

**Tabla 3.32.** Asignación de pesos de la vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca del Río Mucujepe, en función del grado de protección que ofrece al suelo.

Tipo de vegetación	Estado de la vegetación (Tipo y densidad de cobertura)	Rangos porcentuales de pendiente	Índice de protección que brinda al suelo	Susceptibilidad del suelo a la erosión hídrica
FORESTAL	Bosques densos (densidad $\geq 0,7$ ), sin erosión del suelo.	Para cualquier pendiente.	1,0	1
	Bosques densos (densidad $\geq 0,7$ ), con erosión del suelo.	> 30 %	0,8	2
		< 12 % y 12-30 %	0,9	2
	Bosques claros (densidad < 0,7), sin erosión del suelo.	Para cualquier pendiente.	0,9	2
	Bosques claros, con sustrato arbustivo o herbáceo degradado.	> 30 %	0,8	2
		12-30 %	0,9	2
		< 12 %	0,9	2
	Bosque intervenido, sin erosión.	Para cualquier pendiente.	0,8	2
	Bosque intervenido, con erosión.	> 30 %	0,5	3
		12-30 %	0,6	3
< 12 %		0,8	2	
Matorral (vegetación arbustiva), no degradado.	Para cualquier pendiente.	0,8	2	
Matorral degradado (vegetación arbustiva).	> 30 %	0,2	4	
	12-30 %	0,6	3	
	< 12 %	0,8	2	
Pastizales bien conservados y sin erosión.	> 30 %	0,6	3	
	< 12 % y 12-30 %	0,9	2	
Pastizales ralos y degradados.	Para cualquier pendiente.	0,3	4	
AGRÍCOLA	Cultivos anuales con prácticas de conservación. Con erosión poco importante.	> 30 %	0,5	3
		12-30 %	0,6	3
		< 12 %	0,7	2
	Cultivos anuales sin prácticas de conservación. Con erosión importante.	> 30 %	0,1	4
		12-30 %	0,3	4
		< 12 %	0,4	3
	Cultivos permanentes con prácticas de conservación.	> 30 %	0,6	3
		12-30 %	0,7	2
		< 12 %	0,8	2
	Cultivos permanentes sin prácticas de conservación.	> 30 %	0,3	4
		12-30 %	0,4	3
		< 12 %	0,5	3

Los valores utilizados en la Tabla 3.32 para calificar al índice de protección que brinda al suelo las diferentes clases de cubierta vegetal y uso actual de la tierra de la cuenca media y alta del Río Mucujepe, se resumen en la Tabla 3.33, en la cual se presenta una escala de asignaciones de pesos para este componente ambiental.

**Tabla 3.33.** Escala de asignación de pesos de la vegetación actual de las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

<b>Índice de protección de la vegetación</b>	<b>Calificación de la susceptibilidad a la erosión hídrica</b>
1 0,9; 0,8 y 0,7 0,6; 0,5 y 0,4 0,3; 0,2; 0,1 y 0,0	1 ( Baja susceptibilidad a la erosión hídrica) 2 ( Moderada susceptibilidad a la erosión hídrica) 3 ( Alta susceptibilidad a la erosión hídrica) 4 (Muy alta susceptibilidad a la erosión hídrica)

Mediante la superposición espacial en IDRISI de los mapas de focos erosivos actuales, de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra y de los rangos porcentuales de pendiente y asignando las calificaciones de la Tabla 3.32 se generó el componente de utilización de la tierra de la cuenca ponderado (CUT), cuarto componente ambiental que conforma el modelo matemático de erosión potencial e ilustrado en el Capítulo IV (Resultados y discusión).

Finalmente, del promedio aritmético de los cuatro componentes ambientales ponderados (CF, CS, CMB y CUT) resultó el mapa de erosión potencial o de categorías de susceptibilidad a la erosión hídrica correspondiente a las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe (Figura 4.18).

La ecuación matemática que definió el modelo de erosión potencial fue:

$$ISE = \frac{CF + CS + CMB + CUT}{4}$$

Donde:

ISE = Índice de la susceptibilidad a la erosión hídrica o erosión potencial.

CF = Componente fisiográfico.

CS = Componente suelo.

CMB = Componente morfobioclimático.

CUT = Componente de utilización de la tierra.

La escala que calificó cualitativamente la magnitud de la erosión potencial fue:

1 = Baja susceptibilidad a la erosión hídrica.

2 = Moderada susceptibilidad a la erosión hídrica.

3 = Alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

4 = Muy alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

En el Capítulo IV del presente estudio (Resultados y discusión) se presentan, además del análisis del mapa de vegetación y uso actual de la tierra, los mapas de: erosión actual, componentes ambientales del modelo de erosión potencial y categorías de erosión potencial, todos estos productos cartográficos resultantes de la exposición hecha en este capítulo.

### **4.1. Vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca media y alta del Río Mucujefe.**

Antes de analizar los resultados relacionados con la erosión actual y potencial de las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujefe, se presentan los resultados relativos a la vegetación y uso actual de la tierra del año 2001, exponiendo, primeramente, la descripción de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra, y seguidamente, las superficies absolutas y relativas de los mismos con su correspondiente análisis.

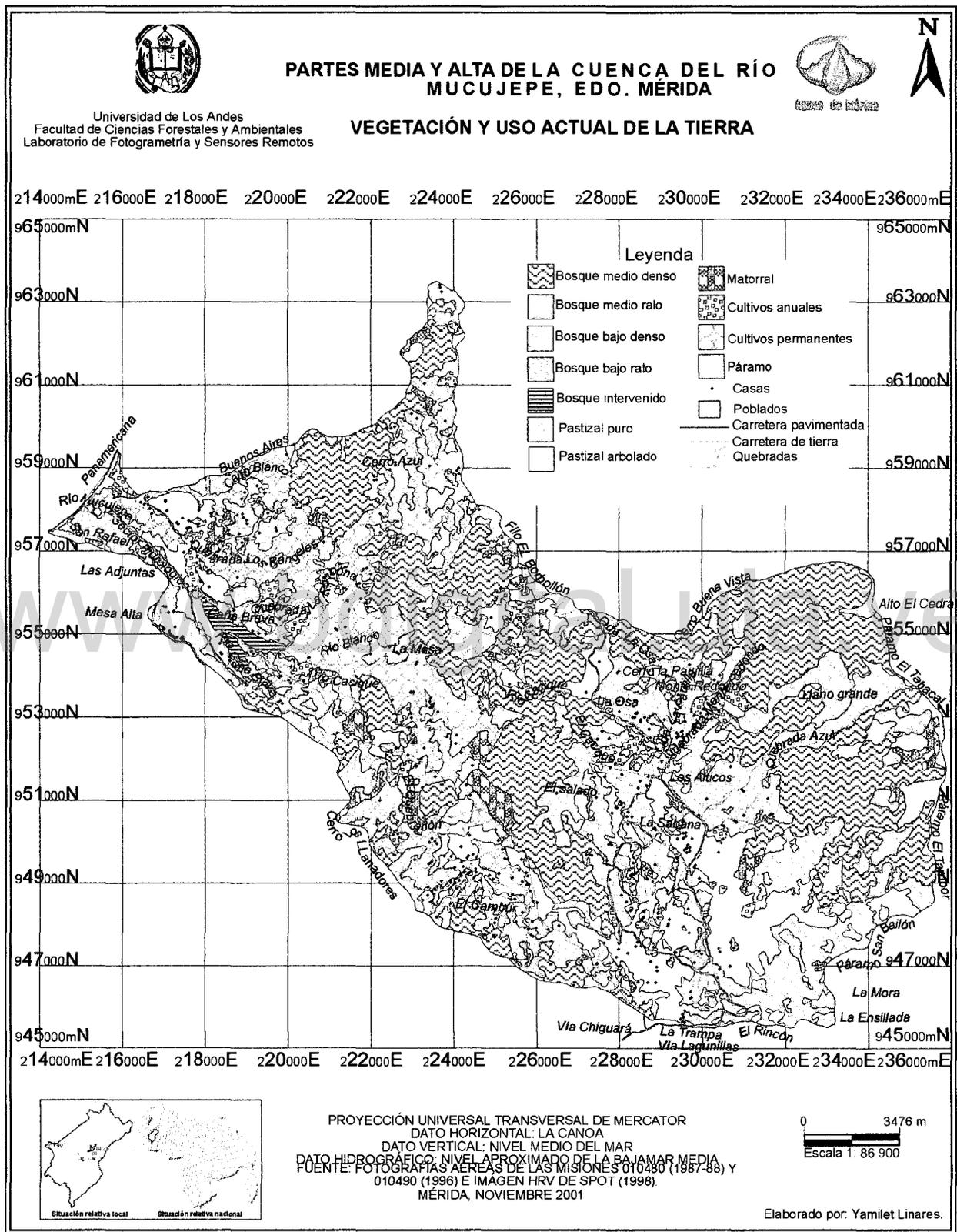
La cobertura se constituye en un atributo de la tierra que ocupa una porción de la superficie. Sus diferentes características conforman distintos tipos de cobertura (cobertura vegetal, cuerpos de agua, urbanismo, etc.). El uso se refiere al empleo que hace el hombre de dichas coberturas (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1996).

#### 4.1.1. Descripción de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca del Río Mucujefe.

El mapa de vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca media y alta del Río Mucujefe (Figura 4.1) presenta once clases de vegetación y uso actual de la tierra. La clasificación de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra se elaboró tomando en cuenta la fisionomía de los tipos vegetales o naturales, la altura del dosel y la densidad de cobertura, estas dos últimas para los bosques naturales. La clasificación de los once tipos de vegetación y uso actual de la tierra diseñada para este trabajo, fue producto de revisión de varias clasificaciones.

Para clasificar los bosques naturales (B) presentes en el área de estudio se consideraron tres características, a saber: el grado de intervención, la altura y la densidad de cobertura. El MARNR (1982), citado por Pernía (1989), conceptualiza un bosque como una formación vegetal natural, generalmente pluriestratificada, en la cual predominan formas de vida arbóreas, de por lo menos cinco metros de altura y cuyo dosel presenta una cobertura de cierto grado de densidad. En la cuenca del Río Mucujefe la vegetación de los bosques naturales presentes se caracteriza por ser bastante vigorosa, de gran cobertura vegetal, con tendencia a la heterogeneidad. A través de la observación de las fotografías aéreas en combinación con los chequeos de campo se diferenciaron cuatro categorías de bosque en cuanto a altura del dosel superior y densidad de cobertura: Bosque medio denso (BMd), bosque medio ralo (BMr), bosque bajo denso (BBd) y bosque bajo ralo (BBr). La categoría de BMd se localiza tanto en la parte media de la cuenca, en áreas con pendientes muy fuertes, a veces inaccesibles, como en su parte alta. El BBd se localiza mayormente en la parte alta de la cuenca y los BMr y BBr se localizan entre la parte media y alta de la misma.

La altura del bosque según el MARNR (1982), citado por Pernía (1989), se define como la diferencia de nivel que presenta esta formación entre el suelo y el estrato más alto, y ha establecido tres categorías de altura para los bosques: altos, medios y bajos. Los que superan los 25 metros de altura corresponden a los bosque altos; los que presentan alturas entre los 15 y los 25 metros son considerados bosques medios y cuando la altura está entre 5 y 15 metros son denominados bosques bajos. En la cuenca del Mucujefe se presentan bosques medios y bosques bajos, de acuerdo a las categorías antes señaladas. La Fotografía 4.1 presenta una panorámica de un BMd en la parte media de la cuenca del Río Mucujefe.



**Figura 4.1.** Vegetación y uso actual de la tierra de las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

El MARNR (1982), citado por Pernía (1989), denomina densidad de cobertura al porcentaje del suelo cubierto por las copas del dosel superior. Según esta definición el bosque denso es aquel donde la cobertura de las copas en referencia es mayor al 75 %; en un bosque medianamente denso la cobertura de las copas en referencia es de 50 % a 75 % y un bosque ralo es aquel donde la cobertura de las copas en referencia es de 25 a 50 %. Las unidades de altura de los bosques del Mucujepe fueron caracterizadas o subdivididas según estas categorías de densidad de cobertura, encontrándose solo bosques densos y bosques ralos.

