

Universidad de los Andes  
Facultad de Ciencias  
Departamento de Física



# **Proposición de escenarios de amenazas naturales presentes en el sector La Pedregosa, sub-sector Los Saraches.**

**Br. Adriana María Pérez Carabali**

**Tutor: MSc. Jaime Laffaille**

**Co-Tutor: MSc. Jorge Carrero**

Laboratorio de Geofísica, Departamento de Física,  
Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes,  
Mérida 5101, Venezuela

Junio 2008  
Mérida - Venezuela

## Resumen

Se elaboraron los escenarios de amenazas y vulnerabilidad que presenta la Pedregosa Alta específicamente el sector Los Saraches. Lo primero que se realizó fue la caracterización de las amenazas presentes; utilizando métodos de:

1. Fotointerpretación geológico-geomorfológica a escala regional y escala detallada.
2. Análisis de las cuencas de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa (El sector Los Saraches se encuentra ubicado dentro de las mismas).
3. Construcción de mecanismo focal compuestos utilizando eventos registrados en el sector y sus adyacencias con magnitud superior a 2.5 en la escala de Richter desde 1990 hasta la actualidad.

Luego de tener caracterizadas las amenazas del sector, se realizó una evaluación visual de las edificaciones presentes en la zona para determinar su vulnerabilidad y nivel de desempeño al momento de presentarse un sismo de magnitud 6.0 en la escala de Richter. Allí se pudo determinar la existencia de edificaciones de baja vulnerabilidad sísmica y alta vulnerabilidad hídrica

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1. <b>Planteamiento del problema.</b>	4
1.2. <b>Justificación.</b>	4
1.3. <b>Objetivos</b>	5
1.3.1. Objetivo General	5
1.3.2. Objetivos Específicos	5
1.4. <b>Generalidades de la zona de estudio</b>	5
1.4.1. Rasgos fisiográficos y geomorfológicos de los andes venezolanos	5
1.4.2. Rasgos geomorfológicos de La Pedregosa	6
1.4.3. Geología	7
1.4.4. Hidrología	10
1.4.5. Clima	10
<b>2. FOTOGEOLOGÍA</b>	<b>13</b>
2.1. <b>DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOGEOLOGÍA.</b>	13
2.1.1. Definición y objetivo de la fotogeología.	13
2.1.2. Limitaciones y ventajas de la fotogeología.	14
2.2. <b>ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO DEL RELIEVE.</b>	15
2.2.1. Estudio bibliográfico:	15
2.2.2. Rutina fotogeológica:	15
2.2.3. Estudio del Tono y Vegetación en las fotografías aéreas.	17
2.2.4. Análisis geomorfológico:	19
2.3. <b>ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.</b>	25
2.3.1. Análisis Estructural.	25
2.3.2. Estudio Fotogeológico de la Fracturación.	28
2.3.3. Estudio de las fallas:	30
2.3.4. Fallas de Gravedad. Su reconocimiento en Fotogeología:	30
2.3.5. Modificación de las estructuras sedimentarias por las fallas de gravedad:	31
2.3.6. Criterios para el reconocimiento de fallas:	32
2.3.7. Grado de evidencia de las fallas observadas:	32
2.3.8. Discordancias:	33
2.4. <b>ESTUDIO DE LOS DEPOSITOS FLUVIALES:</b>	33
2.4.1. Generalidades:	33
2.4.2. Aluviones:	34
2.4.3. Terrazas fluviales:	35
2.4.4. Cono de deyección:	35

2.4.5.	Coluviones: . . . . .	36
2.4.6.	Depósitos diluviales: . . . . .	37
2.5.	<b>ESTUDIO DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS:</b> . . . . .	37
2.5.1.	Generalidades: . . . . .	37
2.5.2.	Las arcillas: . . . . .	37
2.5.3.	Las arenas: . . . . .	40
2.5.4.	Las areniscas: . . . . .	42
2.5.5.	Los conglomerados: . . . . .	44
2.6.	<b>ESTUDIO DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS:</b> . . . . .	46
2.6.1.	Generalidades: . . . . .	46
2.6.2.	Características fotogeológicas de la rocas metamórficas: . . . . .	46
2.6.3.	Las Pizarras: . . . . .	47
2.6.4.	Los esquistos: . . . . .	49
2.6.5.	Drenaje: . . . . .	50
2.6.6.	Los Neises: . . . . .	51
3.	<b>AMENAZAS NATURALES. Caracterización.</b>	<b>55</b>
3.1.	Búsqueda de material bibliográfico (general y especializada): . . . . .	56
3.2.	Recopilación de fotografías aéreas: . . . . .	56
3.3.	Búsqueda de material cartográfico: . . . . .	57
3.4.	Fotointerpretación Pre- campo. . . . .	57
3.4.1.	Escala Regional . . . . .	58
3.4.2.	Escala Detallada . . . . .	59
3.4.3.	Escala Puntual . . . . .	59
3.5.	Fotointerpretación Post-campo. . . . .	63
3.5.1.	Escala Regional . . . . .	63
3.5.2.	Escala Puntual . . . . .	68
3.6.	Traslado de la información de las fotografías aéreas al mapa topográfico. . . . .	83
3.7.	Estudio de la cuenca de las quebradas La pedregosa y La Resbalosa. . . . .	83
3.7.1.	Aspectos generales de la cuenca: . . . . .	84
3.7.2.	Aspectos Hidrológicos: . . . . .	84
3.7.3.	Aspectos geomorfológicos: . . . . .	93
3.7.4.	Aspectos geológicos: . . . . .	94
3.8.	Precipitación . . . . .	96
3.9.	Estudio de la sismología de la pedregosa y sus alrededores: . . . . .	99
3.9.1.	Falla La Hechicera: . . . . .	99
3.10.	Mecanismos focales . . . . .	101
3.11.	Estimación de vulnerabilidad. . . . .	108
4.	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>115</b>

# Capítulo 1

## Introducción

El término amenaza natural se refiere a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geomorfológicos y geológicos que debido a su localización, severidad y frecuencia, tienen el potencial para afectar a los seres humanos, las obras de ingeniería y sus actividades. El calificativo natural elimina los fenómenos de amenaza causados directamente por el hombre, tales como guerra, polución, contaminación química, etc.

A pesar de que los humanos poco podemos hacer para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales, tenemos un importante rol que jugar en la prevención de estos eventos naturales, para que no se conviertan en desastres por nuestras propias acciones. Al respecto es importante entender que las intervenciones del hombre pueden incrementar la frecuencia y severidad de las amenazas naturales, e incluso generarlas en lugares donde no se han registrado anteriormente.

Según el *Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, (1995)* desde 1960 los terremotos, huracanes, inundaciones, sequías, desertificación y deslizamientos de tierra, en la región latinoamericana y del Caribe, han causado la muerte de 180.000 personas, han afectado la vida de 100 millones más y han causado más de 54 mil millones de dólares en daños a la propiedad.

Para el *La Comisión Estatal de Ordenación del Territorio CEOT, (2005)* el monto de la destrucción aumenta década tras década, y todo esto debido a que muchas áreas urbanas estas construidas en zonas propensas a desastres, tres razones de esto son:

- Las ciudades se fundaron en sitios peligrosos porque en la época de su fundación las ventajas del sitio valían más que los riesgos o no se conocían.
- El desarrollo de las ciudades no estaba regido por una cultura de la prevención de desastres.
- Las ciudades traspasaron lo que originalmente fueron sitios relativamente seguros. La situación ambiental de las ciudades está directamente relacionada con los problemas que conlleva el acelerado proceso de urbanización.

Por esta razón se hace necesario catalogar y conocer las amenazas naturales a las que estamos expuestos, entre ellas están los movimientos de masa, crecidas de quebradas y sismicidad.

Claramente, este conjunto de amenazas se interrelacionan, en el sentido de que una de ellas tiene o puede tener relación con otras, por ejemplo: Las **crecidas** que son eventos recurrentes que se producen en las

corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas, que al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, se desbordan y producen **inundaciones** en los terrenos relativamente planos que se encuentran aledaños a las riberas de ríos y quebradas. También tenemos el caso en el que un **sismo** el cual es causado por movimientos bruscos que se producen entre fragmentos de la corteza terrestre y que desprenden grandes cantidades de energía, puede generar **movimientos de masa** que son desplazamientos de la roca y del material no consolidado por una pendiente, en respuesta a la atracción de la gravedad.

Según *Manzanilla, (2005)* el Norte de Venezuela es parte del límite entre las placas Caribe y América del Sur. La zona de contacto de estas dos placas tectónicas ha generado un sistema de fallas principales activas del tipo transcurrente dextral a lo largo de un cinturón de aproximadamente 500 Km. definido por los sistemas montañosos de los andes venezolanos, la cordillera central y oriental, denominado sistema de fallas de Oca-Ancón-Boconó-San Sebastián-El Pilar. Mérida es una ciudad que por su ubicación se encuentra profundamente fallada, observándose, a parte de la falla de Boconó, otras fallas menores, no siendo la única amenaza a la que se encuentra sometida, al igual que el resto de la región andina, es afectada por varios riesgos naturales, y en las publicaciones científicas es catalogada como uno de los territorios con mayor número de amenazas. Ellas son identificables, y existen medidas de mitigación efectivas, y los beneficios de la reducción de vulnerabilidad pueden ser mucho mayores que los costos. Aún más, la experiencia demuestra que el impacto de los peligros naturales se puede reducir.

### 1.1. Planteamiento del problema.

Los problemas y daños que ocasionan los sismos y las crecidas de los ríos y quebradas en sectores poblados son numerosos, especialmente donde la población no se encuentra preparada para este tipo de desastres. Mérida, es una ciudad donde la población se ha distribuido de forma desigual, esta distribución y concentración de población en zonas inestables conlleva a aumentar la vulnerabilidad ante los eventos naturales.

La solución a este problema es la planificación. A través de los años se han realizado algunos proyectos con miras a proponer una respuesta al problema que se adapte a las necesidades de la zona, pero sin buenos resultados ya que estos no han sido aplicados.

Debido a esto es que se hace necesario el estudio de la sismología y áreas de deslaves de las quebradas, para de este modo buscar minimizar los efectos y consecuencias que dejan estos eventos en la zona. La finalidad de esta propuesta es que la población esté prevenida al momento de suceder un evento, ya sea un sismo o una crecida de quebrada.

### 1.2. Justificación.

Como ya hemos experimentado en años anteriores Venezuela ha presentado numerosos desastres naturales, entre los cuales cabe destacar, el ocurrido en el estado Vargas en Diciembre de 1999, donde las lluvias ocasionaron crecidas en los ríos, deslizamientos y transporte de material; otro evento fue el ocurrido en el valle del río Mocotíes en Febrero del 2005, donde debido a las intensas lluvias sobre el valle, muchas poblaciones asentadas sobre los abanicos aluviales se vieron afectadas.

Estos son solo los más recientes, pero así como han estos sucesos han ocurrido otros en numerosas ocasiones, y en diferentes lugares en el país.

En Mérida no solo se han visto procesos hidrogeomorfológicos, también las comunidades de este estado han sido afectadas por eventos sísmicos, como es el caso del tan conocido "Gran Terremoto De los Andes", el 28 de Abril de 1894, de magnitud 7.0, el cual ocasionó destrozos en las poblaciones de Mérida, Santa Cruz de Mora, Zea, Tovar, Mesa Bolívar, Lagunillas, entre otras, hubo un total de 319 víctimas y numerosos heridos.

Peor todavía es el caso en el que se combinan varios procesos como pueden ser los sismológicos y los hidrogeomorfológicos, ya que como bien es sabido, cuando ocurren sismos de alta magnitud es muy probable que estos ocasionen deslizamientos y a su vez obturaciones de las quebradas, lo que agrava la situación. Cabe destacar que la mayoría de la población merideña se encuentra asentada en zonas con alto grado de peligrosidad, como son abanicos aluviales, planicies de inundación, coronas de deslizamientos, trazas de la falla de Boconó, etc. Es por esta razón que se ha creado una red de investigación para amenazas naturales, y se ha decidido empezar por varias cuencas como es la cuenca de la quebrada La Pedregosa y La Resbalosa. La población de La Pedregosa se encuentra asentada sobre el abanico aluvial depositado por las dos quebradas mencionadas anteriormente, y desde la década de los 80 se han registrado varias crecidas y sismos. Pero no solo es importante conocer los amenazas naturales de las que podemos ser víctimas, también es importante conocer la ubicación de las viviendas con respecto a estas amenazas, y el nivel de desempeño que pueden presentar ante estos eventos.

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

Proponer escenarios de amenazas naturales que presenta la planicie de la Pedregosa Alta específicamente el sector Los Saraches.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar amenazas naturales.
- Estudiar características de un sector urbano con miras a determinar su vulnerabilidad.

### 1.4. Generalidades de la zona de estudio

#### 1.4.1. Rasgos fisiográficos y geomorfológicos de los andes venezolanos

Para *González de Juana, (1980)* los Andes venezolanos también conocidos como cordillera de Mérida, comienzan al sureste en la depresión de Táchira y terminan al noreste en la depresión de Barquisimeto, con una longitud aproximada de 425 Km. y una anchura promedio de 80 Km., formando una efectiva divisoria de aguas entre la cuenca hidrográfica del Apure-Orinoco al sur y la del Lago de Maracaibo-Mar Caribe al norte. Geomorfológicamente esta sierra representa un levantamiento topográfico-tectónico cuya culminación se encuentra en la Sierra Nevada de Mérida. Esta culminación destaca topográficamente por la presencia del Pico Bolívar con 5.007 m de altitud, rodeado por seis gigantes mas, cuya altura varía entre 4.942 m (Pico Humboldt) y 4.654 m (El Toro); y geológicamente porque en ella afloran las formaciones más antiguas, de edad posiblemente pre-Cámbrica (+ 650 millones años). Al anticlinorio andino presenta en sus extremos

dos declives opuestos, donde se encuentran abundantes rocas mesozoicas (100-200 millones de aos).

Esta cordillera comienza propiamente en el páramo de Tamá (3.329 m) cerca de la frontera colombiana; en la depresión de Táchira promedian alturas de 1.000 m que ascienden a 3.000 m y 4.000 m en los páramos de El Zumbador y El Batallón. En este último páramo se inicia una profunda hendidura axial, geológicamente conectada con un sistema de fallas longitudinales y geográficamente marcada por los valles de los ríos Mocotíes y Chama, que se prolongan al noreste unos 170 Km. hasta el páramo de Mucuchíes y subdivide la cadena andina en dos cordilleras situadas respectivamente al noroeste y al sureste de la hendidura, que sólo vuelven a juntarse en el nudo de Mucuchíes. Gran parte, consiste en bloques levantados casi verticalmente con respecto a las cuencas adyacentes de Maracaibo y Barinas. A esta subprovincia fisiográfica pertenecen los dos declives andinos del noreste y suroeste; al cambiar en ellos los sistemas de fallas longitudinales a oblicuas y al desarrollarse mejor los anticlinorios característicos de los declives, las formas se hacen más redondeadas, los valles más amplios y laderas menos abrutadas, lo que unido al mayor contenido carbonatito de los suelos, proporcionado por las calizas cretácicas aflorantes, proporciona vegetación más exuberante y más grata.

Un accidente fisiográfico interesante son las terrazas formadas por los grandes ríos andinos, no sólo porque muchas de ellas son asientos de grandes ciudades como Valera, Mérida y otras poblaciones menores, sino porque el suelo de tales terrazas es terreno de cultivo, no sujeto a la grave erosión de las laderas. Bajo un punto de vista paisajista es también interesante contemplar la pincelada verde de los cañamelares de una terraza bien cultivada contra el fondo de aridez de una ladera erosionada. En el valle del Chama se encuentra la terraza de Mérida, cortada al sureste por el caño del Chama, en el cual se asienta la capital el estado y su aeropuerto. A niveles inferiores se encuentran las terrazas formadas por abanicos aluviales, originadas al pie de las antiguas laderas, otras proceden del represamiento de las aguas a las entradas de caones y presentan sedimentación lacustre.

#### 1.4.2. Rasgos geomorfológicos de La Pedregosa

Para *Ruiz, (2002)* la cuenca La Pedregosa está formada por dos unidades de paisajes bien definidos, consecuencia de su ubicación; estas son:

- Unidad de Vertiente.
- Unidad de fondo de Valle.

Estas se encuentran afectadas por procesos similares que ocurren en todo el paisaje montañoso, siendo la altitud y el relieve los principales factores que permiten tener formas geomorfológicas producto de la combinación fluvio-torrencial. La topografía del terreno (altitud y pendiente) ha permitido modificaciones climáticas que conllevan a determinar sucesiones de pisos climáticos donde se desarrollan procesos morfo-genéticos diferentes dentro de la cuenca. La pendiente definirá los procesos mecánicos, movimientos de masa y escurrimiento en un área.

