el territorio
Unidades deposicionales			
- Morrenas Antiguas	Qma	7.04	2.78
- Morrenas Recientes	Qmr	0.22	0.09
- Coluviales	Qc	0.48	0.19
- Fluvio glaciares	Qfg	18.12	7.17
- Glaciares	Qgl	18.13	7.17
- Unidad Denudativa	achurado	156.14	61.74
- Unidad Estructural - Denudativa	achurado	52.77	20.86

Tabla No. 9: Unidades geomorfológicas deposicionales descritas para el Municipio El Cocuy

En general, las unidades descritas se incluyen dentro de las siguientes formas diferenciadas:

Laderas: El relieve es ondulado a escarpado, con cimas agudas y/o redondeadas y en ocasiones escarpes formando cornisas. En las partes más altas se presentan fenómenos

de gelifracción, gelifluxión y acumulaciones con morrenas frontales. El drenaje es dendrítico, se hace denso a medida que se descende. A lo largo de toda la ladera son frecuentes los desprendimientos, movimientos en masa, solifluxión, reptación, derrumbes y hundimientos debidos a que el material geológico es poco compacto y muy inestable. Los materiales son sedimentarios, se encuentra abundante lutita, limolita intercalada con areniscas calcáreas y cuarcíticas y a medida que se descende hacia la parte media de la ladera, aparecen arcillas rojizas y amarillentas.

Valles intermontanos: Son superficies ligeramente planas a inclinadas, de formas irregulares, formadas por los principales ríos y afluentes de la cordillera oriental, con abundante piedra, areniscas, arcillas, limos y materiales calcáreos. Se caracterizan por presentar pequeños coluvios laterales, modelados generalmente por el escurrimiento difuso concentrado y la acción antrópica. Se observa una fuerte acción erosiva en los taludes y superficies adyacentes, debido a la carga que arrastran los ríos y a las frecuentes avenidas.

Conos : Zonas onduladas a inclinadas relativamente angostas, localizadas al pie de las vertientes. Son formaciones de acumulación dendrítica, provenientes de la zona montañosa, con erosión ligera por escurrimiento difuso; se presentan movimientos en masa, generalizados especialmente en la parte distal dando origen a taludes y/o escarpes. Estas formaciones se caracterizan por materiales pizarrosos y calcáreos, algunos de ellos angulosos.

Colinas: Elevaciones naturales del terreno, de menor altura que una montaña, cuyas laderas presentan una inclinación promedio superior al 16% y divergen en todas las direcciones a partir de la cima relativamente estrecha, siendo su base aproximadamente circular. Pueden reconocerse colinas bajas y medias con relación a un nivel de base local coman. Abundan las disecciones por tectonismo y escurrimiento concentrado; constituidas por arenisca y arcillas del terciario.

Morrenas: Superficies onduladas e inclinadas, en forma de lengüetas estrechas frontales y paralelas, con abundante material grueso, redondeado y heterogéneo; se presenta escurrimiento difuso concentrado que forma las cárcavas. Están distribuidos masivamente, en forma caótica, sin estratificación definida. Pueden ser morrenas laterales, centrales o mediales, de fondo o terminales. Hacen parte de los valles glaciáricos y son el producto del acarreo y depositación de sedimentos y material de suelo periglacial, de material de abrasión del lecho y de derrubios de gelifracción de las paredes.

Laderas de Gelifracción: Superficies estructurales y estriadas por la acción del hielo, de relieve fuertemente escarpado y con morrenas laterales hacia las laderas.

Valles Glaciales y depresión: Superficies encajonadas y de poca amplitud, de relieve plano a ondulado, rellenado con materiales morrénicos producto de las glaciaciones.

4.1.5. Hidrogeología. MAPA No. 6: Hidrogeología¹.

En el análisis hidrogeológico se manejan los siguientes conceptos:

Acuífero: Unidad geológica que almacena y transmite el agua con mucha facilidad, por tanto presenta una porosidad y una permeabilidad muy buena; dentro de este grupo se encuentran los sedimentos sueltos arenosos con buena selección.

Acuitardo: Son aquellas rocas que almacenan grandes cantidades de agua pero la transmiten muy lentamente, siendo apta solo para bajas captaciones. Entre ellas se encuentran las arcillas arenosas. Los acuitardos son considerados sinónimo de acuíferos, ya que con el tiempo los espacios intergranulares tienden a sellarse formando rocas permeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten su flujo a través de sus poros.