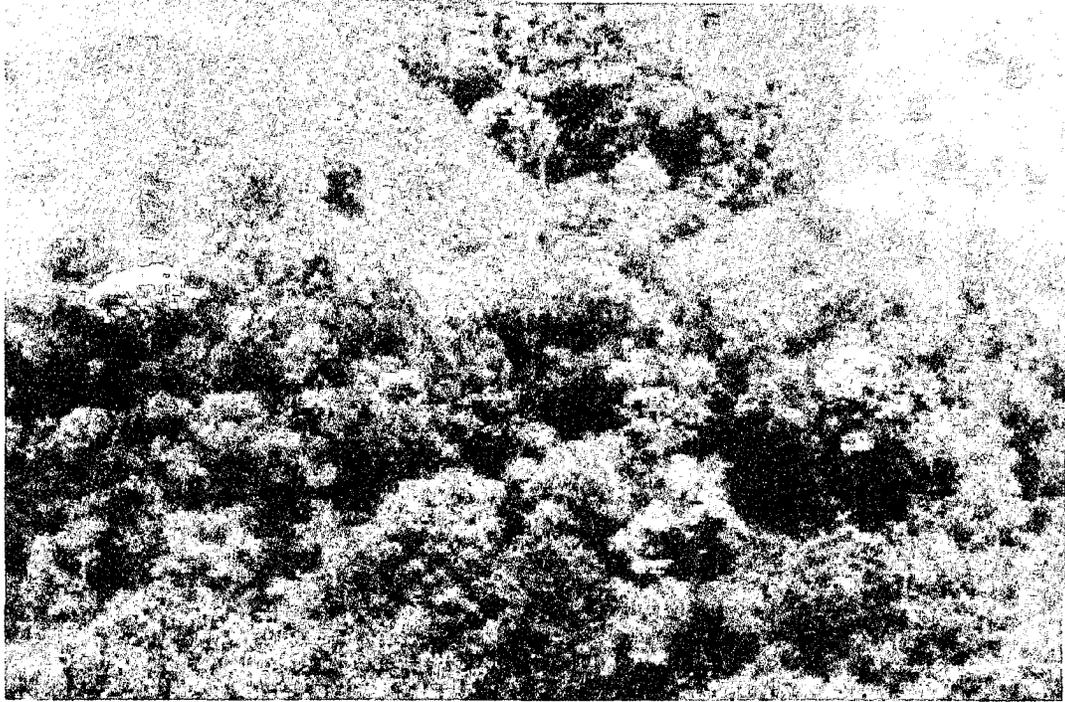
Algunos representantes arbóreos de los bosques del área de estudio son: Raspadero, laurel, cobalongo, tambor (flores de color amarillo, muy vistoso), saquiyá rojo (muy abundante en toda el área de estudio) y surure. Es importante destacar que debido a la expansión de la frontera agrícola practicada en esta cuenca, se presentan en el bosque natural especies arbóreas secundarias que evidencian cierto grado de intervención antrópica, como sucede con el yagrumo de montaña, de hojas plateadas o también llamado yagrumo de hoja blanca, localizado en la parte media y alta de la cuenca, entre los 1.800 msnm y los 2.000 msnm aproximadamente, y el yagrumo de hojas no plateadas observado en la parte media de la cuenca. Estas especies arbóreas son frecuentes dentro del bosque. La Fotografía 4.2 ilustra el tambor y el yagrumo de hoja plateada.

La vegetación paramera o de páramo (P) es definida por el MARNR (1982), citado por Pernía (1989), como una formación natural climax, predominantemente herbácea, donde el suelo está tapizado por formas de vida en rosetas y de cojín, musgos y líquenes; además de presentar frailejones (*Speletia schultzi*) y árboles pequeños (de la familia de la Rosaceae) formando bosquetes. Esta formación característica de las altas montañas (2.500-4.000 msnm), ocurre entre el límite superior del bosque y límite inferior de las nieves perpetuas. En la cuenca del Mucujepe se localiza exclusivamente en la parte alta de la misma, entre el límite del Parque Nacional Sierra de La Culata y la divisoria de la cuenca, a los 3.000 msnm, que es un lugar de difícil acceso, a través de caminos de tierra.

El bosque intervenido (BI) presente en la cuenca media y alta del Mucujepe está definido por el grado de intervención antrópico evidenciado, primero, por la cercanía de éste a casas, poblados y con la presencia de algunos cultivos permanentes o anuales ubicados dentro del mismo y, segundo, por una vegetación arbórea muy diferente a la que caracteriza a los bosques naturales (B). Por estas razones el bosque intervenido no fue clasificado junto a los bosques naturales (B), considerando los criterios de clasificación dados a estos últimos. La Fotografía 4.3 ilustra un BI de la cuenca media del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.1.** Panorámica de un bosque medio denso (BMD) presente en la parte media de la cuenca del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.2.** A la izquierda se aprecia un yagrumo de hojas plateadas (*Cecropia sp.*) y, a la derecha, algunos individuos arbóreos de tambor con flores amarillas (*Vochysia meridensis*).



**Fotografía 4.3.** A la izquierda de la fotografía se muestra una porción de bosque intervenido (BI). También se aprecian dos áreas deforestadas, una arriba y a la izquierda, y la otra, en la parte central de la misma.

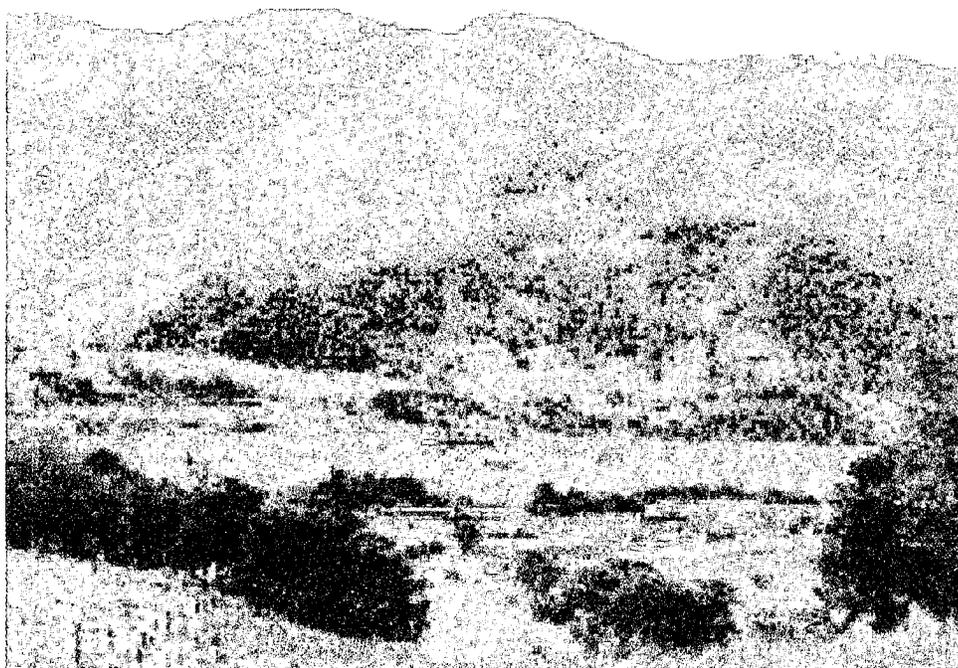
Los pastizales arbolados (PA) se localizan en la cuenca alta en mayor proporción y en la parte media en menor proporción. Presentan combinaciones de individuos arbóreos de diferentes especies que pueden estar algo dispersos y/o concentrados. Generalmente están conformados por especies arbóreas utilizadas con múltiples usos como: Apamate, cedro, ceiba, samán, lechero, caoba, rabo de ratón, guamo é piedra, guamo churico, bucare, rabo de iguana, pardillo, surure, cobalongo, cínaro o cinarito (*Myrcia acuminata*, especie dominante de los PA de la parte alta de la cuenca, vía La Osa), bambu (chusquea), caimito, tampaco, y otras especies no identificadas, que combinadas con algunos pastos, generan paisajes de gran belleza escénica y esplendor. Las fotografías 4.4 y 4.5 ilustran algunos pastizales arbolados.

Los pastizales puros (Pp) se caracterizan por ser una vegetación monoestratificada donde predominan gramíneas perennes de gran protección a los suelos de la cuenca, con muy pocos elementos arbóreos, arbustivos o herbáceos, predominando el *pasto guinea* en la parte media y media central de la cuenca y el *pasto kikuyo* en la parte alta de la misma. En poca proporción se presenta el *pasto elefante* en la parte media y el *pasto capim melao*, o también llamado *gordura*, en el área estudiada; además, en los pastizales puros se hace muy notoria la presencia del *Pteridium aquilinum*, helecho indicador de la acidez en los suelos de la cuenca. Los pastizales puros se concentran mayormente en la parte alta de la cuenca, y en menor proporción en la parte media de la misma. Las fotografías 4.6 y 4.7 muestran ciertos Pp.

Matorral (M), definido por el MARNR (1982), citado por Pernía (1989), como una formación vegetal arbustiva de origen natural o antrópico con una dinámica ecológica propia, de menos de 5 metros de altura, monoestratificada, de fisionomía variable de acuerdo a las condiciones climáticas y cuyas especies componentes en general poseen abundante ramificación desde la base, lo que hace en ciertos casos difíciles de penetrar. En este trabajo para esta formación vegetal se consideró solamente su fisionomía. El matorral se encuentra localizado en toda el área de estudio, predominando hacia la parte media central de la cuenca, lugar donde se concentran las mayores pendientes de la misma. Algunos representantes de este tipo de vegetación son: mora silvestre, helechos arbóreos (ubicados en la parte media central de la cuenca), helechos no arbóreos y mano león (*Didimopanax rubiginosus*). La Fotografía 4.8 muestra un matorral.

Las áreas con cultivos anuales (C) se presentan en toda la extensión de la cuenca, en mayor proporción en su parte alta, seguida de su parte media. Están constituidas en su mayor parte por parcelas de poco tamaño, algunas agrupadas otras dispersas y que, ubicadas muy cerca de casas o poblados y vialidad, se aprecian en las fotografías aéreas de manera muy particular. Los cultivos anuales que se presentan actualmente en la cuenca son, primero, los de la parte alta: las hortalizas como papa (particularmente var. granola), zanahoria, remolacha, cebollina, repollo y apio, muchos de éstos de subsistencia a la población y, segundo, los de la parte media: yuca, auyama y ñame. La Fotografía 4.9 ilustra siembras de papa granola.

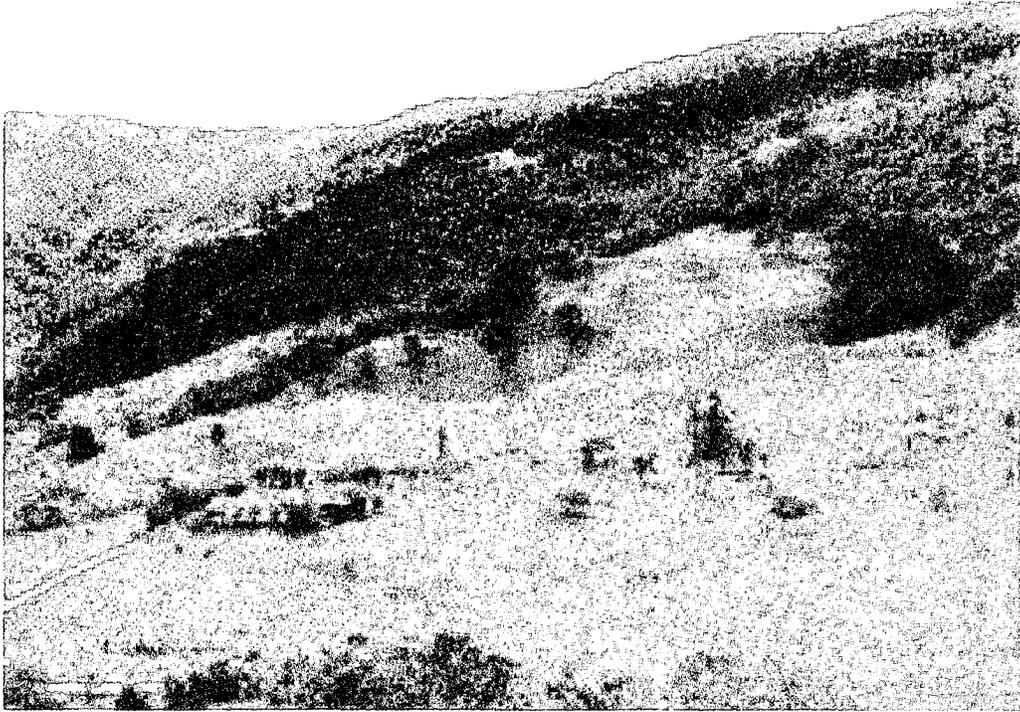
Los cultivos permanentes (Cp) de la cuenca se refieren a cultivos con más de un año de duración. Entre algunos representantes arbóreos frutales, considerados como cultivos permanentes, localizados en la parte media de la cuenca están: aguacate, níspero del Japón y tamarindo, además de los cítricos localizados en la parte media, muy cerca del poblado de Mucujepe (mandarina, naranja y limón). Otros frutales localizados en la parte alta de la cuenca son: la manzana y el durazno.