La variabilidad climática, particularmente de la precipitación que se tiene en el área de estudio favorece el arrastre de sedimentos, lo que origina acumulaciones en el fondo del valle, debido a la dinámica propia de su formación y por su forma. La erosión que se origina en el área se debe a las condiciones del suelo, que por lo general son arcillosos provenientes de la Formación Palmarito, la cual es susceptible a la meteorización de sus materiales. El relieve que se presenta en el área, es de acumulaciones cuaternarias producto

de la competencia de los cursos de agua. Esto se puede comprobar en el cono terraza, donde la pendiente es menor y el drenaje tiene una acción suave en esta, lo que produce erosión muy débil, sin modificar el relieve y permitiendo establecer actividades humanas. Debe sealarse que la forma relieve, estructura erosión y acumulación, viene a ser de sumo interés en el estudio ya que estos factores determinan de manera directa o indirecta el evento de crecida.

Los procesos geomorfológicos tienen que ver con las crecidas debido a la orientación, longitud, forma de la vertiente, etc. Aunado a la vegetación le confiere una alta capacidad a los procesos erosivos, donde la escorrentía transporta sedimentos causando un aumento repentino en el caudal. En el área de estudio los procesos morfogénicos originados por factores naturales y factores antrópicos producen inestabilidad en las vertientes, que se da cuando las precipitaciones son fuertes y continuas, donde el arrastre del material a través del cauce aumenta los caudales líquidos con alto acarreo de detritos.

#### 1.4.3. Geología

En las cuencas de La Pedregosa se encuentra una variada litología, así como características estructurales asociadas a la falla de Boconó, donde se encuentran las siguientes formaciones:

- Acumulaciones Cuaternarias Q.
- Formación Mucujún (Terciario superior) Tmm.
- Formación Palmarito (Carbonífero Paleozoico Superior) Ppp.
- Formación Sierra Nevada (Precámbrico Superior) Peis.

#### Acumulaciones cuaternarias

En Ruiz, (2002) las acumulaciones cuaternarias constituyen fragmentos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas que provienen de las formaciones ubicadas en la cuenca alta, conformando la planicie que es el lugar de emplazamiento de las actividades humanas.

#### El Cenozoico en el occidente de Venezuela

Para González de Juana, (1980) "...a comienzos del Cenozoico, lo que hoy conocemos como territorio venezolano se encontraba en su totalidad sobre tierras recientemente emergidas, o sobre una nueva plataforma continental; al final de la era Venezuela había alcanzado su forma actual. Durante este lapso, de aproximadamente 65 millones de años de duración, tuvieron lugar significativos eventos. En la parte occidental del Lago de Maracaibo y en el flanco occidental de Los Andes Venezolanos se formaron grandes pantanos deltaicos alternando con planicies costeras, que se extendieron hacia el este y noreste en forma de plataforma de aguas bajas la cual, siguiendo una línea de flexión situada aproximadamente al este de la actual costa oriental del Lago de Maracaibo, se fue hundiendo más y más hacia el este hasta alcanzar profundidades de talud continental."

### Ciclo terciario superior

Según *González de Juana, (2002)*, "El ciclo Terciario superior comprende la sedimentación del Oligoceno, Mioceno y Plioceno. Durante todo el ciclo se registra pronunciada movilidad en la parte septentrional de Venezuela en forma de impulsos separados en el tiempo y en el espacio, entre los cuales se destacan la pulsación del Eoceno superior y el levantamiento vertical de la Cadena Andina."

Para *Castrillo, (2004)*, durante el Mioceno superior la Cordillera Oriental de Colombia, la Sierra de Perijá y los Andes de Mérida se levantan. Durante el Plioceno, la actividad tectónica continúa y se intensifica, la cadena andina adquiere entonces su morfología actual. La deformación es controlada por una tectónica de basamento. El sistema es caracterizado por un cabalgamiento del basamento con vergencia Nor-Oeste asociado a retro-cabalgamientos.

### Formación Mucujún

Según el *léxico de Pdysa*, tiene una edad de Terciario superior (Mio-Plioceno). La Formación está restringida geográficamente en la zona del valle de San Javier, ubicada al noreste de la ciudad de Mérida. Igual que la Formación San Javier, forma parte de un bloque Terciario fallado y preservado, en un graben rodeado de rocas más viejas precámbricas y paleozoicas. La secuencia aflora en ambos lados (norte y sur) del río Mucujún, tributario mayor del río Chama y cubre un área aproximadamente de 22  $Km^2$ . El límite este-noreste de la Formación, está en contacto discordante con la Formación San Javier, mientras que el límite noroeste, está en contacto fallado con la Formación Sierra Nevada. Los límites suroeste y sureste están fallados con la Formación Palmarito (Paleozoico superior) y el Granito del Carmen, respectivamente. En su área tipo, la Formación Mucujún está caracterizada por la naturaleza lenticular de las litofacies arenosas y lutaceas y un color moteado de las lutitas y lodolitas. La Formación consiste de dos unidades. La unidad inferior arcillosa, caracterizada por una alternancia de lodolitas moteadas muy gruesas (más de 20 m), y delgadas intercalaciones de limolitas lenticulares y raramente areniscas finas. El segundo tipo de arenisca es también lenticular, pero contiene guijarros dispersos en la base, y muestra una tendencia imperfecta de afinamiento hacia arriba. La unidad superior arenosa, además de tener las facies típicas de la unidad inferior, contiene abundantes depósitos de facies proximales al canal fluvial (arenisca conglomerática, arenisca delgada lenticular, limolita y lodolita). En la unidad superior arenosa se han observado, tanto tendencias de afinamiento, como de engrosamiento hacia arriba.

### El Paleozoico en Venezuela

Para *González de Juana, (1980)* "...la sedimentación paleozoica en Venezuela tiene lugar entre dos períodos de orogénesis, el primero ocurrió al final del Pre-Cámbrico (+ 600 m.a.) y el último al final del Pérmico comienzo del Triásico (+ 250 m.a.). Entre ambos episodios se registra otro período de orogénesis datado aproximadamente en + 475 m.a. en el flanco sur-andino. Cada uno de estos períodos modificó tanto el carácter como la distribución de los sedimentos."

### El Paleozoico Andino

Según *González de Juana, (1980)* "...es evidente que la distribución espacial actual de las diferentes unidades que integran el Paleozoico andino es el resultado de los diferentes eventos orogénicos y principalmente el reflejo de la neotectónica. Por ese motivo se encuentran en concomitancia facies sedimentarias,

metamórficas y/o estilos tectónicos que son difíciles de explicar, a menos que se puedan reconstruir en el espacio de las unidades litológicas y en el tiempo las diferentes unidades tectónicas superpuestas y relacionar cada evento con su paleogeografía respectivamente.”

### **Formación Palmarito**

En el *léxico de Pdysa*, de acuerdo a las relaciones de campo y a los fósiles estudiados, se señala para la unidad una edad comprendida entre el Carbonífero Superior y el Pérmico Medio. La unidad aflora en los andes, en los estados Táchira (Páramo del Zumbador); Mérida (carretera La Azulita, El Valle, y carretera El Águila-Valera). Trujillo (la Quebrada, San Lázaro, Carache). Lara (quebrada El Pescado). Barinas (región Barinitas Santo Domingo, cerca a la población de Altamira). También en el estado Zulia, en pequeñas áreas de la sierra de Perijá. La Formación Palmarito es una secuencia de lutitas, principalmente marinas, limos, arenas y margas, que gradan hacia arriba a calizas marinas. *Arnold, (1966)* la dividió en un miembro inferior clástico y un miembro superior de calizas. El miembro clástico inferior comienza con una secuencia arenosa a limosa, con restos a plantas y lechos delgados de carbón en el tercio inferior; las areniscas se hacen calcáreas hacia arriba, y hacia la parte media del miembro o algo más arriba, aparecen fósiles marinos; siguen lutitas y lutitas limosas calcáreas de color gris oscuro, con algunos lechos de margas arenosas de color negro y algunas capas de caliza fosilífera. El miembro superior de calizas, consiste predominantemente de calizas duras, a veces cristalinas, de color gris oscuro en capas gruesas a medianas, con delgadas intercalaciones de margas fosilíferas.

### **El Pre-cámbrico Andino**

Para *González de Juana, (1980)* en los Andes venezolanos se encuentra una secuencia de rocas de edad pre-cámbrica, que afloran en dos zonas distintas y separadas. En la zona meridional, región del Macizo de Colorado, se conocen con el nombre de formación Bella Vista y en la zona central y centro-norte de Los Andes se conocen con el nombre de grupo Iglesias, actualmente conocido como Formación Sierra Nevada.

### **Formación Sierra Nevada**

En el *léxico de Pdysa*, se le asigna una edad Precámbrico Superior a esta unidad. Esta formación está ubicada en la porción nororiental Glaciada, de la Sierra Nevada, al sur de Mérida. Hoja 5941 a escala 1:100.000 de Cartografía Nacional. Buenos afloramientos de la unidad, se observan en la carretera Mérida-Estanques; en la carretera La Grita-San José de Bolívar (páramo de Simosica), estado Táchira, y en la carretera Árbol Redondo-Boconó, estado Trujillo. Todas estas localidades, podrían ser tomadas como secciones de referencia. *Canelón y Ramírez, (1979)* en la región del río Michay, determinaron espesores de hasta 2.000 metros. El contacto superior, se considera discordante con unidades Paleozoicas y Mesozoicas. El contacto inferior de la unidad, no se ha determinado. La unidad está compuesta fundamentalmente por esquistos, gneises, anfíbolitas y rocas graníticas.

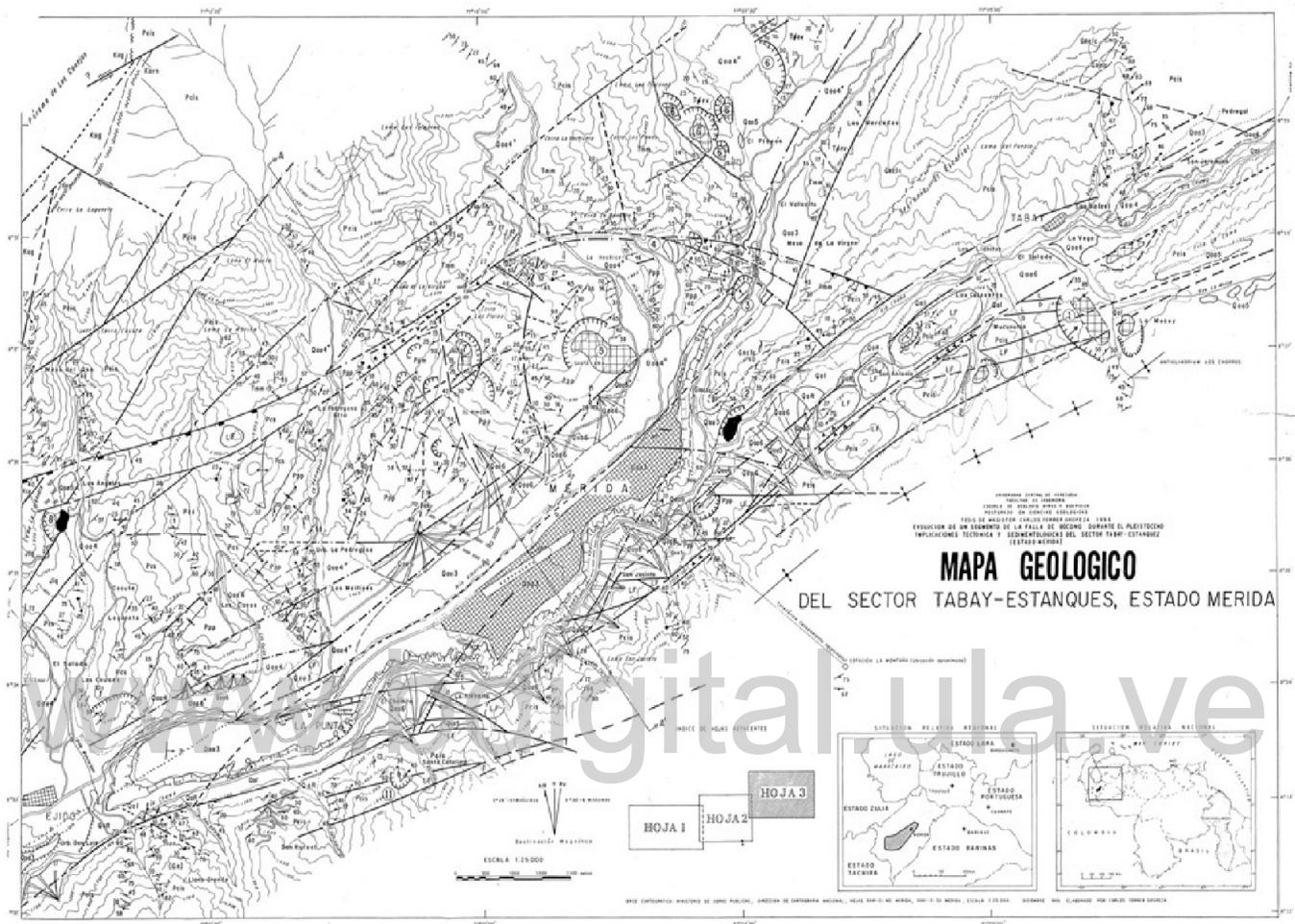


Figura 1.1: Mapa Geológico de la ciudad de Mérida. Creado por Carlos Ferrer, 1996.

#### 1.4.4. Hidrología

Según Ruiz, (2002) el río La Pedregosa y La quebrada La Resbalosa, constituyen la red hidrológica que caracteriza el área de estudio. Estos ríos tienen sus confluencias con el río Albarregas. A su vez sobre la quebrada La Pedregosa confluyen las quebradas la Fria y La Casposa. En algún momento han experimentado crecidas de considerable magnitud, causando daños a las infraestructuras que se localizan a las orillas de estas. Además las crecidas socavan los márgenes de los ríos produciendo en el talud de los depósitos laterales con diferentes alturas.

#### 1.4.5. Clima

En la red bioclimática, el clima en Mérida es templado y de montaña. Tal particularidad se atribuye a la situación geográfica de esta ciudad dentro de la cordillera andina, y a su gran altitud. La temperatura posee registros que oscilan entre los 18 °C y los 24 °C, determinando un promedio general de 22 °C. Las

precipitaciones son de intensidad media durante las épocas de lluvia, desde el mes de abril hasta el mes de noviembre. La temperatura de la ciudad varía de norte a sur según la altitud. El norte de la ciudad se encuentra más alto, a unos 1700 m.s.n.m. manteniendo una temperatura promedio de 19°C. El sur posee un clima más cálido por encontrarse a unos 1300 m.s.n.m, teniendo una temperatura promedio de 21°C.

Para Ruiz, (2002) es importante mencionar que el clima de la cuenca de la quebrada La Pedregosa es controlado por el clima del lago de Maracaibo, debido a la circulación de masas de aire. Estas masas de aire influencias por la baja presión del lago de Maracaibo, en su recorrido por el cañón del Chama, forman una convergencia local que se desplaza hacia la montaña, originando zonas nubosas capaces de producir precipitaciones por condensación que pueden llegar a ser en un momento de extraordinaria magnitud.

1951-1980	Temperatura promedio °C	Precipitación mm
Ene	17.8	47
Feb	18.4	39
Mar	19.0	53
Abr	19.2	167
May	19.5	238
Jun	19.2	167
Jul	19.0	127
Ago	19.3	128
Sep	19.4	200
Oct	19.0	256
Nov	18.5	199
Dic	18.0	87
Total	18.9	704

Tabla 1.1: Fuerza área de Venezuela.

## Capítulo 2

# FOTOGEOLOGÍA

### 2.1. DEFINICIONES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE FOTOGEOLOGÍA.

#### 2.1.1. Definición y objetivo de la fotogeología.

Se puede considerar la **Fotogeología** como aquella rama de la fotointerpretación encargada de estudiar los sucesos geológicos a través de las fotografías aéreas.

##### **Objetivo de la Fotogeología:**

El objeto de la fotogeología es el estudio de la superficie terrestre, de los diversos materiales que la integran y de las huellas dejadas sobre ellos por la serie de procesos a los que han estado sometidos a lo largo de los tiempos geológicos. El estudio de la fotogeología abarca la estratigrafía, litología, geología estructural, geomorfología, tectónica, hidrogeología, y en resumen, todas las ramas de la geología que admitan para su estudio una escala macroscópica.

Además, de los trabajos puramente geológicos, el uso de la fotogeología se hace cada vez más imprescindible en obras públicas, localización de materiales de construcción, trazado de carreteras y canales, estudios de embalses, búsqueda de minerales, etc. El fotogeólogo reúne e interpreta datos igual que lo puede hacer el geólogo de campo, la única diferencia estriba en la distinta escala a la que trabajan uno y otro. La gran perspectiva que ofrecen las fotos aéreas y la exageración del relieve que se logra en la visión estereoscópica permite un claro enfoque de los problemas y una gran precisión de dibujo.