Acuífuga: Rocas que no almacenan ni transmiten agua y por ende presentan porosidad y permeabilidad nula. Dentro de estas rocas tenemos las metamórficas, plutónicas y algunas volcánicas.

Porosidad: Es la característica de una roca que posee intersticios o espacios intergranulares y se define como la relación entre los espacios vacíos y el volumen total de la roca. Los espacios interconectados disponibles para el flujo de agua reciben el nombre de porosidad efectiva.

Permeabilidad: Es la capacidad de un medio poroso de transmitir el agua. Por ser una propiedad del medio varía de acuerdo al material, granulometría, consistencia y en especial a la intercomunicación con los poros, independiente de las propiedades del fluido.

El mapa se digitalizó a partir de un mapa a la misma escala 1:25.000 de la Dirección de Prevención de Desastres de la Secretaría Privada de la Gobernación de Boyacá, 1996 (ver fuente original). Se espacializa la permeabilidad del subsuelo en términos de: Acuíferos, Acuitardos y zonas con permeabilidad Baja, distribuyéndose en proporción al territorio en el 33%, el 21% y el 46% respectivamente.

¹ Fuente: Gobernación de Boyacá, Secretaría privada, - Dirección prevención de desastres, 1997, modificado por el Geólogo, Jairo Sainea, 2000.

Se destaca que las zonas de acuíferos se ubican, de manera general, por encima de los 3400 msnm, lo que confirma la necesidad de dar un manejo adecuado a los suelos en estas franjas altitudinales del municipio.

4.1.6. Características geotécnicas y pendientes

Las condiciones de inestabilidad geotécnicas se presentan en el MAPA No. 7: MAPA DE ESTABILIDAD¹ y las unidades correspondientes se relacionan y describen la Tabla No. 10: Unidades de inestabilidad geotécnica descritas en el municipio.

Unidad	Características	Superficie en Km2	% del territorio
I	Laderas que no presentan evidencias de inestabilidad y se consideran estables a través del análisis comparativo con otras unidades	1.2	0.5
II	Laderas que no presentan evidencias de deslizamientos pero pueden desarrollar procesos de erosión y deslizamientos en el futuro	75.4	33.4
III	Laderas con herencias morfodinámicas de deslizamientos antiguos que no han sufrido movimiento en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión no se conservan, se identifican los depósitos de deslizamientos.	90.5	40.2
IV	Laderas con evidencias de deslizamientos y procesos de inestabilidad anteriores, pero que no han sufrido cambios en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión son evidentes aún. Inestabilidad asociada a máximos periodos lluviosos.	48.1	21.3
V	Laderas que presentan deslizamientos nuevos o reactivación de deslizamientos antiguos, los procesos de inestabilidad no son regulares y se asocian a eventos periódicos.	10.2	4.5
VI	Laderas de deslizamientos activos, el material se presenta en continuo movimiento, con deslizamientos recientes bien definidos, de alta densidad. Los procesos de inestabilidad pueden ser continuos o asociados a periodos.	0.0	0.0
		225.37	100

Tabla No. 10: Unidades de inestabilidad geotécnica descritas en el municipio

¹ Fuente: Gobernación de Boyacá, Secretaría privada, Dirección Prevención de desastres, 1997; revisado y modificado por el Geólogo Jairo Sainea, 2000.

Para la elaboración del MAPA DE PENDIENTES (Mapa No 8) se trabajó con la imagen de satélite Landsat ETM / 2000 de la zona y la clasificó según rangos IGAC utilizando el módulo INTERPRETER del programa ERDAS versión 8.4. Los rangos llevan la nomenclatura y colores propuestos por el IGAC y se presentan en la Tabla 11.

Convencion	% de pendiente	Rango de pendiente	Clinometría
a	0 – 2 %	A nivel ó casi a nivel	0°
b	2 – 7 %	Ligeramente inclinada Ligeramente ondulada	1 – 4°
c	7 - 12 %	Moderadamente inclinada Moderadamente ondulada Moderadamente quebrada	5 – 7°
d	12 – 25 %	Fuertemente inclinada Fuertemente ondulada Moderadamente quebrada	8 – 14°
e	25 – 50 %	Fuertemente quebrada Ligeramente incorporada	15 – 26°
F	50 – 75 %	Moderadamente incorporada	27 – 37°
G	> 75%	Fuertemente incorporada	> 37°

Tabla 11: Rangos de pendiente IGAC