**Fotografía 4.4.** En primer plano, potrero con cínaro (*Myrcia acuminata*) cerca de la iglesia del sector La Sabana, alrededor de los 1.800 msnm, localizado en la parte alta de la cuenca del Río Mucujepe. En el plano medio, pastizales puros y al fondo, bosque intervenido.

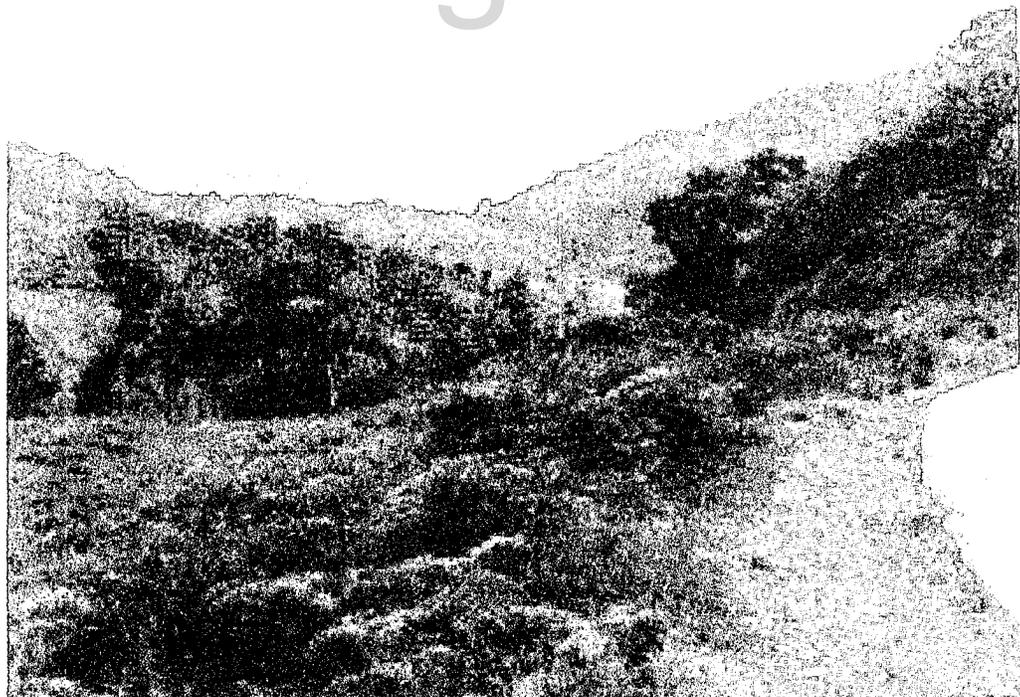


**Fotografía 4.5.** Combinación de un pastizal arbolado (PA) con un pastizal puro (PP) en la parte alta de la cuenca del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.6.** Potrero puro y bosque intervenido (al fondo) localizados alrededor de los 2.000 msnm, parte alta de la cuenca del Río Mucujepe.

www.bdigital.ula.ve



**Fotografía 4.7.** Combinación de un pastizal arbolado con un pastizal puro, además de la presencia dominante (abajo y a la izquierda) del helecho helecho (*Pteridium aquilinum*) a aproximadamente 1.000 msnm de la parte media de la cuenca del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.8.** Matorrales localizados a unos 1.000 msnm de la parte media de la cuenca del Río Mucujepe.

www.bdigital.ula.ve



**Fotografía 4.9.** Parcelas de siembra de papa var. granola (*Solanum tuberosum*) dentro de potrerros purós a ambos lados de la carretera de tierra, vía La Trampa, cercanos a los 2.200 msnm, parte alta de la cuenca del Río Mucujepe.

Otros cultivos permanentes no arbóreos son el café (cultivo permanente más dominante de toda la parte media de la cuenca en estudio), la caña de azúcar; y algunas leguminosas de subsistencia como la caraota y el quinchoncho. Este grupo de cultivos se siembra en la parte media y media central de la cuenca. El maíz y el cambur, también cultivos permanentes no arbóreos, están localizados tanto en la parte media central de la cuenca como en la parte alta de la misma. El cambur es un cultivo de subsistencia por excelencia, el cual es sembrado en las márgenes de los ríos y quebradas de la cuenca y que mezclado con ciertos cultivos anuales y/o especies arbóreas que caracterizan las típicas parcelas andinas. La Fotografía 4.10 muestra siembras de caña de azúcar y cambur dentro de pastizales puros y matorrales.

Al igual que los cultivos anuales, los cultivos permanentes también se encuentran presentes en toda la extensión de la cuenca. Siempre se localizan cerca de casas, poblados y vialidad, presentándose en las fotografías aéreas generalmente de color oscuro.

Muchos de los cultivos permanentes se siembran generalmente bajo la sombra de especies arbóreas. Casos muy frecuentes son: el café con el guamo (fotografías 4.11 y 4.12), el cacao de sombra con el bucare, el aguacate con el café o el cambur; o mezclas entre cultivos permanentes como: el café o el cacao con el plátano (ambos en la parte media de la cuenca), el café con el cambur (parte media central y alta de la cuenca), el maíz con la caraota, o mezclas de varios en la misma parcela como el aguacate con cítricos, plátanos y tamarindo. Sobre todo en la parte alta de la cuenca ciertos cultivos permanentes son mezclados con cultivos anuales, particularmente hortalizas, como se observó en parcelas donde se encontró caña de azúcar, cambur, papa var. granola, apio y durazno, todas en una misma parcela.



**Fotografía 4.10.** Parcelas con cultivos permanentes de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y camburales (*Musa sapientum*) dentro de pastizales puros (abajo) y matorrales (arriba y la derecha), parte media de la cuenca del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.11.** Siembra de café (*Coffea arabica*) con sombra de guamo (*Inga edulis*) a unos 1.200 msnm, parte media de la cuenca del Río Mucujepe.



**Fotografía 4.12.** Acercamiento de un cultivo permanente, café con guamo, localizado a unos 1.000 msnm de la parte media de la cuenca del Río Mucujepe.

En las tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4 se discretizan algunas especies vegetales que se encuentran en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe, en: árboles, arbustos, gramíneas y cultivos agrícolas y hortícolas.

**Tabla 4.1.** Listado de especies vegetales arbóreas presentes en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe (MARNR, 1982; Ewel, Madriz y Tosi, 1968; Veillon, 1986; Schnee, 1984 y Fuller et al., 1972).

Nombre vulgar	Nombre científico	Familia
Aguacate	<i>Persea americana</i> MILL.	Lauraceae
Apamate	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae
Bucare	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Fabaceae
Caimito	<i>Chrysophyllum</i> spp.	Sapotaceae
Caimitón	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae
Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae
Cinarito	<i>Myrcia acuminata</i> D.C.	Myrtaceae
Cobalongo	<i>Billia coulumbiana</i>	Hippocastanaceae
Guaimaro	<i>Couma macrocarpa</i>	Apocynaceae
Guamo	<i>Inga edulis</i>	Mimosaceae
Higuerón	<i>Ficus urbaniana</i>	Moraceae
Laurel	<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae
Lechero blanco	<i>Ficus pertusa</i>	Moraceae
Malogueto	<i>Xylopia ligustifolia</i>	Annonaceae
Mapora	<i>Oenocarpos mapora</i>	Palmae
Níspero del Japón	<i>Eriobotrya japonica</i>	Rosaceae
Palma macana	<i>Bactris</i> sp.	Palmae
Pardillo	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
Pino laso	<i>Podocarpus rospigliosii</i>	Podocarpaceae
Rabo de iguana	<i>Pleonotoma diversifolium</i> (H.B.K.)	Bignoniaceae
Rabo de ratón	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	Fabaceae
Raspadero	<i>Trema michranta</i>	Ulmaceae
Sai-sai	<i>Weinmannia</i> spp.	Cunoniaceae
Samán	<i>Pithecellobium saman</i>	Mimosaceae
Sangrón	<i>Hieronyma oblongata</i>	Euphorbiaceae
Saquiya rojo	<i>Miconia amacurensis</i>	Melastomataceae
Surure	<i>Myrcia acuminata</i>	Myrtaceae
Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Caesalpiniaceae
Tambor	<i>Vochysia meridensis</i>	Vochysiaceae
Tampaco	<i>Clusia minor</i>	Guttiferae
Trompillo	<i>Guarea guara</i>	Meliaceae
Yagrumo plateado	<i>Cecropia</i> sp.	Moraceae
Yagrumo no plateado	<i>Cecropia peltata</i>	Moraceae
Yaya	<i>Duquetia</i> sp.	Annonaceae

**Tabla 4.2.** Listado de especies vegetales arbustivas presentes en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepé (MARNR, 1982; Ewel, Madriz y Tosi, 1968; Veillon, 1986; Schnee, 1984 y Fuller et al., 1972).

<b>Nombre vulgar</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
Frailejón	<i>Speletia schultzii</i>	Compositae
Helecho helecho	<i>Pteridium aquilinum</i>	Cyatheaceae
Laurel blanco	<i>Phoebe cinnamomifolia</i>	Lauraceae
Laurel paramero	<i>Beilschmiedia sulcata</i>	Lauraceae
Mano león	<i>Didimopanax rubiginosus</i>	Araliaceae
Mora silvestre	<i>Rubus rubra</i>	Rosaceae
Muji	<i>Prunus sp.</i>	Rosaceae
Platanillo	<i>Heliconia spp.</i>	Musaceae

**Tabla 4.3.** Listado de las gramíneas presentes en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepé (MARNR, 1982; Ewel, Madriz y Tosi, 1968; Veillon, 1986; Schnee, 1984 y Fuller et al., 1972).

<b>Nombre vulgar</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
Bambú	<i>Chusquea sp.</i>	Gramineae: Bambusoideae
Pasto capim melao	<i>Melinis minutiflora</i> BEAUV.	Gramineae
Pasto elefante	<i>Pennisetum purpureum</i> SCHUM.	Gramineae
Pasto guinea	<i>Panicum maximum</i> JACQ.	Gramineae
Pasto kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i> CHOIV.	Gramineae

**Tabla 4.4.** Listado de cultivos agrícolas y hortícolas presentes en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe (MARNR, 1982; Ewel, Madriz y Tosi, 1968; Veillon, 1986; Schnee, 1984 y Fuller et al., 1972).

<b>Nombre vulgar</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
Auyama	<i>Cucurbita domestica</i> Val.	Zingiberaceae
Algodón	<i>Alchornea grandiflora</i>	Euphorbiaceae
Apio	<i>Apium graveolens</i>	Umbeliferae
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Sterculiaceae
Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae
Cambur	<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae
Caraota	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae
Cebollina	<i>Allium fistulosum</i>	Amarillydaceae
Durazno	<i>Prunus persica</i>	Rosaceae
Limón	<i>Citrus aurantifolia</i> (L.) Burm	Rutaceae
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae
Manzana	<i>Prunus spp.</i>	Rosaceae
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.)	Rutaceae
Ñame	<i>Dioscorea alata</i> L.	Dioscoreaceae
Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae
Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae
Quinchoncho	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Fabaceae
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i> L.	Chenopodiaceae
Repollo	<i>Brassica oleraceae</i> L.	Cruciferae
Yuca	<i>Manihot esculenta</i> CRANTZ.	Euphorbiaceae
Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae

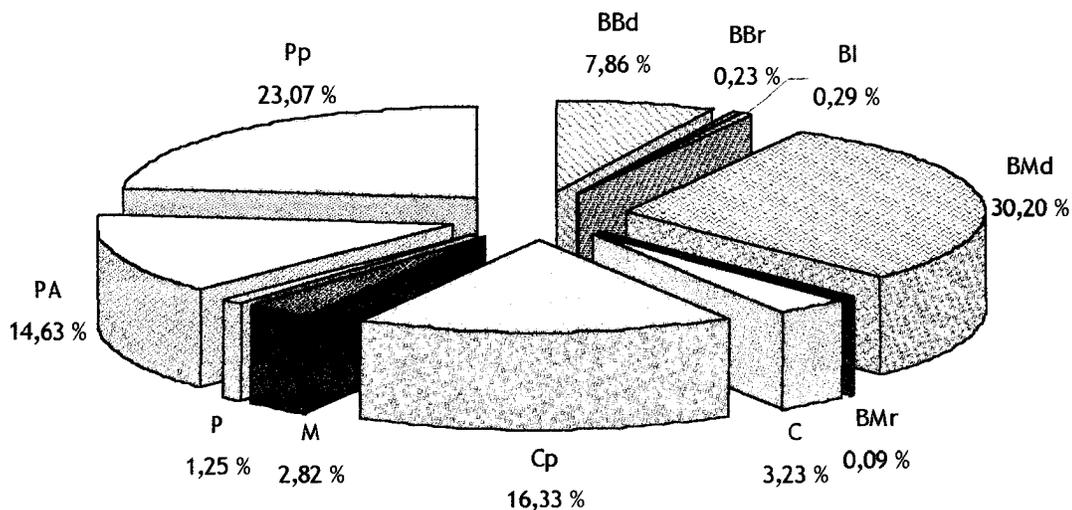
#### 4.1.2. Superficies de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra y análisis de los mismos.