Como en cualquier otra técnica, en fotogeología es sumamente importante la experiencia y práctica del intérprete. Además de tener los conocimientos precisos y necesarios de un buen geólogo, la visión de conjunto que permite la fotografía le obliga a actuar con un criterio de selección distinto al que tiene el geólogo de campo. En algunos casos, las características de la zona de estudio son tan patentes que cualquier geólogo familiarizado con la visión de relieve puede, en una primera ojeada, saber qué tipo de materiales la forman, si están estratificados o no, dirección y buzamiento de los estratos, pliegues, etc. Otras veces sólo se llega a una conclusión después de un detenido análisis de todos y cada uno de los rasgos del terreno, y es aquí donde la larga experiencia del fotogeólogo puede ser decisiva.

También en fotogeología existe el problema de transmitir a los demás lo que se denomina ojo clínico, es decir, esa serie de pequeñas observaciones y detalles, hijos de una larga práctica, en los cuales se basa el intérprete, muchas veces inconscientemente, para llegar a conclusiones acertadas. Se pueden dar

criterios y características generales de las rocas, eficaces para identificarlas geológicamente, pero es difícil resumir en unas cuantas explicaciones ese complicado proceso mental analógico por el cual un fotogeólogo experimentado, a la vista de un par estereoscópico, puede decir inmediatamente: esto es granito.

### 2.1.2. Limitaciones y ventajas de la fotogeología.

Se tiene la creencia de que la fotogeología es una disciplina que necesita una continua contrastación de campo, esto es verdad pero solo hasta cierto punto. En la formación básica de un fotogeólogo debe estar presente una buena formación de trabajos prácticos de campo, pero ésta misma formación la necesita el mineralogo, el petroquímico y, en general, cualquier geólogo sea cual sea su especialidad. Desde luego la fotogeología tiene una serie de limitaciones para las cuales resulta de gran ayuda, y en muchos casos imprescindible, confrontar el trabajo fotogeológico en el campo, bien lo haga el propio fotogeólogo o su equipo, sin embargo, la fotogeología es una técnica independiente que puede mantenerse por sí sola. Cuanto mas se aísle del campo el fotogeólogo mas correrá el riesgo de convertirse en un "geólogo de laboratorio", pero insistimos, igual les ocurre a los mineralogos, geoquímicos, etc. Un mapa geológico exclusivamente realizado con fotografías aéreas ofrece una serie de aciertos y errores característicos, diferentes a la de los mapas realizados "pie a tierra". Uno de los campos en que peor se desenvuelve la fotogeología es en el análisis litológico. Sólo se pueden identificar fácilmente y sin ayuda exterior, los materiales más simples, como son granito, neises, yesos, pizarras, cuarcitas etc.; y dentro de éstos, sus variaciones, aunque sin precisar exactamente en que consiste. Veamos un ejemplo: En el estudio de un granito hemos distinguido, por su distinto drenaje, tono, diaclasamiento, etc., tres tipos diferentes, y delimitado claramente sus contactos. Si no tenemos otra referencia sino la Fotogeología tendremos la siguiente leyenda:

1. Granito A.
2. Granito B.
3. Granito ligeramente orientado.

Una posterior comprobación sobre el terreno nos ayudará a formar una leyenda más exacta, comprobando la verdadera identidad, que podría ser:

1. Granito de grano fino.
2. Sienitas.
3. Anatexitas.

Por otra parte la fotogeología es muy ineficiente en zonas que aparecen cubiertas de espesa vegetación se hace imposible la identificación.

En el estudio sistemático de un área realizado con las fotografías aéreas puede localizarse automáticamente cualquier afloramiento que en el campo pasaría desapercibido. Por eso es conveniente hacer estudios fotogeológicos previos al trabajo de campo donde quedan esbozados y planteados los problemas fundamentales y localizadas las zonas idoneas donde se pueden resolver.

## 2.2. ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO DEL RELIEVE.

### 2.2.1. Estudio bibliográfico:

El fotogeólogo debe consultar la bibliografía de la zona de estudio, a fin de realizar un trabajo lo mas completo posible. Las consultas bibliográficas deben hacerse con criterio, es decir, nunca deben deshacerse a la ligera los propios resultados porque no coincidan con los del mapa o trabajo consultado.

Ocurre con frecuencia que formaciones marcadas por nosotros en las fotografías aéreas no aparecen en otros trabajos sobre las zonas ya publicados, y aunque el fotogeólogo posea gran experiencia y seguridad siempre tiende a pensar si se habrá equivocado en su apreciación. Si al estudiar un terreno el fotogeólogo encuentra algo que llama claramente su atención debe estar seguro de que ese algo existe, esté reflejado o no en otros mapas.

Un sistema para perfeccionar la habilidad interpretativa, es comparar los mapas geológicos de buena calidad con las fotografías aéreas pertinentes. El trabajo con las fotografías debe hacerse estereoscópicamente, con gran atención y en todo momento la posición del modelo estereoscópico debe relacionarse a la del mapa.

### 2.2.2. Rutina fotogeológica:

La manera correcta de comenzar un trabajo fotogeológico consiste en la anotación cuidadosa y constante de todos los datos que puedan ser necesarios para una posterior interpretación geológica. Analizaremos a continuación los diversos pasos a seguir para la construcción de un mapa fotogeológico.

#### 1ro. Anotación de obras humanas.

Una vez preparado y montado sobre las fotografías el papel de calco con sus diversas rotulaciones previamente hechas (Punto Central y Transferidos, número de fotografía, hoja la que pertenece, etc.) se calcan con un lápiz rojo, bien afilado, las obras humanas mas destacables de la fotografía, carreteras, ferrocarriles, pueblos, minas, etc. Es conveniente tener a mano un mapa topográfico de la zona para la localización y rotulación de caminos, canales, nombres de pueblos, etc. Aconsejamos que junto a los pueblos se rote su nombre para la posterior identificación de la zona. En la leyenda existente al principio del libro vienen anotados los símbolos de uso mas frecuente.

Daremos aquí una ligera orientación, para el principiante en geología, sobre la identificación de vías de comunicación, dado que a veces es fácil confundir carreteras con vías de ferrocarril, sin embargo, son fácilmente diferenciables; éstas últimas presentan un trazado recto, con curvas de gran radio y pendientes suaves, a diferencia de las carreteras, que, debido a la mayor movilidad de los vehículos que las usan, pueden adaptarse mejor a la topografía de la zona, presentando curvas muy cerradas y fuertes pendientes.

#### 2do. Hidrografía.

Una vez calcado sobre el papel todo lo referente a obras humanas se pasa a anotar la red hidrográfica. Esta anotación puede presentarse bajo dos aspectos:

- a) Servir de guía para el paso del trabajo fotogeológico al mapa. En este caso se calcan con lápiz azul los cauces de los ríos y arroyos mas importantes, sin necesidad de anotar los arroyos de tercer y cuarto

orden ni los distintos tipos de corrientes (esporádica, perenne, brazos muertos de un río, brazos de crecida, lecho de inundación, etc.). Si se necesita confeccionar un mapa planimétrico final, la precisión y abundancia de anotaciones irán de acuerdo con la cantidad de datos que se desee obtener.

- b) La red hidrográfica tiene valor en sí. Por ejemplo, para la separación litológica de distintos materiales, estudios de pantanos, canales, trasvase de aguas, etc., deben aprovecharse las enormes ventajas ofrecidas por las fotografías aéreas y anotar con la mayor exactitud y precisión todos los detalles hidrográficos que ésta pueda ofrecernos, en la mayoría de los casos superior a los obtenidos en el campo.

### **3ro. Geomorfología.**

El análisis geomorfológico que se puede realizar sobre las fotografías aéreas es muy importante, aunque no exhaustivo, teniendo que recurrir al trabajo de campo para poder completarlo, sin embargo, su uso no sólo reduce considerablemente este último, sino que puede aportar una serie de datos que de otra manera pasarían inadvertidos. Dado que una de las bases principales de la interpretación fotogeológica es el análisis geomorfológico, el fotogeólogo debe estar ampliamente formado en este tema por ser uno de los que más directamente pueden influir en su trabajo. Se hace un análisis de la morfología originada por los distintos procesos erosivos, tipos de rocas, fracturaciones, plegamientos, etc.

### **4to. Estudio geológico.**

Terminados los dos estudios anteriormente citados se pasa al geológico, propiamente dicho. Igual que los pasos anteriores debe ser definitivo, es decir, una vez terminado el estudio del drenaje no debe ser necesario volver sobre la fotografía para rectificar ni añadir ningún dato. En el estudio geológico se debe obrar con una metodología distinta, dando sucesivas pasadas al trabajo hasta completarlo definitivamente.

La primera pasada o estudio preliminar ofrece una visión de conjunto de la zona y el fotointérprete debe limitarse a anotar sólo los rasgos más seguros e importantes de ella, este trabajo deberá realizarse de una manera metódica y exhaustiva, anotando todo tipo de capas, afloramientos, fracturas, fallas y demás rasgos geológicos claramente visibles en la fotografía. No es conveniente realizar la interpretación fotogeológica en esta primera pasada; así, los contactos entre dos formaciones sólo deben marcarse si son absolutamente seguros.

Si no se está seguro de la exactitud de un contacto, pero es conveniente su anotación para localizarlo en las fotografías colindantes, se puede dibujar con una línea de puntos, rectificable a trazo continuo cuando la seguridad del contacto se haga más patente. Tanto en un caso como en otro, a ambos lados de la línea de contacto se anota otra a lápiz, del color correspondiente a la formación. Si no se está seguro de la identidad litológica se espera a una segunda vuelta antes de marcar con color, la precisión de dibujo así obtenida es superior a la lograda usando el lápiz exclusivamente.

Para los distintos tipos de formaciones se usan lápices de distintos colores, siempre perfectamente afilados, para no empastar el dibujo. La tabla geológica internacional de colores debe emplearse en el mapa final, pero no durante el trabajo fotogeológico, donde es conveniente destacar las formaciones importantes con colores bien visibles, así como las capas guías, etc. Si no se dispone de colores suficientes para el número de distintas formaciones se pueden trazar rayas horizontales, verticales, cruces, etc., procurando no empañar la claridad del dibujo. Los afloramientos, buzamientos, direcciones de esquistosidad y en general todos los rasgos propios de una roca se anotan en el color que previamente se les haya signado, y en negro

las fallas fracturas, ejes de pliegues y demás rasgos estructurales que puedan afectar a una zona externa y no a una roca en particular.

Una vez terminada la primera pasada se da una o dos mas (suelen ser necesarias), en las que se afirman o rectifican las anotaciones anteriores, se terminan de identificar las litologías, marcar las fallas y contactos, etc. Según sea la naturaleza del estudio y el fin al que vaya encaminado se completa mas en un sentido que en otro, por ejemplo, en un trazado de carreteras interesará marcar la zona de desplomes, avalanchas, peligro de coladas fangosas, etc. Si no es fácil encontrar el límite entre una formación y otra, como muchas veces ocurre, se pone el símbolo de 'contacto no localizado' (ver leyenda al principio del libro) y se cierra el trabajo sin intentar forzar un contacto que, de hecho, no se ha podido ver. Y, por último, no se debe olvidar que una leyenda fotogeológica nunca será como una leyenda efectuada en el campo, si el fotogeólogo no ha podido identificar la litología de una formación, no debe comprometerse dándole alguna, sino dejarla tranquilamente anotada como 'Formación A' y explicar sus características en la memoria que acompaña al trabajo.

### 2.2.3. Estudio del Tono y Vegetación en las fotografías aéreas.

#### Tonalidad y Textura.

El tono en las fotografías se refiere a la intensidad relativa de luz reflejada por el terreno y registrada en la película. En cambio, la textura representa la frecuencia de cambio de tonalidad en la foto. Aunque la tonalidad es un valor relativo, juega un papel de suma importancia en la identificación de rocas. Es preciso destacar que la evaluación de la tonalidad consiste en comparar el tono de varias imágenes sobre fotos. El tono en las fotos en blanco y negro está dado por tonalidades de gris que van desde blanco o gris claro hasta gris oscuro o negro. El estudio de la intensidad de los grises en las fotografías aéreas es una base imprescindible para su interpretación. En muchos casos, la tonalidad, considerada en conjunto con otras características de la roca, como el drenaje, por ejemplo, puede ser diagnóstico para identificar la litología y rasgos estructurales de una región.

Veamos los factores principales que afectan a la gama de grises:

- a. **Factores Técnicos:** (que no son de gran importancia para nuestro estudio), Tipo de película, Tiempo de exposición, Revelado, Papel fotográfico, Filtro, etc.
- b. **Factores propios del Material Fotografiado:**
  1. **Color de la roca:** Unas de las características de las rocas mas íntimamente relacionada con su tono fotográfico es el color. Según tenga colores oscuros o claros, la tonalidad de gris será más o menos intensa. En cuanto a la tonalidad típica de rocas, pueden hacerse las siguientes generalizaciones:
    - De tono blanco a gris claro: nieve, agua reflejando luz, nubes, olas, evaporitas, caliche, barral, ciertas **arenas y gravas, dunas, ciertas tobas**, algunos rasgos de alteración hidrotermal (**talco, amianto**), **corales, cuerpos cuarzo-feldespáticos, diques ácidos, pegmatitas**, ciertas **cuarcitas y calizas**.
    - De tono gris mediano: **yeso, rocas calcáreas y dolomíticas, areniscas claras, arcillitas, lutitas, limolitas, margas, intrusivas y efusivas leucocráticas y básicas**.

- De tono gris oscuro a negro: sombra de lagos y cursos de agua, césped, **carbón, areniscas y lutitas rojas, grauvacas oscuras, areniscas con contenido orgánico, rocas intrusivas, efusivas, básicas y ultrabásicas.**

Dejando a un lado los efectos que la bruma, el filtro, y el revelado producen sobre la tonalidad, **el tono está determinado en muchos casos por el contenido de agua, humedad y permeabilidad de la roca, y consecuentemente, por la vegetación.** La selección del filtro puede en algunos casos separar efectivamente dos rocas de diferente litología, aunque aparentemente similares en fotos tomadas sin filtro.

2. **Textura:** La distribución areal de varios tonos de gris define la textura de la foto. Dependiendo de los elementos que causan el cambio de tono, la textura puede tener un aspecto grueso, fino, uniforme, liso, lineado, moteado o bandeado. Así, la **textura geomorfológica** se refiere al grado de disección del relieve, a la densidad del drenaje y a la frecuencia de los cursos de agua en un área determinada. En cuanto a la **textura litológica**, el cambio de tono se debe a una distinta composición mineralógica o a meteorización, rasgos acentuados por un notable bandeo, particularmente evidente en ambientes áridos. La **textura de erosión** se refiere al aspecto fino o grueso de la roca; son de tono relativamente mas claro y textura de erosión uniforme y fina las rocas con superficies lisas, como por ejemplo, lutitas; por otra parte, rocas fracturadas, como suelen ser las rocas graníticas, o material de grano grueso, como conglomerados, presentan una textura de erosión gruesa y generalmente poco uniforme. También son de tono relativamente mas claro rocas desteñidas o decoloradas, áreas cubiertas por vegetación caduca y, en general, zonas situadas en clima árido. Además, en ambientes húmedos, las pendientes expuestas al sol pueden soportar una vegetación mas densa y resultar con un tono mas oscuro que en ambientes áridos, donde las partes expuestas al sol son secas y, en consecuencia, se caracterizan por un tono mucho mas claro. Una textura moteada es, en muchos casos, indicadora de diferencias en humedad, porosidad y contenido orgánico de la roca. Por ejemplo, materiales arenosos y permeables sobre terrenos elevados, son de tono mas claro que arcillas y limos en depresiones y valles. Texturas moteadas se encuentran también en terrenos de rocas calcáreas (manchas de tono mas oscuro se deben a una concentración de arcillas residuales coloradas en sumideros); en rocas volcánicas (manchas claras debido a escape y decoloración por efecto de gases). En general, las depresiones resultan más oscuras por la concentración de humedad.

- c. **Factores climáticos y metereológicos: Tipo de vegetación y estado vegetativo, Humedad del terreno:** La humedad contribuye a oscurecer los tonos grises de las rocas. Esta característica es muy importante ya que, se puede identificar las facturas como una franja más oscura que el resto del material, debido al cambio de tonalidad de la humedad y vegetación, Presencia de agua: Las corrientes de agua, como mares, lagos etc.; aparecen en negro en zonas profundas (10 m). En las zonas costeras, la espuma formada por el oleaje aparece en tonos blancos. **Presencia de nieve:** La nieve se presenta en tono blanco nítido. **Clima de la zona, Estación del año:** Los tonos de una fotografía variarán según la época del año, debido más al estado vegetativo de las plantas que a la diferencia de luminosidad ambiental, cuya influencia se compensa con filtros adecuados, **Hora de la toma** (se suele elegir las del mediodía): tiene gran importancia debido a la inclinación del sol y su influencia sobre la longitud de sombras, **Inclinación del sol** en el momento de la toma: ya que un material sombreado aparecerá con tonos más oscuros que uno expuesto al sol, **Luminosidad del ambiente y Presencia de nubes:** Esta presencia tiene dos efectos, el de interferir la buena visibilidad del terreno dando lugar a una mancha blanquecina casi transparente u opaca según el volumen de las nubes, y la aparición de zonas de tonos

más oscuros, correspondientes a la zona proyectada.

- d. **Factores Humanos: Obras públicas de irrigación:** carreteras, desmontes, rellenos, etc.; muestran tonos más claro que los demás, **Cultivos:** Los cultivos se presentan en tonos claros y oscuros, dependiendo del tipo, orientación de los surcos, barbechos, tipo de riego entre otras.
- e. **Vegetación: Litología:** Su influencia es considerable; ya que existen algunos tipos de rocas, que debido a su composición y característica, no permite el desarrollo de la vegetación (es decir vegetación pobre). Ej. **Los yesos.** Por otro lado existen otras que por su composición, permeabilidad suelen ser buena base para cultivos, prados etc. Ej. **Aluviones y arcillas de descalcificación.**

**Clima:** Es el factor mas considerable, ya que con el van asociados, la temperatura y el régimen de lluvias. La vegetación se presenta en tonos oscuros en la fotografía y esto se debe a: humedad del suelo, tipo de vegetación, estado vegetativo, época del año, inclinación del sol etc. Los cultivos varían su tono del blanco al gris oscuro, no solo por la época del año, sino también por la disposición de los surcos con respecto a los rayos del sol en el momento de la toma.

Las fallas y fracturas por la mayor humedad que presentan respecto al resto de la zona, suelen dar lugar a una franja de vegetación.

Al tomar la vegetación como única guía de cambios puede conducir a conclusiones engañosas: un camino abandonado puede ser lugar propicio para el crecimiento de vegetación; al intervenir la mano del hombre, pareciendo que simples manchas de reforestación, cultivos, plantaciones, etc. tienen importancia geológica.

Muchas veces los contactos quedan delimitados por un cambio de vegetación, la cual se extiende un poco mas allá de verdadero contacto, debido a la mano del hombre del hombre, influencia del suelo, etc.; dando lugar a errores en la delimitación.

La distinta orientación de las laderas en una montaña originan micro climas que dan lugar a un tipo de vegetación diferente, sin cambio geológico alguno.

En zonas protegidas el espesor del suelo es mayor, y aparece una densidad de vegetación distinta a la correspondiente al resto de la roca, dando lugar a confusiones de tipo estructural o geológico.

#### 2.2.4. Análisis geomorfológico:

El análisis geomorfológico que se puede realizar sobre las fotografías aéreas es muy importante, aunque no exhaustivo, teniendo que recurrir al trabajo de campo para poder completarlo, sin embargo, su uso no sólo reduce considerablemente este último, sino que puede aportar una serie de datos que de otra manera pasarían inadvertidos. Dado que una de las bases principales de la interpretación fotogeológica es el análisis geomorfológico, el fotogeólogo debe estar ampliamente formado en este tema por ser uno de los que mas directamente pueden influir en su trabajo. Se hace un análisis de la morfología originada por los distintos procesos erosivos, tipos de rocas, fracturaciones, plegamientos, etc., pero por limitaciones de espacio y objeto de esta obra impiden mayor dedicación, por lo que se recomienda a los fotogeólogos y estudiantes de fotogeología se formen ampliamente con libros especializados. En este capítulo nos limitaremos a hacer un breve análisis de dos características geomorfológicas principales: **topografía y drenaje.**

### Topografía:

El primer contacto del fotogeólogo con una zona es a través de la **expresión topográfica**, y son las formas del relieve su guía principal para cualquier tipo de estudio, sea litológico, estratigráfico o estructural. La gran extensión de terreno abarcada en las fotografías permite una **visión de conjunto** imposible de obtener en el campo, visión que además ofrece la ventaja de acentuar las diferencias de relieve debido a la exageración vertical que ofrece la visión estereoscópica. Esta expresión topográfica vendrá determinada por varios aspectos: **naturaleza de la roca y estructuras geológicas**.

- a) **Naturaleza de la roca.** Su composición, cohesión, tamaño de grano, estructura interna, etc., determinarán su resistencia a la erosión y, por tanto, su influencia en el moldeado del terreno. Cuando se dice que una roca es resistente o débil debe entenderse que lo es al conjunto de agentes erosivos que actúan sobre ella (una roca puede ser muy dura en el sentido físico y comportarse débilmente frente a la acción de los agentes químicos), pero dada la mayor importancia erosiva de los agentes puramente mecánicos frente a los químicos las rocas duras o compactas (cuarcitas, granito) ofrecen una resistencia a la erosión superior a las blandas y deleznales. De este modo se va moldeando el terreno, y **los materiales más consistentes dan un relieve superior a los blandos, lo que reciben el nombre de relieve diferencial**, siendo frecuente que el cambio de unidades litológicas venga indicado por un escarpe.
- b) **Estructuras geológicas.** En fotogeología, cuando se habla del término 'estructura', tanto de la roca (**planos de estratificación, esquistosidad, diaclasas, etc.**) como las deformaciones sufridas por ella a lo largo de los tiempos geológicos (**plegamientos, fracturas, fallas, etc.**), cuyas diferencias se encargará de acentuar la acción continuada de la erosión. Así, en un terreno fracturado, el agua correrá principalmente a favor de las fracturas (como se ha indicado en el tema anterior), filtrándose a favor de ellas y acentuando, al cabo del tiempo, los rasgos tectónicos de la zona.

En las zonas plegadas, la topografía es una ayuda valiosísima para seguir las estructuras y ver la dirección y buzamiento de las capas. La erosión diferencial acentuará la diferencia existente entre los diversos estratos, erosionando más fácilmente los menos resistentes y facilitando la identificación de capas guía, diferencias litológicas, etc.

**La clara visión de los buzamientos obtenida en las fotografías aéreas permite, generalmente, trazar los ejes anticlinales y sinclinales y los diversos tipos de pliegues que forman.** Cuando esta apreciación no es tan fácil es conveniente tener una serie de ideas claras sobre la interrelación de la estructura y la topografía. Unos pocos **criterios generales** sobre el caso bastarán para ello, pero teniendo en cuenta que éstos, a pesar de su generalidad, no son aplicables en todos los casos.

**1ro. Los anticlinales pueden aparecer erosionados o no**, dando lugar a distintas características topográficas. El siguiente cuadro nos muestra esas características.

Grados de Erosión	Características topográficas de los anticlinales
<b>Bajo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montes alargados de cimas redondeadas.</li> <li>- Vertientes mas o menos suaves, depende del grado de buzamiento.</li> <li>- En los simétricos pendientes iguales.</li> <li>- En los asimétricos la vertiente más abrupta corresponde al buzamiento más alto.</li> </ul>
<b>Medio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montaña alargada con pequeño valle central, coincide con la erosión de la charnela.</li> </ul>
<b>Alto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede producirse una inversión de relieve.</li> <li>- La charnela suele coincidir con una zona deprimida que corresponde a un valle principal.</li> <li>- Si la serie plegada está formada por rocas alternantes, resistentes y débiles, se formara una serie de sierras paralelas coincidiendo con las capas resistentes cuya vertiente más abrupta mirará hacia el eje del anticlinal.</li> </ul>

**2do. En los sinclinales también puede darse la inversión del relieve**, originando montes alargados de vertientes abruptas. Su parte superior puede ser plana o ligeramente deprimida. Sus principales características son:

- La charnela suele coincidir con una zona deprimida por la que corre el valle principal. Suele ser de mayor extensión que en los anticlinales.
- Si la serie plegada está formada por estratos de diferente resistencia a la erosión, da lugar a una serie de sierras alargadas cuya vertiente más suave mira hacia el eje del sinclinal (principal diferencia con respecto a los anticlinales).

### Drenaje:

Llamaremos drenaje al conjunto de ríos, vaguadas, barrancos y demás huellas impresas en el terreno que deja el agua que constante o intermitente circula por él. Después de la tonalidad y la textura, el reconocimiento del tipo de drenaje es el elemento de mayor importancia en la interpretación fotogeológica, ya que el drenaje depende, esencialmente, de las características litológicas, estructurales y climáticas de la zona. El estudio del drenaje se realiza por varias razones: **1) La gran extensión de terreno abarcado en las fotografías**, es muy superior a la que se pueda obtener en el campo, permite un estudio rápido de la zona. **2) La exageración del relieve** permite que se aprecien con detalle, señales que sobre el terreno pasarían inadvertidas. **3) La facilidad con que se puede realizar un dibujo exacto de la red**, sobre todo en áreas no elevadas donde las distorsiones de las fotografías son mínimas, con detalle que es imposible obtener sobre el terreno, aún con un levantamiento topográfico.

En la interpretación del drenaje en fotogeológica es aconsejable: **1) Analizar el drenaje desde características litológicas, estructurales y frecuencia de los cursos de agua, o textura del drenaje; 2) El diseño de la red de drenaje, y 3) El perfil transversal de los cursos de agua, particularmente las cárcavas.**

La densidad del drenaje puede expresarse como denso, mediano o espaciado. **Rocas impermeables de grano fino, como lutitas y margas, muestran generalmente un drenaje denso; rocas permeables de grano grueso, como areniscas y rocas igneas, tiene generalmente un drenaje mas espaciado.**

El diseño de la red de drenaje, como por ejemplo, el diseño radial, emparrado, angular, y dendrítico, refleja por lo general, la litología y la estructura de la roca. Sin embargo, un diseño dendrítico puede encontrarse tanto en rocas consolidadas como en inconsolidadas, en rocas sedimentarias, ígneas o metamórficas, en terrenos de estructura simple o compleja. **El requisito esencial para un desarrollo del diseño dendrítico es la homogeneidad de la textura de la roca y una resistencia uniforme a la erosión.**

Se puede generalizar pues, que el tipo de drenaje está relacionado principalmente a la resistencia de la roca a la erosión y a su permeabilidad. Así, **puede expresarse que la densidad de drenaje es inversamente proporcional a la resistencia a la erosión y permeabilidad de las rocas.** Por ejemplo, en un ambiente dado, las lutitas son poco permeables, menos resistentes y muestran una textura de drenaje fina. Por otro lado, areniscas de grano grueso son más permeables y más resistentes, y consecuentemente, están caracterizadas por una densidad de drenaje espaciada.

En cuanto a los **perfiles transversales de cárcavas**, se ha demostrado que también pueden facilitar la interpretación litológica. Se considera que la profundidad y perfiles de cárcavas tienen importancia para la definición de la roca, aunque debe recordarse que estas características dependen mayormente del estadio alcanzado en el ciclo geomorfológico y del clima. **En materiales de poca cohesión y gran porosidad, como arenas**, las cárcavas son cortas, rectas y estrechas, de poca profundidad y en forma de V, con paredes verticales en la parte superior y una ramificación espaciada. **En materiales de mayor cohesión como lutitas, arcillas, margas, etc.**, la ramificación es compleja, son más largas, anchas y profundas, con fondo llano y paredes suaves. Por supuesto, materiales de cohesión y porosidad intermedia, como lutitas arenosas, etc., presentan todo tipo de transiciones.

Se debe tener siempre presente que los rasgos antedichos, como la tonalidad, textura, red y perfiles de drenaje son valores relativos, que contribuyen indirectamente a la identificación litológica y estructural del área observada.

Existen varios tipos de controles que pueden influir sobre la disposición de la red, que se pueden reducir a dos principales:

- Control Litológico.
- Control Estructural.
- **Control Litólico.**

Cada tipo de roca dará lugar a una serie de modificaciones en la forma del drenaje, principalmente en la:

- a) **Forma de arroyos.** La forma de los arroyos, tanto en planta como en perfil, dependerá de una serie de características de la roca, como son la distribución isótropa o anisótropa de los minerales dentro de la misma, cohesión, permeabilidad, etc. Así, las rocas plutónicas dan lugar a una terminación típica de los arroyos en forma de pinza, las arcillas presentan un perfil en forma de V, etc.
- b) **Densidad del drenaje.** O espaciado existente entre los arroyos, es uno de los elementos de juicio más claros que tenemos sobre una serie de propiedades de la roca, como pueden ser la erosión, permeabilidad, clima, etc. Así tenemos que:

- A mayor dureza y resistencia, menor densidad.
- Cuanto más finos sean los materiales que la integran, más tupida y más ramificada se hace la red.
- En climas áridos la densidad del drenaje es mayor que en climas húmedos, aunque los ríos principales estén más separados de lo que pueden estar en éstos.

c) **Uniformidad de la misma.** La uniformidad del drenaje es un dato indicativo de la homogeneidad de los materiales por los que corre. Esta homogeneidad se refiere tanto a la litología de la zona como a su estructura (plegamientos, fallas, etc.). Así los granitos, neises, pizarras, etc., nos darán un drenaje uniforme, mientras que en una serie sedimentaria plegada dicha uniformidad habrá desaparecido, al estar condicionada la red por las estructuras, corriendo principalmente por los materiales mas blandos (drenaje subsecuente).

#### - Control estructural.

El control estructural al que puede estar sometida una red hidrográfica puede ser de dos tipos:

- Por plegamiento.
- Por fracturación

a) **Control estructural por plegamiento.** Cuando los materiales están plegados, la red hidrográfica suele adaptarse a las principales estructuras. Los ríos adaptados a las estructuras suelen estarlo igualmente a la litología, dando origen a valles longitudinales que, según las estructuras por las que transcurran, pueden ser de tres tipos:

- **Valles anticlinales.**
- **Valles sinclinales.**
- **Valles homoclinales.**

Valles Longitudinales	<b>Valles anticlinales</b> , cuando coinciden con los ejes anticlinales erosionados. Suelen ser valles primarios.
	<b>Valles sinclinales</b> , cuando se han desarrollado sobre el eje de un sinclinal. Suelen ser más amplio que los anteriores.
	<b>Valles homoclinales</b> , si corren por las rocas blandas situadas en los flancos de los pliegues. Suelen ser valles secundarios.

Los Valles transversales, suelen tener tres razones principales de existencia:

- **Topografía.**
- **Tectónica.**
- **Genética.**

Valles Transversales	<b>Topografía</b> , son el desagüe natural de un río longitudinal, producidos al buscar éste su salida a través de la cota más baja, o bien los arroyos de ladera producidos por el encarrilamiento de las aguas de lluvia.
	<b>Tectónica</b> , son ríos coincidentes con fallas o fracturas transversales a los estratos.
	<b>Genética</b> , son los ríos sobre impuestos, encajados en la roca actual a partir de otra más blanda, antiguamente superpuesta a ésta.

Según la forma que adopten, las redes recibirán distintos nombres:

- **Red Paralela:** La corriente principal y la secundaria corren en la misma dirección y sentido. Es propia de los estratos de superficie bien desarrollada y con una cierta inclinación, o bien de llanuras inclinadas como pueden ser las plataformas de abrasión, llanuras costeras, lavas, etc.
- **Red Subparalela:** La corriente principal corre en sentido oblicuo con respecto a las secundarias que son paralelas entre sí. Se da en los mismos casos anteriores cuando existe una variación brusca de pendiente.
- **Red radial:** Formada por ríos que partiendo de un terreno elevado, de forma más o menos cónica, se dirige en todas direcciones. Es propia de conos volcánicos, domos homogéneos y cerros aislados.
- **Red Anastomosada:** El río principal se divide en numerosos brazos que se entre cruzan en diversos puntos, dejando entre sí barras de arena, limos, gravas, etc. Propio de llanuras.
- **Red en Abanico:** El río principal se abre en forma de abanico, ramificándose en múltiples arroyos. Propio de Deltas y Conos de deyección.

Todos los sistemas de drenaje están compuestos por una red interconectada de corrientes que, juntas forman modelos concretos. La naturaleza de un modelo de drenaje puede variar mucho de un tipo de terreno a otro, fundamentalmente en respuesta a los tipos de rocas los cuales se desarrolla la corriente o al modelo estructural de fallas y pliegues.