La Tabla 4.5 muestra los resultados de la planimetría (absoluta, en ha, y relativa, en %) de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra encontrados en el área de estudio, con una indicación de los tipos geomorfológicos, las pendientes y las zonas de vida en que generalmente se encuentran.

**Tabla 4.5.** Caracterización de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra encontrados en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

Características	Superficie (ha)	Superficie (%)	Geomorfología	Pendiente (%)	Zonas de vida
<b>Tipos de vegetación y uso actual de la tierra</b>					
Bosque medio denso (BMD)	5.178	30,20	Colinas y montañas.	Los cuatro rangos presentes.	Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M.
Bosque medio ralo (BMr)	16	0,09	Montañas.	30-50 %	Bh- P
Bosque bajo denso (BBd)	1.348	7,86	Colinas y montañas (predominando en estas últimas).	Los 4 rangos presentes, predominando el primero de < 12 %.	Bh-T, Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M.
Bosque bajo ralo (BBr)	38	0,23	Montañas.	< 12 %.	Bh-P y Bh-Mb
Páramo (P)	215	1,25	Montañas.	12-30 %, 30-50 % y > 50 %.	Bmh-M
Bosque intervenido (BI)	50	0,29	Colinas.	Los 4 rangos.	Bh-T
Pastizal arbolado (PA)	2.509	14,63	Valle-depresión, colinas y montañas.	Los 4 rangos.	Bh-T, Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M.
Pastizal puro (Pp)	3.956	23,07	Valle-depresión, colinas y montañas.	Los 4 rangos.	Bh-T, Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M.
Matorral (M)	483	2,82	Valle-depresión, colinas y montañas.	Los 4 rangos.	Bh-T, Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M.
Cultivos anuales (C)	554	3,23	Valle-depresión, colinas y montañas.	< 12 %, 12-30 % y 30-50 %.	Bh-T, Bh-P y Bh-Mb.
Cultivos permanentes (Cp)	2.801	16,33	Valle-depresión, colinas y montañas.	Los 4 rangos.	Bh-T, Bh-P y Bh-Mb.
<b>Total</b>	<b>17.148</b>	<b>100</b>	-	-	-

El Gráfico 4.1 ilustra los valores porcentuales obtenidos en la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.



**Gráfico 4.1.** Porcentajes de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra de la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe

De los resultados mostrados en la Tabla 4.5 y el Gráfico 4.1 se desprende que el bosque medio denso (BMd) ocupa la mayor superficie, con más de un 30 % del área de estudio, seguido por el bosque bajo denso (BBd) con un 7,86 %. El bosque bajo ralo (BBr) y el bosque medio ralo (BMr) cuentan con una superficie porcentual imperceptible en comparación con los dos anteriores y el resto de tipos de vegetación y uso actual de la tierra presentes en la cuenca, representan el 0,23 % y 0,09 % respectivamente del área media y alta del Mucujepe.

En lo que se refiere a la localización de los bosques, el bosque medio denso se presenta en mayor proporción en la parte alta de la cuenca, y en menor proporción en la parte media de la misma. Este tipo de bosque se observa en los cuatro rangos porcentuales de pendiente. El bosque bajo denso se localiza sólo en la parte alta de la cuenca, donde se presentan en los cuatro rangos porcentuales de pendiente y rodeado mayormente por pastizales puros, pastizales arbolados, bosque medio denso y páramo. El bosque bajo ralo representado en dos unidades o polígonos del mapa de vegetación y uso actual de la tierra, se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca, con pendientes muy suaves (< 12 %), y finalmente el bosque medio ralo representado por solo un polígono en el mapa, está ubicado en la parte alta de la cuenca en pendientes entre 30 y 50 %, rodeado por pastizal arbolado y cultivos permanentes, indicadores de un futuro avance de la frontera agrícola en el mismo.

La vegetación de páramo (P) posee actualmente una superficie de 215 hectáreas, que equivalen al 1,25 % del área total de la cuenca. Está localizada sólo en la parte alta de la cuenca, en el área que geomorfológicamente corresponde a montañas altas, en tres rangos porcentuales de pendiente (< 12 %, 12-30 % y > 50 %), en un sector con relativamente poca intervención antrópica, según la clasificación bioclimática de Holdridge corresponde a un bosque muy húmedo montano (Bmh-M). Su representante más típico es el frailejón de octubre (*Speletia schultzei*).

El bosque intervenido (BI) está presente en una sola área o polígono del mapa de vegetación y uso actual de la cuenca, a nivel de su parte media, cerca de La Panamericana y del poblado de Mucujepe; posee 50 hectáreas de superficie, lo que representa el 0,29 % del total de área evaluada. Está rodeado por pastizal puro, pastizal arbolado, cultivos permanentes y cultivos anuales, localizado en áreas de piedemonte de colinas, donde se presentan en pocas proporciones sobre los cuatro rangos porcentuales de pendiente y en la zona de vida Bh-T según Holdridge.

Las áreas con pastizal arbolado (PA) se localizan mayormente en la parte alta de la cuenca y en menor proporción en su parte media, cerca del poblado de Mucujepe. Cuenta con una superficie de 2.509 ha, lo que representa el 14,63 % de toda el área evaluada. Es el cuarto tipo de importancia en lo que a extensión se refiere después de los cultivos permanentes (Cp). Se localiza en toda la cuenca en estudio, presente en los cuatro rangos de pendiente, en las cuatro zonas de vida que tiene la cuenca del Mucujepe y ubicado en los sistemas valle-depresión, piedemonte de colinas y montañas.

El pastizal puro (Pp) constituye el segundo tipo de vegetación-uso de la tierra de importancia, después del bosque medio denso, en lo que a superficie se refiere, con 3.956 ha (23,07 %), valor que indica la gran actividad ganadera, básicamente la extensiva, que se practica en esta cuenca, sobre todo en su parte alta, que es donde predomina este tipo de uso. Se ubica en los tres sistemas geomorfológicos presentes en esta cuenca (valle-depresión, de colinas y sistema montañoso), en los cuatro rangos porcentuales de pendiente (< 12 %, 12-30 %, 30-50 % y > 50 %) y en las cuatro zonas de vida (Bh-T, Bh-P, Bh-Mb y Bmh-M).

El matorral (M) presente en la cuenca media y alta del Río Mucujepe ocupa 483 ha, que representan el 2,82 % del área de estudio. Está bien distribuido en todos los sistemas geomorfológicos presentes de la cuenca, así como también en los cuatro rangos porcentuales de pendiente y en las cuatro zonas de vida. Se presenta en manchas de tamaño mediano a pequeño, como lo ilustra el mapa de vegetación y uso actual de la tierra del 2001.

Los cultivos anuales (C) ocupan 554 ha, representando el 3,23 % del área estudiada. Están presentes en los tres sistemas geomorfológicos de la cuenca, en tres rangos porcentuales de pendiente (< 12 %, 12-30 % y 30-50 %) y en tres zonas de vida (Bh-T en su mayor parte, seguido por el Bh-P y en muy poca cantidad en el Bh-Mb).

Las áreas con cultivos permanentes (Cp) presentes en la cuenca del Río Mucujepe ocupan 2.801 ha, que representan el 16,33 % del área evaluada. Se localizan en los tres sistemas geomorfológicos del área, predominando en el piedemonte de colinas, seguido por montañas bastante cercanas a las colinas. Están presentes en los cuatro rangos porcentuales de pendiente y en las zonas de vida de Bh-P (en mayor proporción), Bh-T y Bh-Mb. Este tipo de uso actual de la tierra representa el tercer uso actual de importancia de la cuenca en estudio en lo que a superficie ocupada se refiere.

A continuación se muestran los valores en hectáreas y porcentuales (Tabla 4.6) de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra del año 2001, correspondientes a la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe, para cada subcuenca de la misma.

**Tabla 4.6.** Superficies absolutas, en ha, y relativas, en %, de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra de la parte media y alta del Río Mucujepe, por subcuencas, correspondientes al 2001.

<b>Tipos de vegetación y uso actual de la tierra*</b>	BBd	BBr	BI	BMd	BMr	C	Cp	M	P	PA	Pp	<b>Total ha (%)</b>
<b>Subcuencas</b>												
Caño Blanco				319 (1,86)		5 (0,03)	208 (1,21)			79 (0,46)	118 (0,69)	<b>729 (4,24)</b>
Qda. La Roncona				75 (0,44)		69 (0,40)	293 (1,71)	5 (0,03)		31 (0,18)	100 (0,58)	<b>573 (3,33)</b>
Qda. Los Ranges				29 (0,17)		41 (0,24)	297 (1,73)	38 (0,22)		41 (0,24)	146 (0,85)	<b>592 (3,45)</b>
Río Blanco				554 (3,23)		55 (0,32)	595 (3,47)	70 (0,41)		144 (0,84)	315 (1,84)	<b>1.733 (10,12)</b>
Río Cacique	418 (2,44)	5 (0,03)		2.750 (16,04)		184 (1,07)	604 (3,52)	98 (0,57)	201 (1,17)	307 (1,79)	1.260 (7,35)	<b>5.827 (34)</b>
Río Caña Brava	908 (5,29)	33 (0,20)		1.386 (8,08)	16 (0,09)	125 (0,73)	555 (3,24)	238 (1,39)	14 (0,08)	1.756 (10,24)	1.732 (10,10)	<b>6.763 (39,44)</b>
Sector hidrológico	22 (0,13)		50 (0,29)	65 (0,38)		75 (0,44)	249 (1,45)	34 (0,20)		151 (0,88)	285 (1,66)	<b>931 (5,43)</b>
<b>Total ha (%)</b>	<b>1.348 (7,86)</b>	<b>38 (0,23)</b>	<b>50 (0,29)</b>	<b>5.178 (30,20)</b>	<b>16 (0,09)</b>	<b>554 (3,23)</b>	<b>2.801 (16,33)</b>	<b>483 (2,82)</b>	<b>215 (1,25)</b>	<b>2.509 (14,63)</b>	<b>3.956 (23,07)</b>	<b>17.148 (100,00)</b>

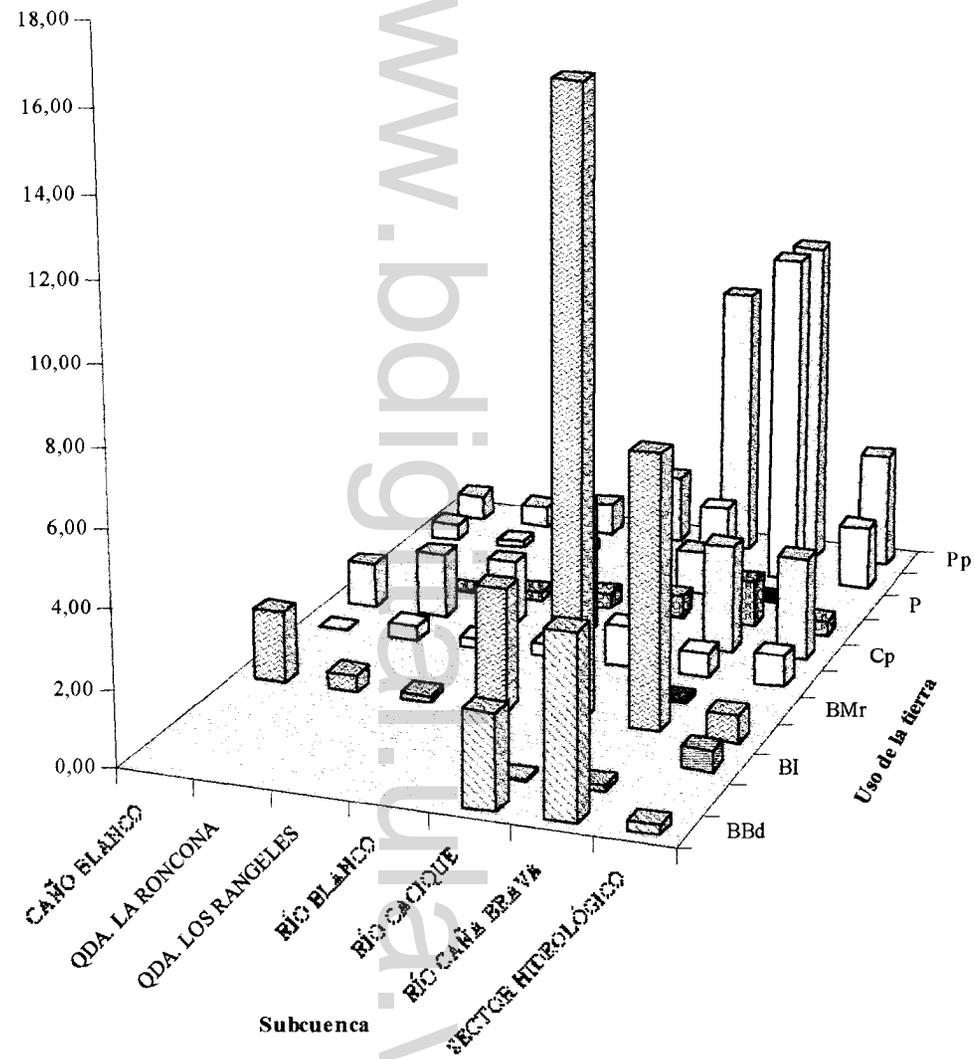
\*BBd = Bosque bajo denso, BBr = Bosque bajo ralo, BI = Bosque intervenido, BMd = Bosque medio denso, BMr = Bosque medio ralo, C = Cultivos anuales, Cp = Cultivos permanentes, M = Matorral, P = Páramo, PA = Pastizal arbolado y Pp = Pastizal puro.

De la tabla 4.6 se observa que el grado de protección vegetal que ofrecen los tipos de vegetación y uso actual de la tierra a los suelos varía entre subcuencas. Comparando específicamente las subcuencas Cacique y Caña Brava, se tiene que el BMd en la subcuenca Cacique representó un 16,04 % del total de la cuenca, el cual duplica al correspondiente en Caña Brava que fue del 8,08 %. Sin embargo, en la subcuenca Caña Brava el BBd, que al igual del BMd ofrece un alto grado de protección a los suelos, representó el 5,29 %, es decir, más del doble que Cacique, cuyo valor de superficie en términos relativos fue del 2,44 %.

Considerando el bosque en su conjunto (BBd + BBr + BMd + BMr), se aprecia que la mayor extensión se presenta en la subcuenca Cacique, ocupando 3.173 ha, que representa el 18,50 %; el segundo lugar ocurre en Caña Brava en la cual el bosque ocupa 2.343 ha (13,66 % del área de la cuenca). La subcuenca Río Blanco ocupa el tercer lugar con 554 ha (3,23 %) de bosque. El cuarto, quinto y sexto lugar corresponden a las subcuencas Caño Blanco, La Roncona y Los Ranges en las que el bosque ocupa 319 ha (1,86 %), 75 ha (0,44 %) y 29 ha (0,17 %) respectivamente.

Del análisis del bosque en su conjunto es el BMd el que establece la diferencia en extensión entre las subcuencas.

El Gráfico 4.2 ilustra el valor porcentual que representa cada tipo de vegetación y uso actual de la tierra del área de estudio, por subcuencas.



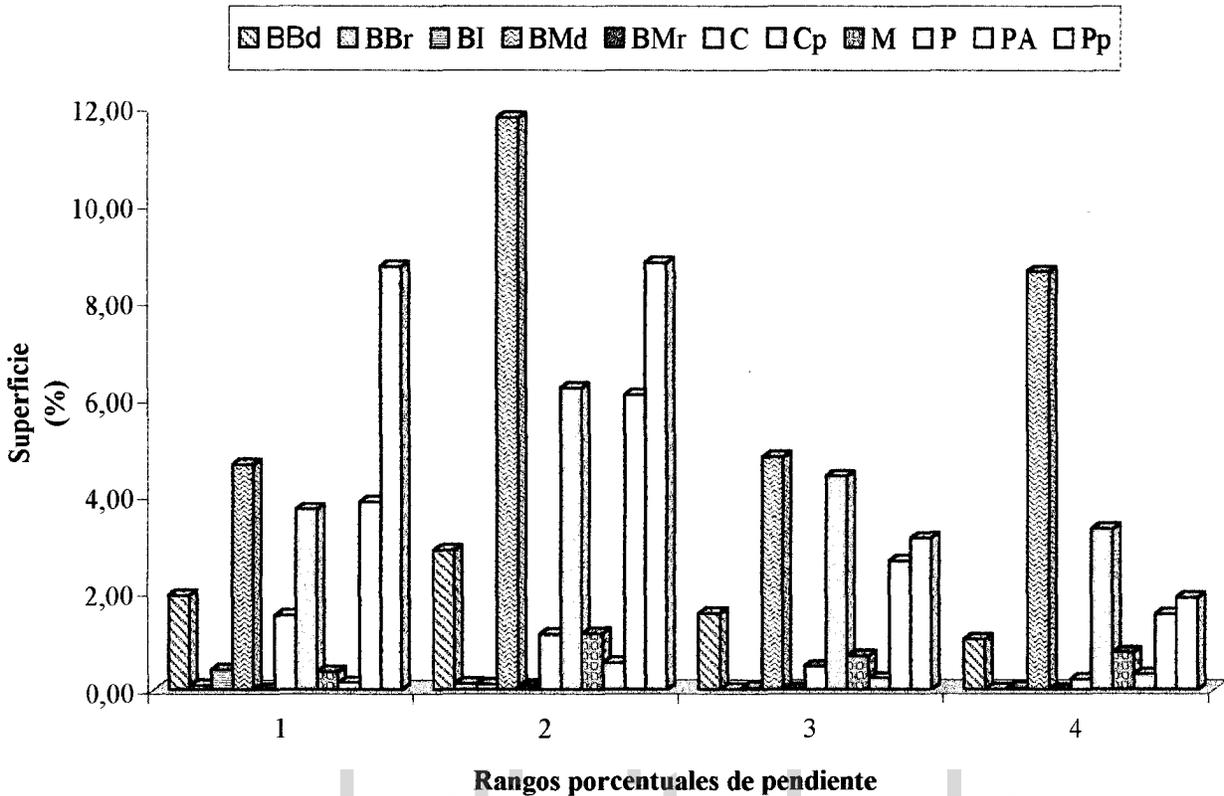
**Gráfico 4.2.** Porcentajes de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra, por subcuencas, parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

Los valores en hectáreas y porcentuales de las pendientes presentes en los tipos de vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca media y alta del Río Mucujepe se muestran en la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7.** Superficie, en hectáreas y porcentuales, de los tipos de pendiente en los que se encuentran los tipos de vegetación y uso actual de la tierra de la parte media y alta del Río Mucujepe.

<b>Pendiente</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>Total (ha)</b>
<b>Vegetación y uso actual de la tierra</b>	<b>(&lt; 12 %)</b>	<b>(12-30 %)</b>	<b>(30-50 %)</b>	<b>(&gt; 50 %)</b>	<b>(%)</b>
BBd	331,37 (1,93)	491,25 (2,87)	268,27 (1,56)	176,63 (1,03)	<b>1.267,52</b> <b>(7,39)</b>
BBr	14,49 (0,08)	20,52 (0,12)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	<b>35,01</b> <b>(0,20)</b>
BI	69,62 (0,41)	19,49 (0,11)	5,67 (0,03)	4,67 (0,03)	<b>99,45</b> <b>(0,58)</b>
BMd	794,72 (4,64)	2.022,15 (11,79)	823,66 (4,80)	1.478,36 (8,62)	<b>5.118,90</b> <b>(29,85)</b>
BMr	0,00 (0,00)	13,21 (0,08)	0,00 (0,00)	0,00 (0,00)	<b>13,21</b> <b>(0,08)</b>
C	260,86 (1,52)	194,18 (1,13)	82,05 (0,48)	35,77 (0,21)	<b>572,86</b> <b>(3,34)</b>
Cp	638,43 (3,72)	1.065,59 (6,22)	754,81 (4,40)	569,04 (3,32)	<b>3.027,87</b> <b>(17,66)</b>
M	63,22 (0,37)	194,24 (1,14)	119,42 (0,70)	132,55 (0,77)	<b>509,43</b> <b>(2,98)</b>
P	23,36 (0,14)	95,25 (0,55)	39,87 (0,23)	54,81 (0,32)	<b>213,29</b> <b>(1,24)</b>
PA	662,69 (3,87)	1.040,17 (6,07)	455,48 (2,65)	266,92 (1,55)	<b>2.425,26</b> <b>(14,14)</b>
Pp	1.495,63 (8,72)	1.509,49 (8,80)	536,40 (3,13)	323,67 (1,89)	<b>3.865,20</b> <b>(22,54)</b>
<b>Total (ha)</b> <b>(%)</b>	<b>4.354,39</b> <b>(25,40)</b>	<b>6.665,54</b> <b>(38,88)</b>	<b>3.085,63</b> <b>(17,98)</b>	<b>3.042,44</b> <b>(17,74)</b>	<b>17.148,00</b> <b>(100,00)</b>

El Gráfico 4.3 ilustra los valores porcentuales de los cuatro rangos de pendiente para cada tipo de vegetación y uso actual de la tierra de la cuenca en estudio.



**Gráfico 4.3.** Superficie de los tipos de vegetación y uso actual de la tierra para cada rango porcentual de pendiente.

A continuación se presentan algunas relaciones entre rangos de pendiente y usos de la tierra que ayudan a introducir el respectivo análisis de la Tabla 4.7 y el Gráfico 4.3.

#### Relaciones entre pendientes y usos de la tierra

Los pioneros en la investigación de la mecánica de la erosión hídrica reconocieron la importancia de la cobertura vegetal y el grado de la pendiente en el proceso erosivo, señalando a la cobertura vegetal como el factor más importante en la disminución de la pérdida de suelo (Smith y Wischmeier, citado por Vásquez, 1979).

Las pendientes < 12 % se consideran relativamente suaves, rango porcentual apto para el uso agrícola y donde la erosión es ligera.

Pendientes en el rango 12-30 % corresponden a superficies onduladas, con limitaciones para la agricultura y otras actividades y con problemas erosivos moderados.

Las pendientes entre 30 y 50 % son pendientes moderadamente escarpadas donde el uso agrícola es restringido debido a que presentan limitaciones desde el punto de vista agrícola; no es recomendable la mecanización de la capa arable del suelo porque se generan procesos erosivos irreversibles. Al aumentar la pendiente aumenta el escurrimiento, siendo por tanto mayor el desgaste de la superficie de los suelos y la erosión. Este rango indica problemas erosivos fuertes.

Valores superiores al  $> 50\%$  corresponden a pendientes escarpadas donde ocurren los principales procesos erosivos graves. Las áreas con estas pendientes son generalmente consideradas no aptas para ninguna actividad agrícola y ninguna otra actividad, excepto el uso forestal.

Considerando las relaciones entre los rangos de pendiente y los tipos de uso actual de la tierra de la cuenca en estudio y observando los resultados de la Tabla 4.7 y el Gráfico 4.3 se desprende que en los actuales momentos la cuenca media y alta del Río Mucujepe tiene conflictos de uso de la tierra, el más grave de ellos lo evidencia la presencia de 117,82 ha, que representan un 0,70 % de la superficie evaluada, de cultivos anuales en rangos de pendiente  $>30\%$ .