El modelo de drenaje encontrado con más frecuencia es el modelo **dendrítico**. Este modelo se caracteriza por una ramificación irregular de las corrientes tributarias que recuerda al modelo ramificado de un árbol caducifolio. De hecho, la palabra dendrítico significa 'semejante a árbol'. El modelo dendrítico se forma donde el sustrato de la roca subyacente es relativamente uniforme, como en estratos sedimentarios planos o rocas ígneas masivas. Dado que el material subyacente es esencialmente uniforme en su resistencia a la erosión, no controla el flujo de la corriente. En cambio, el modelo viene determinado fundamentalmente por la dirección de la pendiente del terreno.

Cuando las corrientes divergen desde un área central como los radios de una rueda, se dice que el modelo es **radial**. Este modelo se desarrolla normalmente en zonas volcánicas aisladas y en elevaciones de tipo domo.

El modelo **rectangular** se caracteriza por poseer muchos recodos en ángulo recto. Este modelo se desarrolla cuando el sustrato rocoso está entrecruzado por una serie de fallas y diaclasas. Dado que esas estructuras son erosionadas con más facilidad que la roca no fracturada, su modelo geométrico orienta la dirección de las corrientes a medida que excavan sus valles.

El modelo de drenaje de red enrejada es un modelo rectangular en el cual los afluentes son casi paralelos entre sí y tiene el aspecto de un jardín enrejado. Este modelo se forma en áreas donde subyacen bandas alternativas de rocas resistentes y menos resistentes, y está particularmente bien desarrollado en los Apalaches plegados americanos, donde estratos débiles y fuertes afloran en cinturones casi paralelos.

b) **Control estructural por fracturación.** En un terreno fracturado los ríos y arroyos tienden a correr por las fallas y fracturas, por ser líneas de menor resistencia, formando dos tipos de red:

- **Red angular:** Los ríos y arroyos se cortan en sentido oblicuo, ya que los sistemas de fracturas forman una red que se entrecruza y el sistema hidrográfico se adapta a ella.
- **Red rectangular:** Esta red sigue un sistema de diaclasas y fracturas que se cortan en ángulo recto.

## 2.3. ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.

### 2.3.1. Análisis Estructural.

**Definiciones básicas. Importancia.** Observando fotos aéreas es posible apreciar, quizás en mayor grado que en el terreno, **la estrecha relación que existe entre el tipo de roca y la estructura.** Los rasgos estructurales derivado del estudio de fotos aéreas, no solamente son decisivos para identificar el tipo de roca, sino también para evaluar las relaciones espaciales de las unidades litológicas, y desarrollar la secuencia histórica y coherente de procesos geológicos. Además, la evaluación de rasgos estructurales por medio de fotos aéreas puede conducir a la localización de depósitos minerales. En la identificación de estructuras, la erosión diferencial de las rocas juega un papel primordial.

De todos los estudios abordados en fotogeología es en el **análisis estructural** de un terreno donde técnica alcanza su máxima utilización. Ello es debido a:

- La gran corrida alcanzada por las estructuras geológicas, en muchos casos de decenas y hasta centenares de kilómetros, exigen para su estudio una escala macroscópica como la ofrecida por las fotos aéreas y las imágenes obtenidas por satélite. Es, por tanto, en el análisis estructural de un terreno donde el fotogeólogo corre menos riesgo de equivocarse al hacer su interpretación. Y es fácil reconocer que un mapa estructural se ha realizado con la ayuda de fotografías, por su abundancia de datos y la precisión de dibujos.
- La exageración del relieve obtenida en la visión estereoscópica, ya que toda estructura geológica queda reflejada por un relieve, la acentuación de los rasgos topográficos permite seguir las estructuras con mayor facilidad, incluso en aquellos puntos que sobre el terreno pasan desapercibidas.

Todo ello convierte las fotografías aéreas en una herramienta imprescindible en el estudio geológico estructural de una zona. Sobre las fotos se pueden seguir los plegamientos en toda su extensión, **trazar la posición de los ejes sinclinales y anticlinales** con gran exactitud, detectar la asimetría y vergencia de los pliegues, erosión de las charnelas, etc., y seguir las estructuras incluso en aquellos casos que se presentan difíciles por la escasez y dispersión de los afloramientos.

### Estudio de la dirección y buzamiento de los estratos:

La apreciación aproximada de un buzamiento, sentido de este, dirección del estrato, etc., son observaciones fáciles de realizar en la fotografía. La actuación de los agentes erosivos, ahondando y excavando con más facilidad en las rocas más deleznable que en las resistentes, poniendo en manifiesto las estructuras. Según la etapa que se encuentre el ciclo erosivo, la topografía será más o menos acusada, y, por lo tanto los rasgos estructurales. En fase de arrasamiento las estructuras se acusan en la fotografía, trasluciéndose la dirección de los estratos con claridad, aunque a veces no se aprecie la intensidad del buzamiento y el sentido. Al tener una idea clara de la forma del afloramiento de las capas puede ayudar considerablemente en la identificación de éste en los casos que se presente difíciles.

Esta forma depende principalmente de:

1. **Grado de buzamiento:** Este será un factor que tenga una mayor influencia en la forma del afloramiento. Veamos los casos principales:
  - a) **Estratos Horizontales:** El afloramiento de estos estratos son siempre paralelos a las curvas de nivel. Según la resistencia y espesor de los estratos la morfología de la zona será diferente como veremos en los casos siguientes:
    - **La serie horizontal es homogénea y coherente:** Dará lugar a series planas donde la red fluvial se irá encajando dando lugar a cañones o taludes más o menos inclinados. La inclinación dependerá del tipo de clima (en climas áridos las paredes pueden ser verticales). En las laderas de dichos taludes frecuentemente se pueden apreciar los estratos por diferencia de tonalidad, pero no suele ser fácil su cartografía debido al empastamiento producido.
    - **El estrato superior es más coherente que el resto de la serie:** Formación de extensiones planas a las que la erosión puede reducir a una serie de cerros de superficie plana y laderas inclinadas en las que aparece el resto de la serie (mesas). El espesor del estrato superior puede ser claramente visible en la fotografía. Cuanto menor sea la potencia de dicho estrato, más sinuoso será el trazado de la superficie del cerro.
    - **La serie horizontal es homogénea y poco coherente:** Suele dar lugar a una serie de cerros en forma redondeada o lobulada, según la fase de erosión en la que se encuentren; en sus laderas se puede apreciar los estratos en afloramientos concéntricos en los climas áridos, a manera de capas de hojaldre.
    - **Serie Heterogénea:** Cuando los estratos más resistentes aparecen intercalados en una serie más blanda, darán lugar a una forma plana más o menos desarrollada; por encima y por debajo de ellos aparecerán las laderas inclinadas, correspondientes a los estratos más blandos.
  - b) **Estratos inclinados:** La intersección del borde de un estrato inclinado con la superficie topográfica formará una curva cuya parte cóncava mirará en el sentido del buzamiento. La forma y amplitud de dicha curva dependerá principalmente de:
    - **Buzamiento del estrato:** Cuanto menor sea el buzamiento, más cerrado será el trazado de la curva descrita por el contorno de la capa. Así en los buzamientos de ángulo bajo. La curvatura será cerrada, mientras que los de ángulo alto, la curva será lineal.
    - **Red Hidrográfica:** Esta influye en el trazado de las capas. Si los estratos están cortados transversalmente por frecuentes arroyos, el trazado estará formado por una serie de curvas situadas a lo largo de la dirección del mismo. La amplitud de dichas curvas será la marcada por el espaciado de la red.

- **Fase de erosión del estrato:** Según la fase erosiva en la que se encuentre, la influencia de la estructura en la topografía de la zona será más o menos acusada. En la primera fase la influencia no es muy grande, por no haber tenido tiempo suficiente los procesos de erosión para producir un relieve diferencial considerable. Los estratos estarán pocos descubiertos y las curvas que originan sus trazas serán suaves. En la fase madura, la influencia será máxima; las capas aparecerán bien descubiertas y el arco formado por el borde del estrato será grande. En la parte Senil, la erosión sufrida por los estratos ha sido ya máxima, coincidiendo su traza con la dirección del mismo.
  - **Litología:** La resistencia del estrato a la erosión influirá considerablemente en la forma del afloramiento. Si es un estrato débil se erosionará rápidamente, pasando a la fase senil, mientras que si es un estrato resistente, permanecerá largo tiempo en la fase madura.
- c) **Estratos verticales:** Su traza coincidirá exactamente con la dirección del estrato, independientemente de la fase de evolución en la que se encuentre, topografía de la zona etc.

## 2. Tipos de pliegues y estructuras:

<b>Anticlinal</b>	<b>Simétrico</b>	<b>Eje Horizontal</b>	Charnela intacta	Da lugar a cimas redondeadas con vertientes de igual pendiente.
			Charnela erosionada	Da lugar a un valle encuadrado por sierras paralelas homoclinales buzando hacia fuera.
		<b>Eje con ángulo de inmersión</b>	Charnela intacta	Montes de cima redondeada que se van estrechando y decreciendo en altura hacia el sentido del buzamiento anticlinal.
			Charnela erosionada	Sierras homoclinales buzando en sentido contrario al eje, convergentes en el sentido del buzamiento del anticlinal, pudiendo verse en bastantes casos el cierre de terminación periclinal.
		<b>Eje con doble ángulo de inmersión</b>	Charnela intacta	Monte de cima redondeada que se estrecha y decrece en altura en ambos extremos.
			Charnela erosionada	Sierras de buzamientos en sentido contrario al eje, convergentes en ambos extremos, pudiéndose ver a menudo el doble cierre periclinal.
	<b>Asimétrico</b>	Charnela intacta	Todos los casos serán semejantes a los anteriores, con la diferencia de que el plano axial buzará en el sentido de la vertiente más suave.	
		Charnela erosionada	Las disposiciones serán semejantes a los anteriores, pero los buzamientos serán distintos en las sierras situadas a ambos lados del valle principal. El plano axial buzará en el mismo sentido que el flanco cuyo buzamiento sea más bajo.	

<b>Sinclinal</b>	<b>Simétrico</b>	<b>Eje Horizontal</b>	Grado de erosión bajo	Vertientes generalmente escarpadas en las que se ven los extractos buzando hacia el interior.
			Grado de erosión alto	Sierras paralelas homoclinales encuadrando el valle principal. Los buzamientos están situados mirando hacia este.
		<b>Eje con ángulo de inmersión</b>		Pueden dar lugar a valles sinclinales. Las sierras homoclinales convergen en sentido contrario al del buzamiento del eje, pudiendo verse con frecuencia la terminación periclinal.
		<b>Eje con doble ángulo de inmersión</b>		También suelen dar lugar a valles sinclinales enmarcados por sierras que convergen en ambas direcciones. A veces puede verse la doble terminación periclinal.
	<b>Asimétrico</b>			Son semejantes a los anteriores, siendo distintos los buzamientos de las sierras a ambos lados del eje. El plano axial buzará en el mismo sentido que las sierras de buzamiento más bajo.

### 3. Pliegues volcados.

Los buzamientos de ambos flancos aparecerán en el mismo sentido y generalmente con ángulos diferentes. El plano axial buzará en el mismo sentido que ambos flancos. En el caso de que el buzamiento de estos tengan un ángulo muy parecido, es posible confundir este tipo de pliegues con una serie homoclinal, o bien de un anticlinal volcado o de un sinclinal, siempre que no se tenga bien determinada la serie estratificada.

#### Representación grafica de estratos y pliegues:

El borde de los estratos debe cartografiarse en el color que se haya asignado a la formación. En los estratos inclinados, el buzamiento se marca con una flecha que comience en el borde superior del estrato y termine en la parte mas baja, es decir, abarcando toda la superficie visible del estrato. Según sea el ángulo de buzamiento, se anotara una flecha con una punta, dos o tres.

### 2.3.2. Estudio Fotogeológico de la Fracturación.

#### Generalidades.

En geología, el estudio de la fracturación tiene dos objetivos: el estudio tectónico de las formaciones, equivalente al realizado en el campo, que estudia las diferentes fracturas y fallas, desplazamientos efectuados por estas, etc., y el estudio del grado de fracturación de la roca y sus características, como ayuda para su identificación fotogeológica. El grado de fracturación de una roca puede servir como guía para su identificación fotogeológica. La densidad de fracturas y su grado de visibilidad y claridad en la fotografía son un índice de la rigidez del material, cohesión, dureza, plasticidad, elasticidad, etc. Así, el granito presentará un alto grado de fracturación, igual que el gneis, las cuarcitas, etc., mientras que arcillas, arenas, yesos, etc., tiene un grado de fracturación mucho mas bajo.

**Ventajas.**

- La magnitud del área abarcada.
- Precisión del dibujo.
- El bajo costo al que se puede realizar un estudio tectónico detallado, etc.

La comprobación sobre el terreno de las fallas y fracturas marcadas en la fotografía puede dar lugar a errores si no se tiene en cuenta factores importantes:

- Otras pueden verse claramente en el campo, pero no en la fotografía.
- Otras son claramente visibles en la fotografía, pero no se ven en el campo. Por qué? Pueden corresponder a fracturas enterradas por materiales más modernos o por suelos, de manera que la fractura aparece oculta sobre el terreno, pudiéndose seguir, sin embargo, su trazo en la fotografía.

**El grado de Fracturación:**

El grado de fracturación de la roca nos puede servir como guía para su identificación Fotogeológica. La densidad de fracturas y la visibilidad y claridad de estas en la fotografía son un índice de la rigidez de la roca, cohesión, dureza, plasticidad, elasticidad de la misma, etc.

Ejemplo: el granito presentará un alto grado de fracturación en la fotografía, igual que los neis, cuarcitas, etc.

Mientras que las arcillas, arenas, yesos, etc.; el grado de fracturación será mucho más bajo.

**Identificación de fracturas en Fotogeología:**

Las ventajas o desventajas en Fotogeología con respecto al trabajo de campo, en la identificación de fracturas queda resumida en el siguiente cuadro:

<b>Ventajas de la fotogeología, respecto al terreno:</b>	La localización de fracturas medias y grandes.
	La exactitud de la cartografía de las mismas.
	Identificación de fracturas enterradas bajo materiales someros.
	Facilidad y rapidez para el estudio de la fracturación en un área grande.
<b>Limitaciones de la fotogeología, respecto al terreno:</b>	Dificultad de apreciación de las fracturas pequeñas.
	Dificultad de apreciación de diaclasas.
	Imposibilidad de apreciar la inclinación del plano de fractura.
	Imposibilidad de distinguir una fractura de una falla.

**Criterios para el reconocimiento de fracturas en Fotogeología:**

- Alineación de varios arroyos.
- Tramo de río o arroyo que corre en línea recta durante cierto trecho.
- Angularidad de la red fluvial.
- Alineación de la vegetación.

- Alineación de las formas de disolución.
- Franja estrecha alargada, con una humedad superior al resto. Se caracteriza por su tono más oscuro.
- Línea recta y neta, generalmente de tono más oscuro, que atraviesa la roca.

### 2.3.3. Estudio de las fallas:

En muchas ocasiones es muy difícil apreciar la diferencia existente entre fallas y fracturas.

Los criterios de identificación de fallas en Fotogeología son distintos a los utilizados en campo, como en el caso de las fracturas.

Algunos datos usados en el campo tanto para la identificación de fallas como el estudio de su movimiento tenemos:

- Espejos de Fricción y Estrías.
- Uñas de Falla.
- Modificación Del Drenaje Y Manantiales.
- Variación en la Vegetación.

El uso de los ejemplos anteriores en Fotogeología es totalmente imposible por razones obvias. Pero otros, como discontinuidad de los estratos, desplazamiento de tramos de series, etc., son aplicables en los dos casos.

Los tipos de fallas que pueden verse en la fotografías son:

### 2.3.4. Fallas de Gravedad. Su reconocimiento en Fotogeología:

Estas, son aquellas en las cuales la componente vertical es la mas importante, dando como resultado el que un bloque verticalmente con respecto al otro.

Las fallas d gravedad se aprecian en Fotogeología a través de la modificación topográfica o estructural a la que dan lugar. En las rocas homogéneas y cristalinas, la expresión topográfica de una falla es la única que nos indica la presencia de esta. Dicha manifestación es mayor en las fallas cuyo plano forma un ángulo alto con la horizontal que aquellas en las que el ángulo es bajo.

**La inclinación del plano de falla no suele apreciarse en la fotografía**, excepto en el caso en los que da lugar a un escarpe. Estos se caracterizan por su morfología peculiar, formada por facetas generalmente trapezoidales, pudiendo ser también triangulares. La cara del trapecio coincidirá con el plano de falla y ambos lados estarían formados por gargantas, debidas a la rápida excavación de lo ríos para adaptarse al nuevo nivel de base local. Esto dará lugar a torrentes, frecuentemente conos de deyección en su desembocadura.

Los escarpes de falla no tienen porque coincidir con la línea de falla, pudiendo haber retrocedido a causa de la erosión del bloque levantado, en cuyo caso se llama **escarpe de línea de falla**.