## **4.2. Fuentes actuales productoras de erosión de la cuenca media y alta del Río Mucujepe.**

### **4.2.1. Erosión actual.**

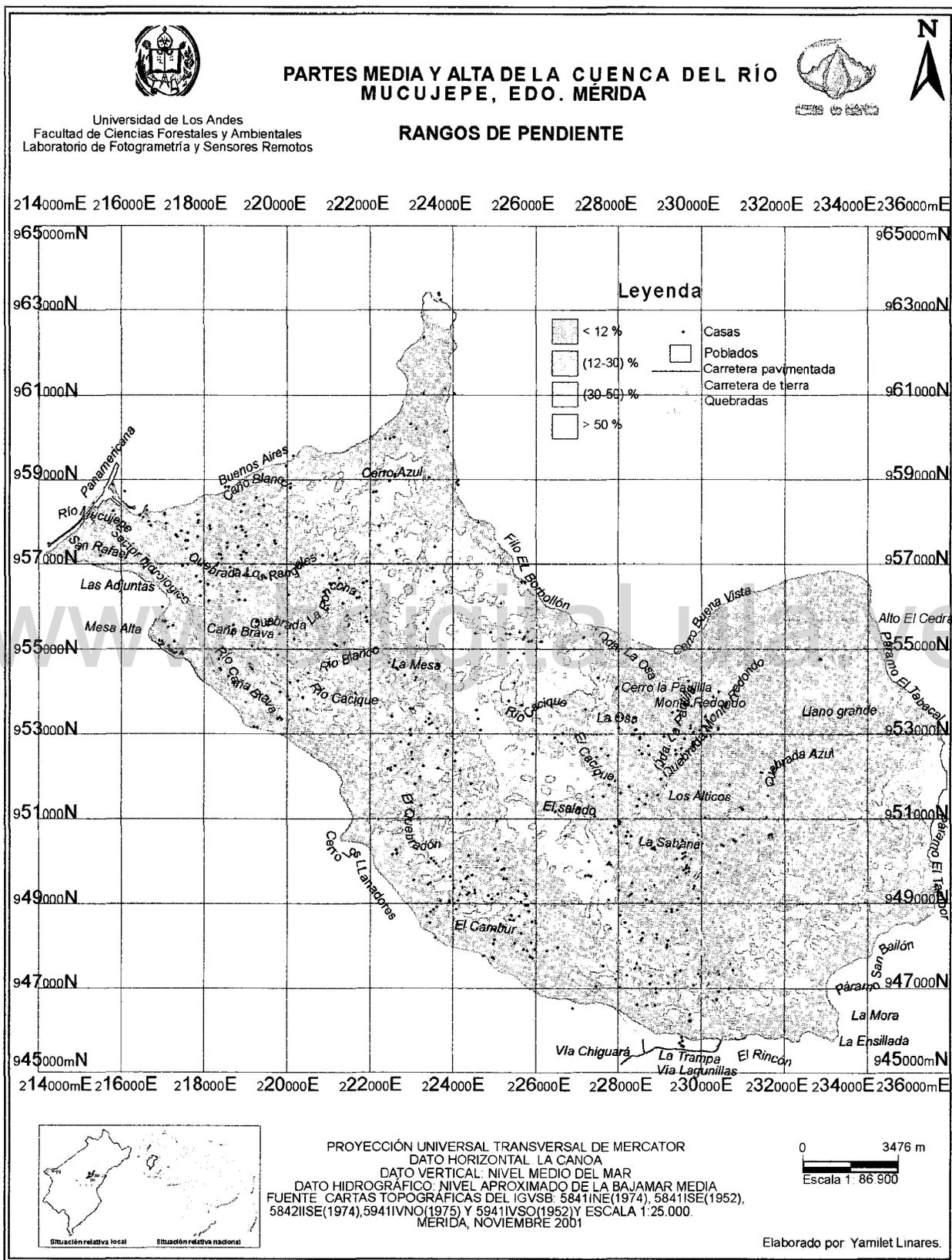
Mediante la superposición espacial de los tres productos cartográficos, indicados a continuación, se generó el mapa de erosión actual del año 2001, de las partes media y alta del Río Mucujepe:

- 1) El mapa de vegetación y uso actual de la tierra del Río Mucujepe (Figura 4.1).
- 2) El mapa de los cuatro rangos porcentuales de pendiente de la parte media y alta del Mucujepe (Figura 4.2).
- 3) El mapa de focos erosivos actuales de la parte media y alta del Mucujepe (Figura 4.3) que incluye áreas con focos erosivos detectados en las fotografías aéreas y chequeos de campo, ilustrados en color amarillo y áreas sin focos erosivos de color blanco. Las áreas con focos erosivos están localizadas en 434 ha, valor que representa el 3 % de un total de 17.148 ha consideradas. Las áreas sin presencia de focos erosivos abarcan 16.714 ha, es decir, el 97 % del restante evaluado.

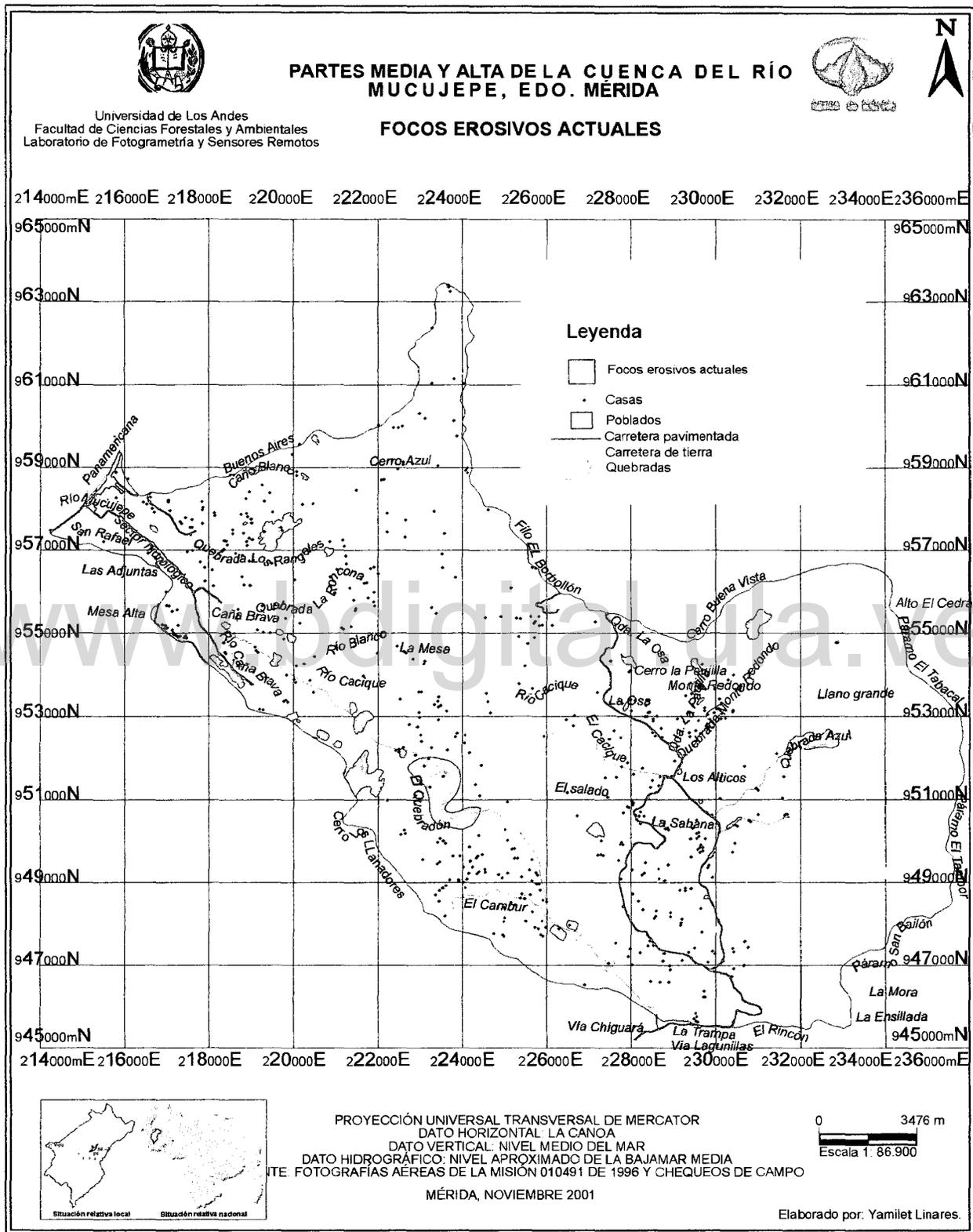
El mapa de erosión actual de la cuenca en estudio (Figura 4.4) contempla dos categorías, que son:

- 1 = Áreas de la cuenca sin erosión actual, representadas en la Figura 4.4 con color verde.
- 2 = Áreas de la cuenca con erosión actual, mostradas en la Figura 4.4 con color azul.

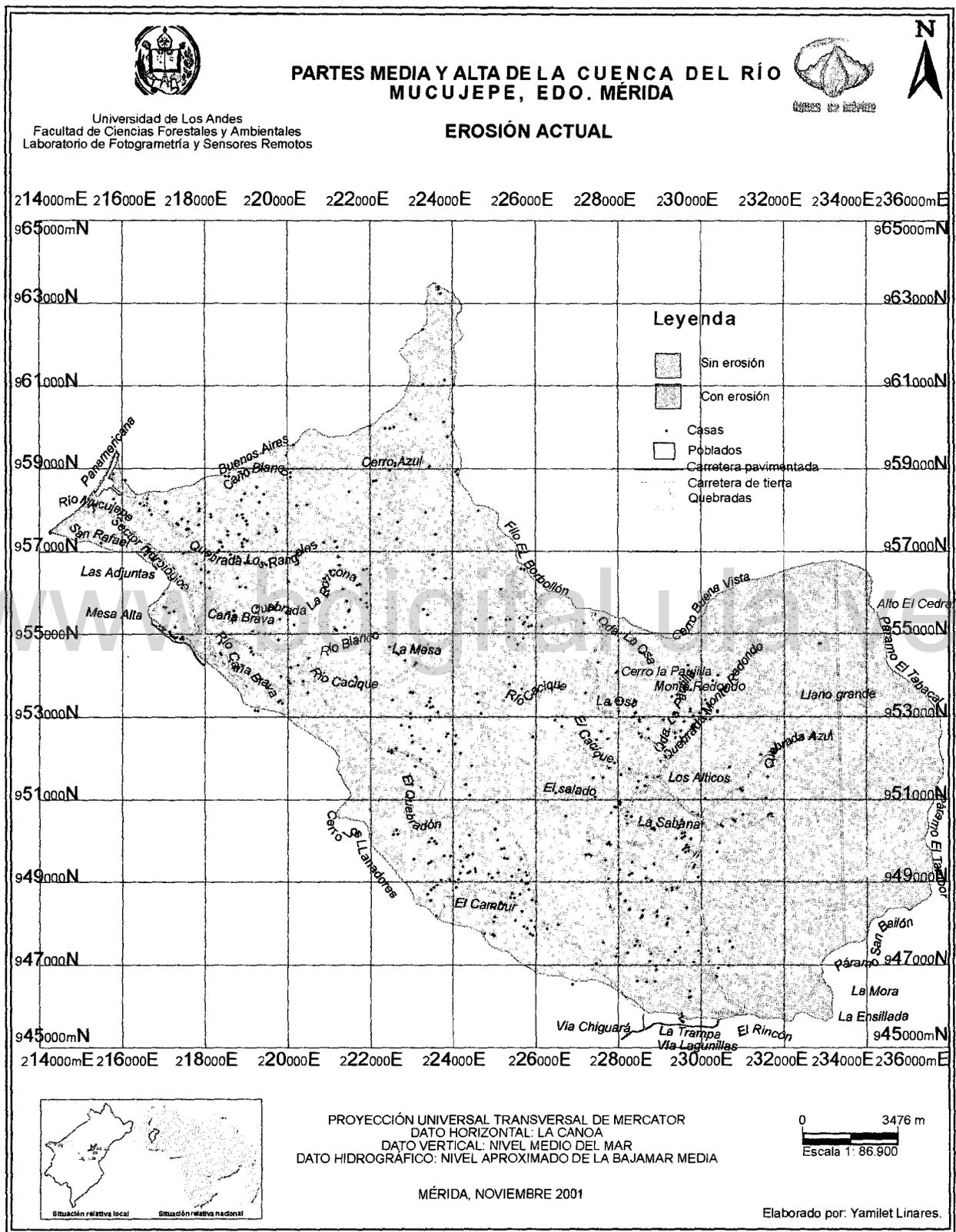
De los resultados de la Figura 4.4 se desprende que, las áreas con erosión actual, localizadas mayormente en la parte media la cuenca del Mucujepe y en menor proporción en la parte alta de la misma, cubren 1.858,85 ha, es decir, el 10,83 % del total de área evaluada, siendo por lo tanto la superficie restante de la misma, es decir, 15.289,15 ha (89,17 %) áreas sin erosión actual aparente. El valor de erosión actual determinado es importante porque indica la presencia del problema de la erosión actual en el área de estudio, el cual debe ser controlado a tiempo para evitar su ampliación actual y la manifestación potencial.