Dicho retroceso es difícil de apreciar en Fotogeología, aunque en algunos casos, se aprecia la línea de falla situada a una cierta distancia del escarpe y más o menos paralela a este. Los escarpes de fallas se pueden apreciar más fácilmente en climas áridos que en húmedos.

**El salto de falla** no suele corresponder con la altura del escarpe; esto es debido a la erosión sufrida por el labio levantado y a la colmatación del labio hundido. Esta erosión y colmatación pueden llegar a hacer desaparecer por completo el escarpe, dando lugar a una nivelación del terreno. Puede llegar a producirse una inversión del terreno, de manera que la zona situada en una cota inferior corresponda al labio levantado de la falla, es decir, el escarpe actual miraría en sentido contrario al original. Los escarpes así formados serían, por tanto, **escarpes de falla resacientes**, mientras que los que aparecen hundidos reciben el nombre de **escarpes de falla obsecuentes**.

La única manera de comprobar en Fotogeología si un escarpe es Obsecuente o Resacuente es a través de la resistencia de los materiales situados a ambos lados de la falla:

El material situado a ambos lados del escarpe es el mismo.	Escarpe Obsecuente.
El material situado a ambos lados del escarpe tienen la misma resistencia.	Posiblemente sea un escarpe Obsecuente
El material situado en la parte más alta del escarpe es más débil que el situado en la zona inferior.	Suele corresponder a un escarpe Obsecuente.
El material situado en la parte más alta del escarpe es más débil que el situado en la zona inferior.	Puede ser un escarpe obsecuente o resacuente.

### 2.3.5. Modificación de las estructuras sedimentarias por las fallas de gravedad:

Las fallas producidas en estos materiales, al variar la continuidad de dichas estructuras, darán lugar a una modificación de la topografía originada por ellas, además de la modificación introducida por la propia falla.

La identificación Fotogeológica de las fallas es mucho más fácil en terrenos sedimentarios que en cualquier otro tipo de terreno, debido a la gran ayuda prestada por las guías estratigráficas. En los climas áridos, donde hay poca vegetación permite una clara visión de la litología. Las fallas suelen ser bastante fáciles de identificar, pudiéndose seguir en varios kilómetros.

Algunos ejemplos de modificación de estructuras por las fallas de gravedad:

#### a) Falla de gravedad cuyo plano es perpendicular a la dirección de los estratos:

- **Estratos horizontales:** Desplazamiento vertical de los bordes de los estratos afectados.
- **Estratos inclinados:** Desplazamiento horizontal del borde de los estratos; suelen ser claramente visibles en la fotografía, pero a veces se confunde con las fallas de desplazamiento de rumbo.
- **Estratos verticales:** No existe desplazamiento aparente en los estratos. Se puede determinar la falla cuando ha dado lugar a un escarpe topográfico, o por una fuerte modificación de la red hidrográfica. En caso contrario, aparecerá en la fotografía como una línea o fractura con la que se podrá confundir.

**b) El plano de falla es paralelo a la dirección de los estratos:**

- **Estratos inclinados:** Puede dar lugar a una repetición de la serie estratigráfica (generalmente fallas inversas), o bien a la omisión de uno de sus tramos (más frecuentemente, las fallas directas). Las fallas cuya dirección es oblicua a la de los estratos modifican las estructuras de una manera semejante a la de las fallas cuyo plano es normal a éstas.

**Fallas de cizalla o de desplazamiento de rumbo:**

Son fallas en las que el movimiento efectuado por un bloque con respecto a otro es horizontal.

En las rocas cristalinas y homogéneas, al no existir estratos cuya continuidad nos indique que se efectuado un desplazamiento es muy difícil distinguir una falla de una fractura. Solo podría determinarse que es una falla en los casos en los que, gracias a la presencia de un dique desplazado a ambos lados de la misma o al desplazamiento de una fractura, puede apreciarse la realización de un movimiento en el sentido de éste.

En las series sedimentarias es más sencillo determinar la presencia de fallas de desplazamiento de rumbo debido al desplazamiento de rumbo sufrido por los extremos del estrato a ambos lados de la falla, quedando claro el sentido de la misma. Sin embargo, puede confundirse con fallas de gravedad, en el caso de que el plano de falla sea paralelo a la dirección de los estratos.

**2.3.6. Criterios para el reconocimiento de fallas:**

En el siguiente cuadro se encuentran resumidos los principales criterios para el reconocimiento de fallas:

<b>Criterios para el reconocimiento de fallas</b>	Discontinuidad de los estratos.
	Discontinuidad en la alineación de colinas, cerros, etc.
	Desplazamiento de los estratos a ambos lados de una fractura.
	Desplazamiento de diques a ambos lados de una fractura.
	Desplazamientos de fracturas a ambos lados de otra.
	Cambio acusado de buzamiento, marcado por una línea neta.
	Escarpe de falla.
	Escarpe de línea de falla.
	Contacto brusco lineal y anormal entre dos materiales distintos.
	Alineación anormal de una costa.
	Contacto neto entre un macizo antiguo y su borde sedimentario.
	Repetición u omisión de tramos de las series estratigráficas sedimentarias.

**2.3.7. Grado de evidencia de las fallas observadas:**

En fotogeología hay veces que una falla queda determinada con tal, sabiéndose exactamente su posición. Otras queda duda de si la línea de discontinuidad que aparece en la fotografía es efectivamente una falla, una fractura, o bien alguna alineación anómala no localizada.

Los tipos principales de fallas que se pueden presentar son:

- **Fallas seguras:** aquellas cuya situación e identidad se ha determinado perfectamente en la fotografía.

- **Fallas probables:** aquellas cuya existencia es hipotética por no existir suficientes elementos de juicio para su confirmación.
- **Fallas no localizadas:** Son aquellas cuya existencia esta comprobada pero no se ha podido localizar exactamente su posición, bien por estar enterradas o por no apreciar claramente en la fotografía.
- **Fallas ocultas:** En este caso se sabe la situación exacta de la falla, pero no esta enterrada bajo una serie de materiales que impiden el afloramiento de la falla.

### 2.3.8. Discordancias:

Las discordancias existentes entre dos formaciones distintas no son fáciles de cartografiar en fotogeología, salvo en algunos casos en los que se presentan muy claras.

Entre todas las discordancias son solo las angulares las que se pueden diferenciar bien en las fotografías. Estas se pueden manifestar por:

- Presencia de una serie depositada discordantemente sobre otra.
- Diferencia de buzamiento entre dos formaciones distintas.
- Convergencia de la dirección de los estratos de dos formaciones.

En caso de que exista duda de si la supuesta discordancia pertenece a ésta o bien una falla, hay que tener en cuenta que:

- Las líneas de discordancia suelen caracterizarse por un trazo irregular, adaptándose a la topografía de la zona.
- Si las formaciones más antiguas parecen estar depositadas sobre las recientes, el contacto probablemente se efectúe por falla.

## 2.4. ESTUDIO DE LOS DEPOSITOS FLUVIALES:

### 2.4.1. Generalidades:

Los depósitos fluviales están constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos y los procesos de deslizamiento por gravedad. Una de las causas de formación de estas, es debido a la sedimentación de la carga transportada por los ríos que a su vez es originada por dos causas principales:

- Disminución total o parcial de la velocidad de la corriente.
- Carga excesiva de los materiales transportados.

Las dos razones anteriores circunscriben la aparición de este tipo de depósitos a los valles fluviales pueden estar ahora en vigor o haber sido abandonados definitivamente.

Estudiemos las formas fluviales a favor de las cuales pueden aparecer los depósitos fluviales:

- **Lecho de inundación o lecho mayor de un río:** Es la zona plana de un valle que se inunda en la época de crecidas.
- **Lecho Ordinario:** Es el cauce por el que discurre el río y que queda claramente delimitado por las dos orillas.
- **Canal de Estiaje:** Es un pequeño canal al que queda reducida la corriente en algunos ríos en época de sequía. Ocupa parte del lecho ordinario y suele divagar dentro de éste.
- **Brazos de crecida:** Don cauces auxiliares del lecho ordinario, generalmente anastomosados, por los que corre el agua en época de crecidas.
- **Brazos muertos:** Son restos del antiguo cauce del río que quedaron abandonados al cambiar éste de curso.
- **Meandros Abandonados:** La evolución continua de los meandros excavando la orilla cóncava y depositando aluviones en la convexa, da lugar a que se vaya acentuando su curvatura hasta que en algunos casos llega a estrangularse, abriéndose paso el río de un nuevo cauce. Una vez estrangulado y abandonado, el antiguo meandro va evolucionando hasta que solo queda un brazo muerto que, por su forma semilunar, recibe el nombre de collar de Buey.
- **Llanura aluvial:** Cuando el lecho mayor de un río adquiere por diversas causas unas proporciones considerables, tendremos la llanura aluvial.

#### 2.4.2. Aluviones:

Son sedimentos no consolidados depositados sobre valles bien establecidos de ríos permanentes.

Son muy fáciles de identificar en Fotogeología a causa de su morfología característica.

Los dos tipos de aluviones que se pueden diferenciar claramente en la fotografía son:

- Los aluviones propiamente dichos.
- Los depósitos de arenas, gravas, cantos rodados, etc.

Sus principales características foto geológicas las veremos en el siguiente cuadro:

<b>Situación.</b>	<b>Arenas, gravas, cantos rodados, etc.</b>	<b>Aluviones.</b>
		Cauce ordinario.
<b>Modo de presentarse.</b>	Formando barras, ocupando recodos, etc.	Formando barras continuas, estrechas y alargadas.
		Pequeños depósitos que jalonan el río.
	Horizontales. Superficie rugosa.	Horizontales con superficie plana.
<b>Vegetación.</b>	Escasa o Nula.	Generalmente cultivados.
<b>Tonos.</b>	Claros. Varían del blanco al gris.	Pueden variar del gris claro al oscuro. Frecuentemente con un enrejado de diversos tonos.

### 2.4.3. Terrazas fluviales:

Es una estructura plana en forma de banco producida por una corriente de agua. Que quedo elevada conforme la corriente erosionaba en sentido descendente.

Estas son muy fáciles de identificar en fotogeología. Al ser un resto del antiguo lecho de inundación del río, las características fotogeológicas serán similares a las de los aluviones respecto al tono, vegetación etc.

La distinta morfología que presentan las terrazas que es el dato mas importante para su identificación.

<b>Morfología de las terrazas</b>	Forman superficies planas o ligeramente inclinadas.
	Quedan limitadas por un reborde escarpado, generalmente de poca altura.
	Están situadas a una cierta altura sobre el cauce actual del río.
	Suelen aparecer formando retazos discontinuos y de poca anchura, más o menos paralelos al río.
	Pueden presentarse varios niveles de terrazas, de los que las más antigua será la que tenga la cota más alta, y la más moderna, la más próxima al lecho del río.

El que las terrazas fluviales aparezcan formando retazos discontinuos y estrechos es debido a que, aunque los lechos de los ríos suelen ser en la actualidad más estrechos que los antiguos, la erosión de los mismo es suficiente para ser desaparecer las terrazas en la mayor parte de su curso, quedando estas protegidas de la erosión solo en algunos sitios.

### 2.4.4. Cono de deyección:

Son depósitos acumulados sobre llanuras o zonas bajas en general y alimentados por torrentes temporales de montaña. El estudio de los conos de deyección pueden ser más completos en Fotogeología que el realizado en el campo por su extensión, límites, etc.

El avance de los conos de deyección pueden ser estudiados con gran precisión si se dispone de varias fotografías tomadas en distintas épocas, en las que se sigue la distinta extensión de los conos.

En el caso de tratarse de varios conos provenientes de torrentes paralelos que por su proximidad se pueden interferir, se puede apreciar claramente en la fotografía cuales son los conos de mayor importancia, cuales desplazan, etc.

El estudio de los conos de deyección es de gran importancia, pues debido a su gran movilidad ofrecen un serio peligro para carreteras, ferrocarriles y obras publicas en general, además de las inundaciones a las que pueden dar lugar la elevación a la que el torrente puede ser sometido.

Veamos los principales datos en los que nos podemos basar para su identificación Fotogeológica:

- **Situación:** Están siempre situados en la desembocadura de un torrente, sobre un terreno bajo. La unión de varios conos formados a expensas de varios torrentes puede dar lugar a la formación de una llanura aluvial de pie de monte.
- **Forma:** De abanico más o menos cónico, con el vértice situado en la desembocadura del torrente y a veces remontando la ladera.
- **Tono y vegetación:** depende principalmente de la antigüedad del cono de deyección.

	Conos en formación.	Conos antiguos.
<b>Vegetación</b>	Escasa o nula.	Dada su gran fertilidad suelen estar muy cultivados.
<b>Tono</b>	Claros, a veces casi blancos.	Generalmente más oscuros. Depende mucho del tipo de cultivo, época en la que esté tomada la foto, etc

Generalmente los conos de una cierta envergadura presenten una parte del mismo en formación y otra antigua. Ello es debido a que al obstruir los materiales la salida del torrente, éste busca un nuevo cauce al lado del anterior, cauce que será de nuevo obstruido dando lugar a la formación de otro nuevo, y así sucesivamente. El desage del torrente ocupa, por lo tanto, sólo una parte del mismo cono, generalmente una lateral, cuyas características serán las de un cono en formación. El resto del mismo presentará el aspecto de los aluviones maduros pero con una inclinación que suele ser superior al 5 por 100.

- **Drenaje:** El desage del torrente a través del cono suele hacerse a través de una serie de canalillos que se abren en abanico. En los conos de una cierta envergadura suele haber también otro tipo de drenaje que corresponden a las aguas de lluvia, cuyo encauzamiento forma una serie de arroyos que desembocan en el valle principal.

#### 2.4.5. Coluviones:

Son Depósitos sedimentarios acumulados al pie de una vertiente, donde el material sólido es mayor que el agua. La superficie de estos depósitos esta mas o menos adaptada a la topografía del sitio en que se encuentran aunque tienden a nivelarlo cuando el material aportado es suficiente. En Fotogeología se identifican fácilmente, además por su morfología anómala, en comparación con la morfología de la zona, por la serie de cultivos, prados naturales o vegetación que sobre ellos se asienta.

### 2.4.6. Depósitos diluviales:

También llamados llanuras de aluviones antiguos. Estos son semejante a los aluviones depositados en las llanuras fluviales pero su grado de madurez y endurecimiento. Dan lugar a superficies planas, generalmente horizontales, o poco inclinadas. En Fotogeología son semejantes a los aluviones actuales de los que se diferencian por no estar circunscrita su aparición a los valles fluviales, pudiendo aparecer formando planicies de mayor o menor extensión en interfluvios actuales.

## 2.5. ESTUDIO DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS:

### 2.5.1. Generalidades:

Las rocas sedimentarias son rocas que se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos (diagénesis), resultan en un material de cierta consistencia.

Las rocas sedimentarias se clasifican según su origen:

- Las rocas detríticas, o fragmentarias, se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas, sin deterioro químico, gracias al agua. Son acarreadas hasta masas mayores de agua, donde se depositan en capas. Ejemplos: lutitas y arenisca.
- Las rocas sedimentarias químicas se forman por sedimentación química de materiales que han estado en disolución durante su fase de transporte. Ejemplos: yeso, anhidrita y calizas.

Las rocas sedimentarias son las más fáciles de identificar en Fotogeología, debido a sus características peculiares. En la fotografía se puede apreciar los planos de estratificación de las mismas, pudiéndose seguir en algunos casos los estratos durante kilómetros.

En las series estratigráficas sedimentarias, la diferencia de resistencia a la erosión de los diferentes estratos suele dar lugar a bandeo característico de estas rocas en Fotogeología. Este bandeo puede verse resaltado por la presencia de la vegetación en algunos estratos. La dirección y el buzamiento son fáciles de seguir. Son las únicas que pueden dar lugar a superficies topográficas estructurales, es decir que la superficie topográfica coincide con el techo de los estratos.

### 2.5.2. Las arcillas:

#### Generalidades:

Es una roca suelta clástica, finamente terrosa, formada de cuarzo y minerales arcillosos procede de los silicatos primarios contenidos en las rocas, tales como micas, feldspatos, piroxenos, anfíboles, etc., que por oxidación o desilificación parcial se convierten en minerales arcillosos.

#### Morfología:

Hay dos factores principales de los depósitos de arcillas que tendrá una gran influencia en este tipo de rocas:

- Falta de consolidación.
- Extrema pequeñez de las partículas que las componen.

Sus características Fotogeológicas principales se basaran también en otros factores, como son el origen del deposito, potencia del mismo, forma de presentarse, clima y madurez de la red fluvial.

Según su origen, podemos dividir las arcillas en dos grupos principales: Arcillas transportadas y Arcillas residuales.

- **Arcillas Transportadas:** El relieve de dichas arcillas dependerá principalmente del tipo de depósito que forman.