**Figura 4.2.** Mapa de los cuatro rangos porcentuales de pendiente de las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

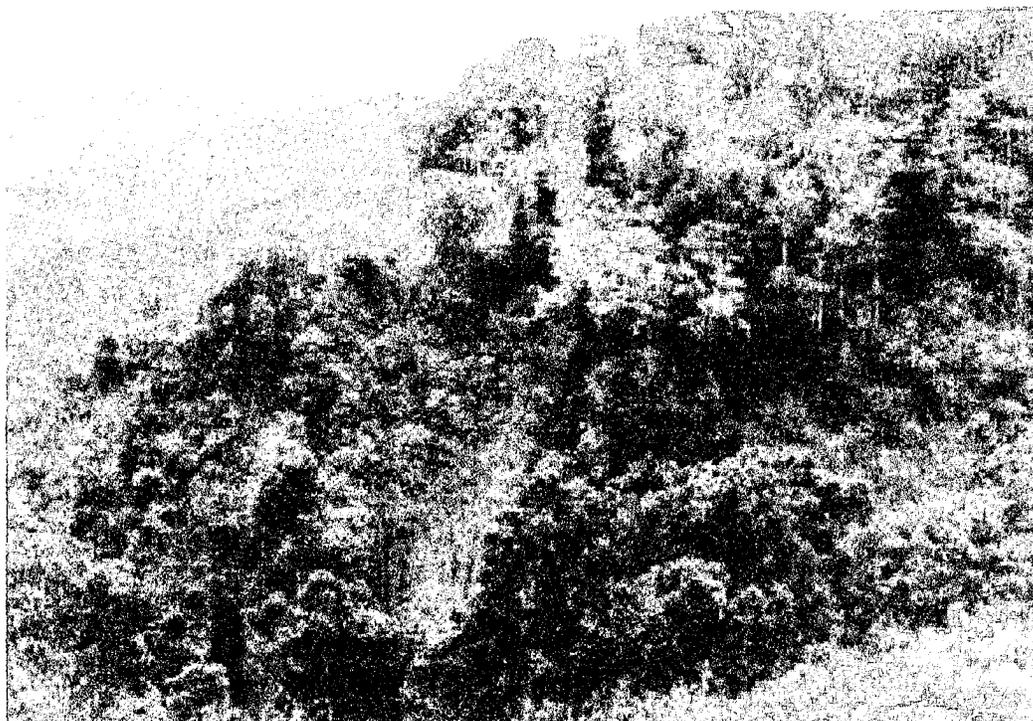


**Figura 4.3.** Focos erosivos actuales detectados en campo y complementados con fotografías aéreas en las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.



**Figura 4.4.** Erosión actual, detectada e inferida, en las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

La Fotografía 4.13 indica áreas afectadas por erosión actual en la subcuenca Caña Brava.

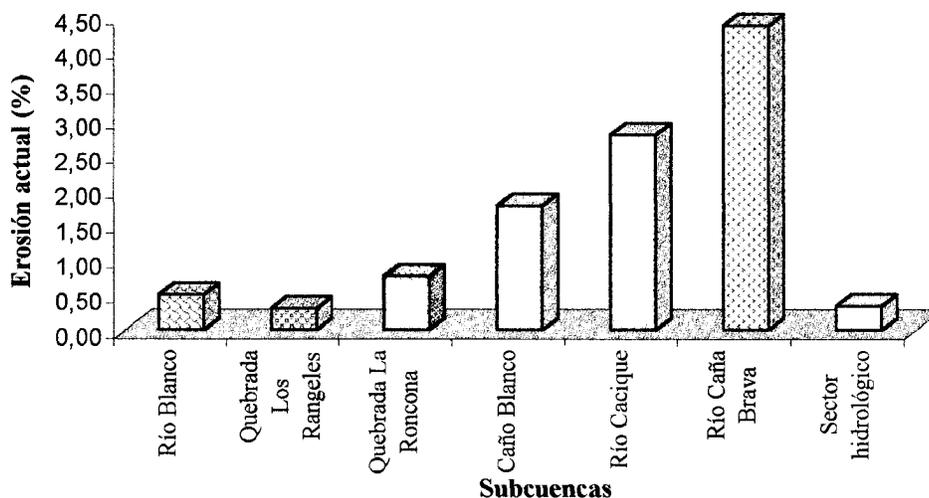


**Fotografía 4.13.** Erosión actual en un área cercana a los 400 msnm en la subcuenca Caña Brava, parte media de la cuenca del Río Mucujepe.

La Tabla 4.8 indica la superficie, en hectáreas y en %, afectada por erosión actual en las subcuencas del Río Mucujepe y el Gráfico 4.4 ilustra los porcentajes de erosión actual presentes en las mismas.

**Tabla 4.8.** Superficies absolutas, en ha, y relativas, en %, de áreas con erosión actual por subcuencas, partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

<b>Erosión actual</b>	<b>Superficie sin erosión actual, ha, (%)</b>	<b>Superficie con erosión actual, ha, (%)</b>	<b>Total, ha, (%)</b>
<b>Subcuencas</b>			
Río Blanco	640,95 (3,74)	86,18 (0,50)	727,13 (4,24)
Quebrada Los Ranges	538,90 (3,14)	52,33 (0,31)	591,23 (3,45)
Quebrada La Roncona	440,33 (2,57)	130,96 (0,76)	571,29 (3,33)
Caño Blanco	1.430,13 (8,34)	304,84 (1,77)	1.734,97 (10,11)
Río Cacique	5.348,52 (31,19)	479,60 (2,80)	5.828,12 (33,99)
Río Caña Brava	6.016,52 (35,09)	746,33 (4,35)	6.762,85 (39,44)
Sector hidrológico	873,80 (5,10)	58,61 (0,34)	932,41 (5,44)
<b>Total, ha, (%)</b>	<b>15.289,15 (89,17)</b>	<b>1.858,85 (10,83)</b>	<b>17.148,00 (100,00)</b>



**Gráfico 4.4.** Superficies porcentuales de erosión actual por subcuencas, partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe.

Según los resultados de la Tabla 4.8 e ilustrados en el Gráfico 4.4, la subcuenca del Río Caña Brava presenta la mayor erosión actual, la cual con una superficie total de 6.762,85 ha, tiene un 4,35 %, es decir, 746,33 ha con problemas de erosión actual. Le sigue la subcuenca Cacique con 5.828,12 ha, de las cuales 479,60 ha (2,80 % del área de la subcuenca) presentan problemas de erosión actual. La subcuenca Caño Blanco ocupa el tercer lugar con 1.734,97 ha, de las cuales 304,84 ha, lo que en porcentaje representan un 1,77 % del área de la subcuenca, tienen erosión actual.

La superficie con erosión actual en Caña Brava (4,35 %) y Cacique (2,80 %) indica que la superficie erosionada en Caña Brava es 1,55 % veces más respecto a Cacique. Lo que se explica por la presencia en Cacique de mayor superficie de bosque natural (18,51 %) que en Caña Brava (12 %), existiendo una relación porcentual desde el punto de vista de protección vegetal del 6,51 veces más en Cacique que en Caña Brava. Además, en la subcuenca Caña Brava existen más caseríos y vialidad que en la subcuenca Cacique, siendo esta última de difícil accesibilidad en muchos de sus sectores.

Las cifras de presencia de erosión actual por subcuencas, de las partes media y alta del Río Mucujepe, son importantes puesto que sirven de elementos de comparación entre subcuencas e indican las áreas donde el fenómeno de erosión actual es más intenso, lo que implicaría restaurarlas prioritariamente.

#### **4.2.2. Comparación de la bondad de los resultados logrados con el modelo matemático de erosión actual.**

Para analizar la validez de la información aportada por el modelo matemático de erosión actual desarrollado en Mucujepe por subcuencas, se utilizaron valores de sedimentos y datos de turbidez, ambas variables medidas en las dos subcuencas principales del área de estudio, Cacique y Caña Brava. Con estos valores se determinó cual subcuenca ha sido la más afectada desde el punto de vista de erosión y producción de sedimentos.

Esta manera de validar el modelo de erosión actual desarrollado e implementado en esta investigación, fue necesaria ya que se carece de datos actuales y suficientes de sedimentos y de turbidez, u otras variables, con las que se hubiese podido establecer comprobaciones de la información generada por el modelo utilizado en el área estudiada.

#### **4.2.2.1. Los Sedimentos.**

*- Validación del modelo de erosión actual con datos de sedimentos.*

La comprobación del modelo matemático de erosión actual ha sido hecha considerando los datos de concentración porcentual de sedimentos tomados en los años de 1989 y 1990, en dos puntos de la cuenca media del Río Mucujepe (Cacique y Caña Brava, ambos antes de la confluencia con el Río Mucujepe). El Anexo 6 indica los valores de las muestras de concentraciones porcentuales de sedimento tomadas en los dos diques de la cuenca del Río Mucujepe: Caña Brava y Cacique.

En el período semestral estudiado (09/11/1989-27/04/1990) se observan dos grandes picos de concentración de sedimentos, el primero en fecha 15/11/89, donde la subcuenca Caña Brava tuvo un porcentaje de sedimentos de 0,043 %, mayor que Cacique con 0,007 %. El segundo pico detectado fue el 12/12/1989 donde en Caña Brava fue 0,23 % de sedimentos (máximo valor medido en el período estudiado) y en Cacique 0,13 %. El tercer pico fue el 27/03/1990 cuando en Caña Brava se registró 0,05 % de sedimentos y en Cacique 0,008 %. Este pico en orden de magnitud durante el período evaluado representa el segundo en importancia.

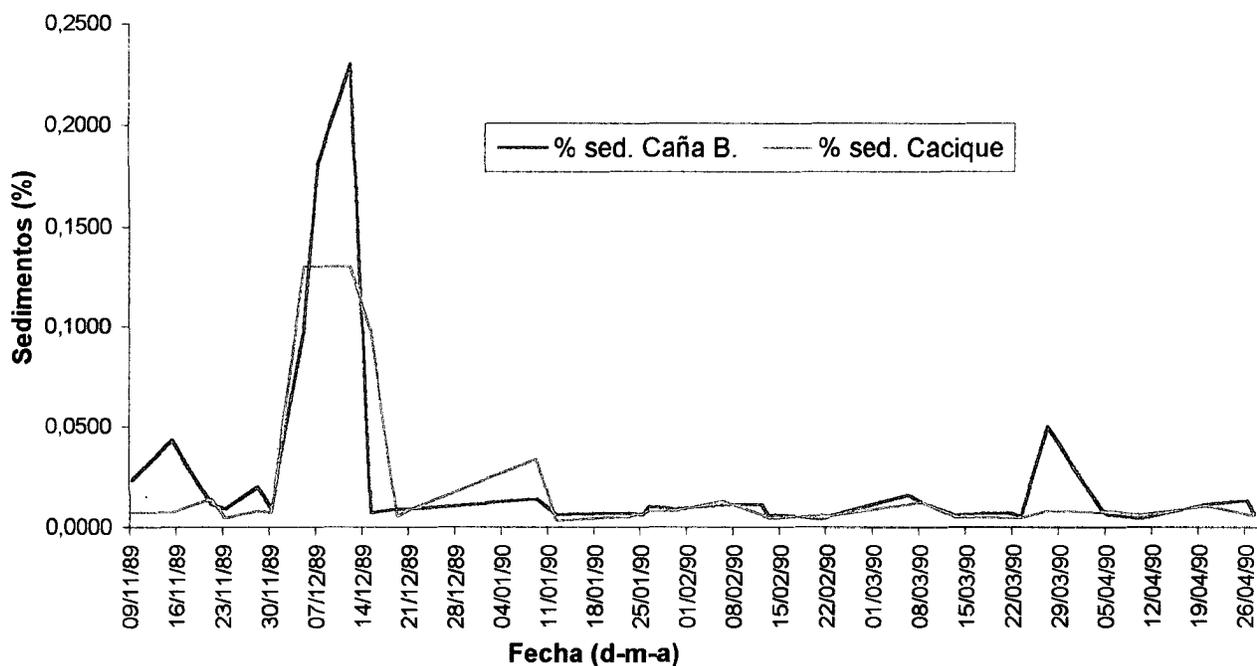
El promedio, para el período considerado, de concentraciones porcentuales de sedimento en Caña Brava fue de 0,025 % y el de Cacique 0,020 %.

Estableciendo una diferencia entre ambos valores porcentuales de sedimentos de ambas subcuencas, se obtuvo un índice relativo de comparación de sedimentos ( $I_s$ ) entre Caña Brava (C.B.) y Cacique (C.), para el período comprendido entre 09/11/89 y 27/04/90, que se indica a continuación:

$$I_s = 0,025 \% \text{ C.B.} - 0,020 \% \text{ C.} = 0,005 \%$$

Este valor indica que la subcuenca Caña Brava produjo 0,005 veces más sedimentos que la subcuenca Cacique, según los datos de sedimentos medidos para ese período.