1. Depósito de una cierta extensión y potencia: Evolucionan por abarrancamiento en climas mediterráneos o subdesérticos donde las lluvias son escasas y violentas. En estos climas, al faltar una cobertura vegetal que proteja a las arcillas de la erosión, las aguas de lluvias se concentran e infiltran, dando lugar a una serie de cárcavas o barrancos. La morfología de la zona dependerá del estado de madurez de la red fluvial. Si la red fluvial es inmadura, se formaran barrancos muy ramificados y a veces profundos, cuencas próximas y estrechas, interfluvios apuntados en crestas, evolución muy rápida, retrocediendo la cabecera del barranco a cada nuevo temporal. Si la Red fluvial es madura, las crestas agudas que separan las cuencas de los barrancos se van desmoronando fácilmente hasta dar como resultado unos valles muy anchos separados por pequeñas lomas apuntadas, por la imposibilidad de desarrollar sobre estas arcillas un buen cultivo, la carencia de vegetación natural y la base tan poco apropiada que resultan para la vida del hombre, este tipo de arcilla recibe el nombre de Tierra Mala.
2. Depósitos intercalados entre otros materiales: Suelen aparecer estratificadas, aunque no se pueda ver en la fotografía. Cuando el afloramiento está protegido de la erosión por otros materiales suelen dar lugar a depresiones de la formación generalmente alargados, siguiendo la forma del estrato, o bien forman valles que separan los relieves formados por las otras rocas. Sin embargo, cuando las arcillas están situadas formando una pequeña pendiente a favor de la cual puedan correr las aguas de lluvia dan lugar a unas pequeñas cárcavas que se distinguen perfectamente en la fotografía.

- **Arcillas Residuales:** Estas tienen unas características diferentes a las arcillas transportadoras, las cuales son las siguientes:

1. Son arcillas que carecen de estratificación a la escala de la fotografía.
2. Ocupan las depresiones y huecos de otras formaciones, principalmente calcáreas.
3. Dan lugar a superficies generalmente llanas.
4. Su extensión puede ser limitada.
5. Adquieren un mayor desarrollo sobre formaciones calizas sub-horizontales.

### **Drenaje:**

Es la principal característica Fotogeológica de las arcillas, pero solo se manifiesta cuando el agua de arrollada corre con un acierta pendiente. En este caso, dada la deleznableidad de las mismas y el pequeño tamaño de las partículas que las componen, el drenaje resultante es dendrítico y muy tupido. Las arcillas son insolubles, por su gran poder de inhibición forman una pasta fangosa con el agua de lluvia, que se desmenubra del resto de la masa, deslizándose por soliflucción cuando alcanza una fluidez suficiente. Al desprenderse esta masa, el pequeño valle donde corre el arroyo queda con las laderas cóncavas, con lo que el drenaje final dará como resultado unared de arroyos muy próximos unos a otros, pero dejando entre medias pequeñas

crestas apuntadas. Estas crestas son unas de las principales características que nos permite diferenciar las arcillas de las arenas.

<b>Características fotogeológicas del drenaje en las arcillas.</b>		
<b>Arcillas transportadoras</b>	Depósito de una cierta extensión y potencia.	Drenaje muy tupido.
		Formación de cárcavas y barrancos cuyas características se han descrito al hablar de la morfología.
	Depósitos intercalados entre otros materiales	Cuando los afloramientos no están protegidos por la erosión, aparece el drenaje tupido propio de las arcillas.
		En el caso de que estén protegidos de la misma, forman franjas alargadas y planas de drenaje nulo, o bien corre por ellas el drenaje general de la zona por ocupar las arcillas la cota más baja.
		Cuando las arcillas estén mezcladas, el drenaje participara de las características de ambos componentes. Ej. Si se tiene arcillas arenosas, el drenaje no será tan tupido como en el caso de las arcillas puras y las pequeñas crestas que separan los arroyos serán mas redondeados.
<b>Arcillas Residuales</b>		Carecen de drenaje propio
		Pueden servir de base a los arroyos o ríos de la zona por ocupar las cotas mas bajas.

#### **Fallas y fracturas:**

Son difíciles de ver en fotogeología, pues debido a la plasticidad y fluidez de las arcillas, cualquier tipo de fractura tiende a enmascarse. La manera más frecuente de identificarlas es debido a la alineación de arroyos, o bien por presentarse una línea continua más oscura que el resto que atraviesa el depósito. Otra manera de identificarlas es que por su envergadura den lugar a un cambio topográfico en las arcillas.

#### **Vegetación:**

Cuando las arcillas han dado lugar a la formación de tierras malas, o por estar situadas en pendientes, el drenaje de las mismas es muy tupido, la vegetación que se desarrolla sobre ellas es despreciable desde el punto de vista fotogeológico. Cuando por su emplazamiento las arcillas dan lugar a superficies protegidas de la erosión, suelen formar una buena base para el desarrollo de cultivos, como suele pasar con las arcillas residuales.

#### **Tono:**

Dado que los colores naturales de las arcillas son corrientemente pardos, grises, rojitos o verdes, el tono con que estas aparecen en la fotografía son generalmente oscuros, tono que puede ser modificado por estar mezcladas con otros materiales. Así, unas arcillas arenosas presentaran tonos más claros que unas completamente puras. Las arcillas con mezcla de yesos pueden presentar un ligero moteado que sería el típico de éstos.

### 2.5.3. Las arenas:

Se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca.

#### Morfología:

Las arenas forman depósitos no consolidados y pocos coherentes y, por tanto, fácilmente erosionable. El grado de erosión dependerá de varios factores, como son el clima, grado de cementación del depósito, compacidad, etc. Estos factores pueden quedar resumidos en dos factores principales:

<b>Grado de erosión decrece con</b>	El grado de humedad del depósito.
	La cohesión del mismo.

Las características morfológicas de las arenas mas fácilmente apreciables en las fotografías son:

<b>Relieve</b>	Dan lugar a relieves bajos, tendiendo a formar llanuras, generalmente a nivel de una capa más resistente que el resto de la formación que haga frente a la erosión. A veces esta capa corresponde a una zona de mayor humedad, puede ser la superficie freática.
	La superficie de dicha llanura es irregular con pequeños cerros redondeados o de relieve tabular.
<b>Estratificación</b>	Aunque las arenas se presentan estratificadas ligeramente, esta estratificación puede no ser visible en la fotografía. Se aprecia más fácilmente en ésta cuando es horizontal o con pocos grados de inclinación. Es fácil que los distintos lechos posean la misma composición, y el drenaje y el tono con que aparecen en fotogeología indicaran las diferencias existentes entre ellos.

#### Drenaje:

Es la característica mas destacada de las arenas y la que permite un mayor interpretación de las mismas. La forma del corte transversal de debe a que al estar compuestas las arenas por materiales sueltos e insolubles, el agua de lluvia en su caída puede efectuar un arrastre grano a grano al no existir ningún enlace entre ellos que lo impida. Sin embargo las arcillas están compuestas de un material sumamente fino, el agua forma con el una pasta viscosa que se desmorona y desliza de un golpe cuando su fluidez es suficiente. El perfil resultante en las arcillas es de forma cóncava, dando crestas apuntadas en los interfluvios, esta es una de las principales diferencias entre arenas y arcillas. La densidad del drenaje y el índice de abarrancamiento son dos medidas bastantes precisas para detectar la presencia de arcillas en las arenas.

<b>Características del drenaje</b>	Permeabilidad	Muy alta. Solo son permeables cuando están:	Heladas	
			Saturadas de agua	
			Tienen lechos de arcillas intercaladas	
	Tipo de red	Dendrítica		
	Espaciado	El espaciado será mayor cuanto mayor sea:	Red muy tupida	
			El tamaño del grano	
			La cohesión del depósito	
	Control tectónico			
Perfil	Arroyos encajados en forma de V			
	Interfluvios convexos, con superficie superior redondeada o plana			

**DRENAJE POR TRANSPARENCIA:** Debido a la gran permeabilidad de las arenas, el agua de lluvia al filtrarse se concentra sobre el material impermeable sobre el que estas están situadas, creando un drenaje subterráneo con las características propias del tipo de material por el que corre. Este drenaje puede traslucirse en la superficie, a causa de la diferencia de saturación de las arenas que se transformarían en una diferencia de tono en las fotografías. Las condiciones para su existencia son:

- Depósito de arenas somero.
- Tiene que estar sobre un material impermeable.

#### **Fallas y fracturas:**

Las arenas son un material que presenta un grado de fracturación muy bajo en fotogeología. El reconocimiento de las fallas y fracturas se presenta muy difícil debido a las características del material. Los posibles caminos de identificación son:

- Alineación de arroyos.
- Alineación de la vegetación.
- Presencia de una franja estrecha de tono mas oscuro (mayor concentración de humedad) que atraviesa el deposito de arenas.

La localización de fracturas en fotogeología puede corresponder a tres tipos de fracturas sobre el terreno:

1. Por diferencia de tensiones, empujes, etc. Este tipo de fractura una vez localizado en la fotografía, puede comprobarse directamente sobre el terreno; a veces no resulta fácil su localización por el geólogo de campo, pero la presencia de pequeñas fallas y fracturas en la dirección indicada en fotogeología puede confirmar una fracturación tectónica en ese sentido.
2. Fracturación de ajuste, son fracturas propias de las arenas pero originadas por una adaptación de éstas a las fracturas del substrato. Este tipo de fracturación es muy difícil de apreciar en el campo, pero en fotogeología se aprecia claramente.

3. Fracturación por transparencia, este tipo de fractura no corresponde en realidad a las arenas, sino que es debido a la fracturación del substrato, pero sin adaptación de las arenas al mismo. Sin embargo la franja de las arenas situadas sobre la fractura tendrá un nivel de saturación distinto al resto del depósito, lo que se acusará en una diferencia de tono en la fotografía.

Las fallas son muy difíciles de distinguir en las fracturas en este tipo de material. El único factor de identificación es su mayor envergadura, distinta topografía de la zona a ambos lados de la misma, etc.

### **Vegetación:**

Dada su alta permeabilidad y la ligereza de los suelos que forman, las areniscas silíceas no admiten vegetación natural sobre ellas. Sin embargo, cuando están mezcladas con arcillas u otro tipo de material que sea muy húmedo y aporte minerales para la nutrición de las plantas, la vegetación llega a ser importante.

### **Tono:**

Las arenas se presentan en tonos claros que pueden quedar enmascarados en el caso que existan cultivos o algún otro tipo de vegetación. Si son muy puras se presentarán en tonos claros, casi blancos, y si están mezcladas con arcilla se presentarán en tonos más oscuros, etc.

### **2.5.4. Las areniscas:**

#### **Generalidades:**

La arenisca es una roca sedimentaria, de color variable, que contiene clastos de tamaño arena. Después de la lutita, es la roca sedimentaria más abundante y constituye cerca del 20 % de ellas. Los granos son gruesos, finos o medianos, bien redondeados; de textura detrítica.

#### **Morfología:**

La variación existente en la naturaleza y tamaño del grano, composición de la matriz, textura abundancia o escasez de ésta, presencia de cemento, composición del mismo, etc.; da lugar a una gran variedad de estas rocas en cuanto a dureza, color relieve y morfología lo que dificulta su identificación en la fotogeología. En general las areniscas son rocas de resistencia media que varía según la composición de las mismas y principalmente según la naturaleza del cemento que une los granos y grado de cementación de la roca. Los relieves dependerán de esta variación de resistencia.

<b>Factores que condicionan el relieve</b>	<b>Relieves</b>	
	<b>Bajos</b>	<b>Medios</b>
<b>Composición de los granos</b>		Cuarzo cuarcitas
<b>Naturaleza del cemento</b>		Silíceo
<b>Grado de cementación</b>	Bajo	
<b>Clima</b>	Húmedo	árido
<b>Cohesión</b>	Escasa	Elevada

Características fotogeológicas de las areniscas:

Características Generales	Morfología
<b>Areniscas Estratificadas</b>	No suelen formar grandes extensiones, aparecen intercalada entre otros materiales como calizas, pizarras, etc.
	No es frecuente encontrar bancos muy potentes, aunque lo sea el resto de la formación.
	Presenta una estratificación clara fácil de ver en la fotografía.
	El borde de los estratos no suele ser continuo, sino dentado y anguloso. Este es uno de los criterios principales en la identificación de las areniscas.
	Cuando aparecen intercalados entre otros materiales, los estratos de areniscas resaltan el resto de la formación, por dar un pequeño escarpe.
<b>Areniscas masivas</b>	El contacto con otro tipo de materiales suele hacerse con escarpe.
	Abundante acumulación de derrubios en las vertientes.

**Drenaje:**

Las areniscas son rocas de permeabilidad media que presentan en conjunto un drenaje pobre, cuyo modelo variará según la manera que tengan dichas rocas en presentarse, estratificadas, masivas, etc.

<b>Características generales del drenaje</b>	Drenaje pobre.
	Espaciado amplio.
	Perfil de los valles en forma de V.
	Orientación regular de la red hidrográfica.
	Carácter dendrítico poco acusado.

El drenaje de las areniscas variará en el caso de que los estratos aparezcan horizontales o plegados.

<b>Areniscas plagadas</b>	Control estructural	Ríos colectores	Corren paralelos a los estratos.
			Generalmente, por fracturas o materiales más blandos.
		Arroyos de laderas	Son transversales a los anteriores
			Corren en el sentido de buzamiento de los estratos
			Recorrido corto
		Cabecera poco ramificada	
<b>Areniscas horizontales</b>	Erosión vertical de la corriente muy fuerte		
	Ríos muy encajados		
	Formación de cañones en climas áridos		

**Fallas y fracturas:**

Las areniscas son rocas que aparecen frecuentemente falladas y dislocadas. Tanto falla de gravedad como de dirección. En las areniscas suelen presentarse dos direcciones principales de fracturación que se cortan formando un ángulo más o menos rectangular. En cuanto a las fallas, la claridad con la que se aprecian en la fotografía los estratos de areniscas son una gran ayuda en la identificación de las mismas.

**Tono:**

Los tonos de las areniscas son generalmente claros, aunque varía según la composición de las mismas y su grado de cementación. La vegetación en estas rocas es espaciada.

Tonos	Tipo de roca
Oscuros	Areniscas ferruginosas
Claros	Areniscas silíceas
	Areniscas calcáreas
	Areniscas poco cementadas, etc.

**2.5.5. Los conglomerados:****Generalidades:**

Es una roca sedimentaria formada por fragmentos de otros tipos de rocas unidos por un cemento. Los primeros fragmentos pueden ser calizas, pizarras, areniscas, etc., mientras el tipo de cemento que los une puede ser silíceo, calcáreo, ferruginoso, etc.

**Morfología:**

Es variable, dependiendo principalmente de la composición de los conglomerados, tamaño del canto, edad y manera de presentarse. Veamos sus principales características:

- Los conglomerados aparecen estratificados, pero no es muy clara en fotogeología como en el caso de las areniscas.
- Son rocas poco plásticas en general, disminuyendo la plasticidad con el aumento de tamaño del canto, siendo frecuente encontrarlas horizontales o con buzamientos no muy fuertes.
- En el caso en que los conglomerados no ofrezcan una gran resistencia a la erosión, la erosión lineal es intensa, dando lugar a una serie de valles que delimitan cerros redondeados.
- En el caso en que los conglomerados aparezcan fuertemente cementados o bien que por tener una matriz silícea su resistencia a la erosión sea mayor, la erosión de los ríos es menos intensa al igual que el redondeamiento de los cerros limitados por ellos.
- Cuando aparecen cementados entre otras rocas de resistencia parecida, su identificación Fotogeológica no es fácil, confundándose a menudo con areniscas.
- Cuando los conglomerados aparecen intercalados en una serie horizontal de resistencia menor a la de los mismos (arcillas, margas, arenas, etc.), las capas de conglomerados dan lugar a plataformas de mayor o menor extensión según sea el grado de erosión de los mismos, que protegen de la misma al resto de la serie.
- Los conglomerados del terciario superior y cuaternario son muy fáciles de identificar en Fotogeología debido a varias características peculiares de los mismos:
- Forma una extensa plataforma que protege de la erosión a la serie inferior, generalmente compuesta de materiales más débiles que ellos.

- La plataforma de conglomerados aparece horizontal o ligeramente inclinada, siendo buena base para los cultivos.

### Drenaje:

Los conglomerados son rocas de permeabilidad baja. Dicha permeabilidad:

1. Crece con la solución de la matriz,
2. Decrece con el grado de cementación de la roca.

El drenaje de este tipo de roca no tiene unas características propias que ayuden a identificar por si misma en Fotogeología los conglomerados como tales. Las más peculiares son parecidas a las areniscas, y pueden ser:

1. Drenaje pobre.
2. Espacio muy amplio.
3. Encajamiento rápido de la red.
4. Perfil de los valles en forma de V.
5. Carácter dendrítico de la red poco acusada.
6. Perfil de las laderas convexo.