El Gráfico 4.5 ilustra las concentraciones porcentuales de sedimentos en las subcuencas Caña Brava y Cacique de la cuenca media y alta del Río Mucujepe.



**Gráfico 4.5.** Concentraciones porcentuales de sedimento comparativo entre Caña Brava y Cacique.

*- Mediciones de los sedimentos.*

La información de sedimentos medidos es de gran importancia cuando se quiere profundizar en el conocimiento sobre el estado de deterioro en que se encuentra una determinada cuenca hidrográfica. Este estado de deterioro está en función, entre otras cosas, del aporte de sedimentos, producto de la erosión, en los distintos sectores de la cuenca o subcuenca (CIDIAT, 1984).

Parte o todo el suelo erosionado puede alcanzar los cauces principales y convertirse en sedimentos y acarreos.

El *rendimiento de sedimentos* se define como el aporte de sedimentos por unidad de área de drenaje de una cuenca y en un intervalo de tiempo dado. Generalmente de expresa en  $\text{ton/año/km}^2$  (MOP, 1970).

Desafortunadamente en Venezuela no se cuenta con suficientes estaciones medidoras de sedimentos, que permitan establecer las pérdidas de suelo por erosión. No obstante, se ha creído conveniente incluir este parámetro puesto que da elementos de juicio a la hora de establecer una comparación entre las dos subcuencas productoras de erosión y sedimentación más importantes del Río Mucujepé, como son Caña Brava y Cacique. Es importante destacar que las estaciones medidoras de sedimentos están dentro del perímetro de estas subcuencas.

En la cuenca del Río Mucujepé se efectuaron mediciones de sedimentos en los años 1989 y 1990 en los ríos Cacique y Caña Brava, los cuales dan una idea del volumen de sedimentos presentes en los mismos.

- *Características de los sedimentos (Solsona 1990a).*

Solsona (1990a) señala un estudio de muestras de sedimentos en suspensión, tomadas por el antiguo Ministerio de Obras Públicas (MOP), Región Hidrográfica N° 1, oficina de El Vigía y obtenidas de la Estación Los Naranjos, cuyos años de registro son: 1973, 74, 75 y 77. En esos datos se pudo observar la tendencia al aumento de la concentración de sedimentos del área evaluada, siendo el año 1977 el que presenta la mayor concentración con relación a los demás años en estudio.

Solsona (1990a) para realizar las granulometrías de los sedimentos de suspensión y de fondo escoge secciones en tres cursos de agua: Cacique, Caña Brava y Mucujepe y toma dos muestras por cada curso de agua. Los resultados indican que ambas muestras de cada sección tienen un peso específico de 2,75 g/cm<sup>3</sup> y presentan la misma distribución granulométrica.

1.- La distribución de los granos por tamaños para sedimentos de fondo es la siguiente:

Cacique. Las gravas (representan el 63,67 %) presentan diámetros de 0,5 a 6,0 cm.  
 Las arenas (36,19 %) presentan mayormente diámetros de 1,1 mm (tipo medio).  
 El material fino (0,14 %) tiene diámetros menores a 0,074 mm.

Caña Brava. Las gravas (representan el 73,58 %) tienen diámetros de 0,5 a 8 cm.  
 Las arenas (25,67 %) presentan diámetros en su mayor parte de 1 mm (de tipo medio).  
 El material fino es despreciable (0,75 %).

Mucujepe (Después de la confluencia). Las gravas (85,45 %) tienen diámetros de 0,5 a 8 cm.  
 Las arenas (14,47 %) son mayormente de tipo grueso.  
 El material fino es despreciable (0,08 %).

2.- La distribución de los granos, por tamaños de sedimentos en suspensión, es la siguiente, basada en varias muestras tomadas en las secciones antes indicadas para realizar la granulometría:

Arena (2-0,05 mm)	2-1 mm	Muy gruesa	1,97 %
	1-0,5 mm	Gruesa	8,78 %
	0,5-0,25 mm	Media	9,44 %
	0,25-0,10 mm	Fina	21,09 %
	0,10-0,05 mm	Muy fina	20,55 %
			61,83 %
Limo (0,05-0,002 mm)			35,77 %
Arcilla (< 0,002 mm)			2,40 %
			100,00 %

*- Estimación del volumen total de acarreo anual de sedimentos.*

Para estimar el transporte de sedimentos es recomendable contar con un mínimo de 10 años de registros de sedimentos en los tres cursos de agua en cuestión. Debido a no contar con esta información Solsona (1990a) recurrió a procedimientos que permitieron estimar los aportes de sedimentos basándose en criterios comparativos y experiencias previas. Estimó así el volumen de acarreo anual tanto para sedimentos en suspensión como de fondo.

Para calcular el volumen de sedimentos en suspensión se escogió el muestreo realizado por el MOP en la Estación Los Naranjos como período de registro confiable y se utilizó el método Curva de Duración de Gastos basado éste en la Curva de Duración y en la de sedimentación. Se tomó la Curva de Duración para la estación Los Naranjos elaborada por la empresa EPICA en 1977 para el período 01/01/73 al 31/12/73 y se elaboró la Curva de Sedimentación con los datos antes señalados, en la cual se pudo observar que al graficar el período 73, 74, 75 y, separadamente el año, 77, los valores iguales de gasto presentaron un mayor acarreo de sedimentos para el año 77, indicativo probablemente de una mayor intervención antrópica en la cuenca del Río Mucujepe para este último año evaluado o que haya sido un año húmedo. El volumen de acarreo en suspensión (Vs) fue de 138.789,4 m<sup>3</sup>/año.

La estimación del volumen de acarreo de sedimentos de fondo se hizo más difícil por no contar con ningún tipo de registro. El procedimiento consistió en aplicar diversas fórmulas; siendo la fórmula sugerida la de Meyer, Peter y Muller. Es importante señalar que Solsona (1990a) para esta estimación consideró la sumatoria de los aportes del Cacique más Caña Brava. La estimación del volumen de acarreo de fondo (Vf) fue de 101.253,0 m<sup>3</sup>/año.

El volumen total de acarreo anual fue de 240.042,4 m<sup>3</sup>/año (138.789,4 + 101.253,0 m<sup>3</sup>/año).

Calculando el aporte de sedimento, en m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año, para la parte media y alta de la cuenca del Río Mucujepe con datos de 1990, dividiendo el volumen total de acarreo anual (240.042,4 m<sup>3</sup>/año) entre la superficie evaluada de las partes media y alta de la cuenca del Río Mucujepe (171,48 km<sup>2</sup>), se obtuvo 1.399,83 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año de acarreo anual. Valor que indica, según la clasificación de la Tabla 4.9, que el área de estudio para 1990 tuvo un aporte de sedimentos anual alto, por presentar una cifra comprendida entre el rango 1.000-2.000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año.

En la Tabla 4.9 se indican unos rangos de aporte de sedimento en una determinada cuenca hidrográfica y la calificación dados a los mismos.

**Tabla 4.9.** Aportes de sedimentos de una cuenca (CIDIAT, 1984).

<b>Aportes de sedimentos (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año)</b>	<b>Calificación</b>
0-100	Insignificante
100-200	Muy bajo
200-500	Bajo
500-1.000	Mediano
1.000-2.000	Alto
> 2.000	Muy alto

*- Análisis de los datos de sedimentos diarios según Solsona (1990a) con los de precipitación.*

Al comparar los datos de sedimentos diarios aportados por Caña Brava y Cacique con los datos diarios de precipitación en la Estación Climatológica Mucujepe, estación donde confluyen ambas subcuencas, se puede inferir el comportamiento hidrológico de la cuenca del Mucujepe con una mejor perspectiva. El Gráfico 4.6 muestra la precipitación diaria correspondiente a 1989 y 1990, años que cuentan con registros de sedimentos.

Tomando en consideración los primeros días de cada mes del año 1989, septiembre es el mes que presenta la mayor cantidad de lluvia respecto de los demás, como lo indica el Gráfico 4.6.

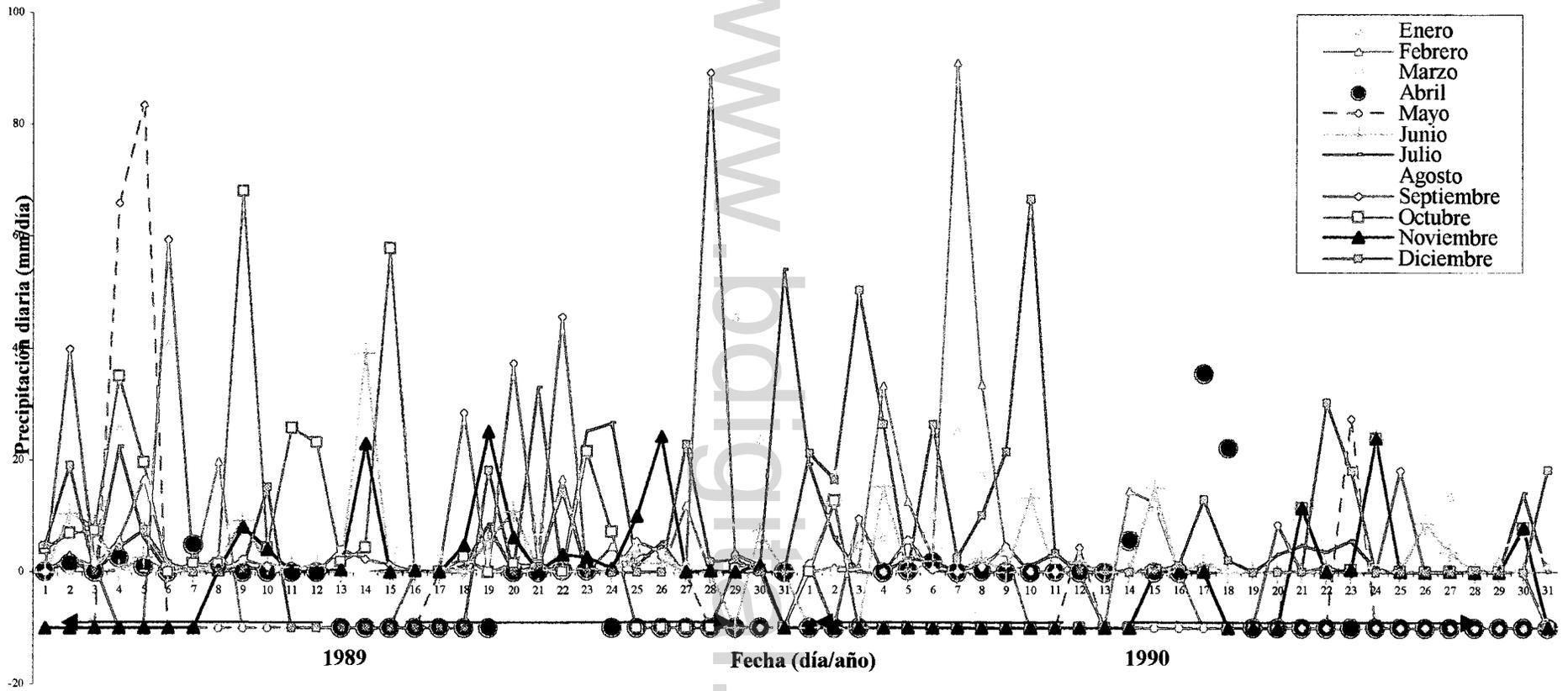
Durante el año 1989, septiembre, octubre y mayo fueron los meses que presentaron la mayor cantidad de lluvia en mm en la estación climatológica Mucujepe, como se refleja en el gráfico de precipitación diaria de la misma.

Durante el año 1990, febrero, diciembre y abril fueron los meses con mayores cantidades de precipitación mensual.

El 05 de mayo de 1989 en la Estación Climatológica Mucujepe se registró el mayor valor de precipitación diaria de todo ese año. Octubre presentó dos picos diarios en 1989, el primer pico el día 9 de octubre de 1989 y el segundo el 15 de octubre de ese año.

Para 1990 en la estación de Mucujepe el día 7 de febrero se produjo, según los datos obtenidos para 1990, la mayor cantidad de lluvia acontecida con 91,1 mm/día; seguido del 10 de diciembre con 66,7 mm/día, luego el 17 de abril con 35,5 mm/día.

En el Anexo 3 se presentan los valores diarios de precipitación en mm para la Estación Mucujepe. El Anexo 6 muestra las concentraciones porcentuales de sedimentos para los diques de las subcuencas Caña Brava y Cacique.



- Los datos faltantes para cada día/mes están representados por debajo de cero.

**Gráfico 4.6.** Valores diarios de precipitación en mm, correspondiente a 1989 y 1990, de la Estación Climatológica Mucujepe.