### Fallas y fracturas:

Debido al bajo grado de plasticidad de los conglomerados, éstos aparecen frecuentemente fallados en el caso de haber sufrido algún plegamiento. La identificación de las fracturas se puede hacer en Fotogeología por: alineación de la vegetación, alineación de arroyos, tramo recto de la red, línea de rotura que aparece netamente en las fotografías, etc. En el caso de las fallas son claramente visibles, cuando dan lugar a escarpes fotográficos o a desplazamiento de los estratos.

### Tono:

Los tonos de los conglomerados en la fotografía son generalmente claros, dependiendo principalmente de la matriz y del grado de cementación de la roca.

Tonos	Características de la roca
Claros	Conglomerados poco cementadas, etc.
	Conglomerados calcáreos
	Conglomerados silíceos
Oscuros	Conglomerados de matriz ferruginosa

## 2.6. ESTUDIO DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS:

### 2.6.1. Generalidades:

Estas son rocas formadas por la presión y las altas temperaturas. Proceden indistintamente de la transformación de rocas ígneas y de rocas sedimentarias. El proceso para que se conviertan en metamórficas se denomina metamorfismo. Se trata de un proceso lento.

#### **Metamorfismo de contacto:**

Se produce cuando la ascensión de un magma hacia las zonas superficiales de la corteza terrestre provoca, por su elevada temperatura un cambio brusco en las zonas que atraviesa. Este metamorfismo solo se observa en la fotografía en el caso de que la zona afectada sea extensa o que el metamorfismo sea suficientemente acusado como para traslucirse claramente el color de la roca, morfología, drenaje o cualquier otro efecto capaz de ser percibido por la fotografía.

#### **Metamorfismo dinámico:**

En este caso interviene principalmente la presión. En zonas de gran trituración, zonas de fallas, fracturas intensas, las rocas, a causa de la presión sufrida, se deforman reorganizándose su estructura.

#### **Metamorfismo Regional:**

Es el más importante pudiendo afectar a cientos de kilómetros cuadrados. Es el que ha dado lugar a la formación de los principales tipos de rocas metamórficas; cuando hablamos en general de metamorfismo nos referimos a él.

La presión y temperatura aumentan con la profundidad, y la reacción de la roca ante la influencia de las mismas será distinta, dando una roca más metamorfizada cuanto mayor sea el grado de presión y temperatura a la que este sometida, también influirá la composición y naturaleza primitiva de la roca.

Las principales rocas que se producen en el metamorfismo regional son las pizarras, filitas, esquistos, micacitas, neises, granulitas, anatexitas, migmatitas, mármoles, serpentinas, cuarcitas, etc.

### 2.6.2. Características fotogeológicas de las rocas metamórficas:

#### **Pizarrosidad:**

Las características fotogeológicas de las rocas metamórficas están basadas en los cambios estructurales sufridos por los materiales rocosos sometidos a altas temperaturas y presiones. Estos cambios estructurales consisten en la deformación y orientación de los minerales, disponiéndose transversalmente a las tensiones que actúan sobre ellos. Esta deformación recibe el nombre de pizarrosidad, dándole a la roca planos de exfoliación más débiles que el resto.

#### **Drenaje:**

Salvo en el caso de las cuarcitas que son las rocas metamórficas que se parecen a las sedimentarias, el drenaje en el resto de las rocas metamórficas tiene las siguientes características fotogeológicas:

<b>Características del drenaje en las rocas metamórficas</b>	<b>Espaciado</b>	Bastante uniforme
		Mayor cuanto mayor sea el grado de metamorfismo o la dureza de la roca.
	<b>Control estructural</b>	Suele existir una ligera adaptación a la dirección de Pizarrosidad de la roca.
	<b>Control tectónico</b>	Frecuente y en algunas ocasiones intenso.

**Relieve:**

Como regla general del metamorfismo se puede decir que el relieve formado por los materiales metamórficos es mayor cuanto mayor sea el grado de metamorfismo de la roca y la dureza de la misma. Las pizarras me ocasionan depresiones mientras las cuarcitas y neises relieves fuertes.

**Tono:**

Menos en el caso de las cuarcitas las rocas metamórficas son generalmente de colores oscuros, variando estos según el grado de metamorfismo, composición de la roca, etc. Cuando la fotografía es tomada en verano, pueden dar lugar a colores claros, también debido a los cultivos.

**2.6.3. Las Pizarras:****Generalidades:**

La pizarra es una roca metamórfica homogénea formada por la compactación de arcillas. Se presenta generalmente en un color opaco azulado oscuro y dividida en lájas u hojas planas siendo, por esta característica, utilizada en cubiertas y como antiguo elemento de escritura.

Las pizarras son las rocas resultantes de la actuación del metamorfismo regional sobre grandes masas de sedimentos pelíticos, como arcillas, limos, cienos, etc.

El grado de metamorfismo sufrido por estas rocas es muy bajo pero muestran ya una pizarrosidad clara, con la cual coinciden los planos de rotura del material.

**Morfología:**

Por ser precedentes de la transformaciones de arcillas y haber sufrido un metamorfismo muy bajo, son rocas blandas, aparecen ocupando depresiones topográficas debido a su fácil erosionabilidad, que permite a los diversos agentes atmosféricos reducirlas prontamente a una llanura.

**Relieve:**

- Forma siempre depresiones.
- Dan lugar a superficies planas y rugosas, formando pequeñas lomas redondeadas tomadas de la misma altura, separadas por pequeños arroyos que las atraviesan.
- Bajo climas áridos, estas lomas evolucionan apuntándose ligeramente.
- Aparecen generalmente muy plagadas y sometidas a buzamientos muy fuertes, y es difícil de ver sobre la fotografía la dirección de estratificación.

- Esta dirección estratificación puede confundirse además con la dirección de esquistosidad de las pizarras.

Ambas orientaciones pueden identificarse en la fotografía a través de la:

- Alineación de la vegetación.
- Alineación del drenaje.
- Alineación del sombreado.

La identificación de las pizarras en Fotogeología suele ser bastante fácil, debido a su morfología típica y constante en todos los casos. Cualquier cambio en la altura de las lomas, en el espaciado del drenaje, claridad de orientación de los estratos etc.; indica zonas de metamorfismos distinto, por lo tanto, variación en el tipo de roca metamórficas.

### Drenaje:

El modelado del drenaje de las pizarras unido a la morfología de las mismas suelen ser criterios que bastan para su identificación en fotogeología:

<b>Características foto geológicas del drenaje</b>	<b>Dendrítico</b>
	Bastante tupido
	Es frecuente encontrar una ligera orientación en la red hidrográfica, según la estratificación o la pizarrosidad.
	En el caso de que ambas coincidan (pizarrosidad y estratificación), la orientación de la red se hace más patente.

También es frecuente el control estructural del drenaje por medio de fracturas, dando una red dendrítica total o parcialmente angular o rectangular, según la red de fracturas sea más o menos abundante.

Cuanto más finos sean los materiales que compongan las pizarras y menor sea su grado de metamorfismo, se hace más tupido el drenaje quedando un entrelazado de pequeñísimas lomas.

### Fallas y fracturas:

Aunque la facturación de la pizarras suele ser muy abundante, esta facturación no se aprecia claramente en las fotografías, siendo, por tanto una roca que presenta un grado de facturación bajo. La identificación de fracturas se hará a favor del control del drenaje, por alienación de arroyos.

- **Identificación de fallas:** En un terreno pizarroso es difícil precisar en foto geología cuando una línea de discontinuidad es un falla o una fractura, por ende se utilizan los siguientes datos:
  1. Depresión del terreno a uno de los lados de la falla.
  2. Separación de materiales de distintos grados de metamorfismo.
  3. Desplazamiento de fracturas a ambos lados de la línea de discontinuidad.
  4. Gran envergadura de una fractura.

**Vegetación:**

La vegetación que se desarrolla sobre un terreno pizarroso es escasa principalmente en los climas áridos. Los cultivos son escasos y pobres, salvo que el clima haya dado lugar a la formación de buenos suelos arcillosos. La vegetación natural suele ser de tipo arbustivo.

**2.6.4. Los esquistos:****Generalidades:**

Los esquistos son las rocas más abundantes dentro de la serie metamórfica. El grado de metamorfismo al que están sometidos es mayor que en el caso de las pizarras, por lo que la orientación de los minerales es muy clara. Los esquistos aparecen generalmente asociados a las pizarras sin que en muchos casos sea fácil separarlos, por existir una casi total continuidad entre unos y otros.

**Morfología:**

Los relieves a los que dan lugar son de tipo medio, siendo más fuertes que los de las pizarras. Las características fotogeológicas principales de los esquistos son:

- Los esquistos tienen una morfología peculiar constituida por lomas alargadas, debida a la alineación de los minerales que es un carácter dominante en ellas. En el caso de ser homogénea las lomas resultantes serán de altura constante, pero varían según la composición, cohesión, etc.
- El relieve de dichas lomas será:

Factores que intervienen		Relieve resultante
La composición de los sedimentos originales		La altura de las lomas será mayor cuanto mas silíceos sean los sedimentos
Grado de metamorfismo		A mayor grado de metamorfismo, mayor será el relieve de la lomas
Clima	Húmedos	Lomas redondeadas semejantes a las formadas en terreno pizarroso, pero de mayor extensión y altura que éstas. Erosión de los esquistos fácil, siendo abundante la formación de suelos principalmente arcillosos, lo que contribuye a suavizar la topografía, aunque enmascarando la estructura de la roca.
	Áridos	Las lomas tenderán a apuntarse en forma de cresta.

- Los esquistos, como todas las rocas metamórficas aparecen muy replegadas, siendo muy difícil seguir las estructuras en la fotografía. Es muy fácil confundir desde la fotografía aérea la esquistosidad con la estratificación, no pudiendo diferenciarse en muchos casos.
- Los buzamientos de los esquistos son también difíciles de ver; la vegetación y el drenaje contribuyen a resaltar las alineaciones de esta.
- Las micacitas, debido a su mayor dureza, dan relieves mas fuertes y mejor alineados, terminados en finas crestas o aristas que corresponden a la orientación de las micas. Se pueden confundir con los neises en muchos casos.

### 2.6.5. Drenaje:

El modelado de drenaje en los esquistos varia con la dureza de éstos, grado de metamorfismo y clima, la variación de espacio es un índice muy exacto de la variación de dureza y grado de metamorfismo de la roca.

Características de la red hidrográfica en los esquistos	Carácter de la red en general		Dendrítica
			Espaciado medio, será mayor cuanto mayor sea la dureza y el metamorfismo
	Control estructural del drenaje	Climas áridos	Acusado
			Mayor desarrollo de los arroyos que corren paralelamente a las colinas
	Control tectónico	Climas húmedos	Muy poco acusado
		Debido al redondeamiento de las colinas, el drenaje suele ser dendrítico, homogéneo y poco anguloso	
	Climas áridos	Control acusado debido al encajamiento de la red	
	Climas húmedos	La presencia de suelos arcillosos, impide una buena adaptación de la red hidrográfica a las fallas y fracturas del terreno.	

#### Fallas y fracturas:

La facturación de esta roca es mayor que la de las pizarras y, sobre todo, se localiza mejor en la fotografía, pues al tener los esquistos una mayor dureza y compacidad que las pizarra, tanto las fallas como las fracturas presentan una línea más neta y por tanto más fácil de apreciar. Las características para la identificación de fallas y fracturas es prácticamente la misma que para las pizarras.

#### Vegetación:

La vegetación de los esquistos depende principalmente del clima en el que estén situados:

- **Climas húmedos:** suele desarrollarse sobre ella una buena vegetación natural, favorecida por la presencia de suelos arcillosos.
- **Climas áridos:** la vegetación es más escasa reduciéndose principalmente al tipo arbustivo.

La orientación de los esquistos puede influir en la alineación de la vegetación, notándose en algunos casos un claro bandeo a favor de la esquistosidad.

#### Tono:

El tono con el que aparecen los esquistos en la fotografía varia entre el gris medio y el gris oscuro. Principalmente dominante estos últimos tonos, sobre todo en los climas húmedos.

La presencia de determinados tipos de cultivos en algunas épocas del año, principalmente en verano, puede dar lugar a que los esquistos aparezcan en tonos claros.

### 2.6.6. Los Neises:

El neis es una roca metamórfica de composición semejante a la del granito, lo que da lugar a una morfología muy parecida a la de éste. Las características fotogeológicas de ambas rocas son, por tanto muy semejantes, lo que unido a la frecuencia con la que aparecen asociadas hace difícil en algunos casos la identificación y cartografías de estas.

#### Morfología:

La principal diferencia fotogeológica existente entre el granito y el neis reside en que mientras aquél, por ser una roca de textura homogénea presenta en la fotografía formando una masa uniforme, el neis, debido a la orientación de sus minerales, presenta un bandeo discontinuo e irregular. Las superficies neísicas tienen un aspecto menos rugoso que las graníticas, presentado aristas y crestones en la dirección de orientación, en lugar de las formas redondeadas que presenta en granito. Igual que el granito, el neis es una roca dura y resistente, que también se comporta ante la erosión de diversas formas, según su comportamiento, clima al que está sometido, etc. Bajo un clima cálido, la erosión del neis será menos intensa que en uno frío, al contrario de lo que ocurre con el granito. Los relieves a los que el neis da lugar son también muy variados, pudiendo aparecer formando:

Tipo de relieve	Morfología	Suelos
<b>Relieves fuertes</b>	Macizos montañosos ligeramente alargados, según la orientación del neis	Escasos, salvo en climas muy húmedos
	Vertientes cortadas a pico	
<b>Relieves medios</b>	Lomas ligeramente alargadas, según la orientación del neis	Acumulación de suelos arcillosos en las depresiones
<b>Depresiones</b>	La orientación del neis será visible si el recubrimiento no es muy intenso	Recubrimiento de suelos arcillosos muy abundante

También en el neis se pueden encontrar restos de penillanuras colgadas en macizos montañosos, que en este caso se encontrarán mejor conservados en clima cálidos donde la erosión de esta roca es menos violenta.

#### Fracturación:

**Las fracturas:** son muy abundantes, aunque no tanto como el granito. Su identificación en la fotografía es fácil, sobre todo cuando no coincide con la dirección de orientación del neis. Vamos a ver los principales caracteres que las definen en este caso:

<b>Factores determinantes de un fractura, de dirección no coincidente con la orientación del neis</b>	Línea neta que atraviesa la roca en tonos más oscuros
	Alineación de la vegetación
	Alineación de ríos y arroyos
	Cauce de un río o arroyo en línea recta, durante un cierto recorrido

Estos criterios de identificación no sirven en el caso de identificar una fractura cuya dirección coincida con la orientación de la roca, porque, da hecho, aunque no haya fracturación, es frecuente la adaptación de la vegetación y los arroyos a dicha orientación. De todos modos, el bandeo con el que el neis aparece en la fotografía es discontinuo e irregular, como ya dijimos, por lo que la adaptación de los arroyos se hace durante un pequeño trecho, igual que sucede con las franjas de vegetación. Por lo tanto, los factores anteriores, vegetación y drenaje, solo determinarían una fractura en el caso de ser coincidentes con la orientación de la roca, cuando sean lo suficientemente marcados o su longitud sea superior a lo normal, de manera que

se note claramente que están producidos por una causa anómala.

**Fallas:** igual que en el caso de las fracturas, las fallas se determinan mejor en la fotografía en el caso de que su dirección no coincida con la orientación de la roca. También e el neis es difícil diferenciar una falla de una fractura, aunque dicha orientación supone una gran ayuda, lo que no ocurría en el caso del granito.

<b>Criterios para la identificación de una falla</b>	Discontinuidad muy marcada en el bandeo de la roca a ambos lados de la falla
	Escarpe de falla o de línea de falla
	Valle rectilíneo
	Gran desarrollo de una fractura

**Diaclasas:** Mientras que en granito las diaclasas podían percibirse bastante bien en la fotografía, en el caso del neis, además de ser mucho menos abundante el diaclasamiento de la roca, su identificación fotogeológica es muy difícil. Este será otro de los factores de identificación entre el granito y el neis.

#### Drenaje:

El modelo de drenaje correspondiente al neis carece de rasgos característicos como pasaba en el granito. Sin embargo, la diferencia existente entre la red hidrográfica del granito y el neis nos puede, servir, junto con otros criterios de identificación.

Las principales diferencias en el drenaje de ambos tipos de rocas son:

<b>Características del drenaje</b>	<b>Granito</b>	<b>Neis</b>
	Red dendrítica espaciada con tendencia a ser radial	Red dendrítica más tupida con tendencia a estar orientada
	Terminaciones curvas en forma de pinza	Terminaciones curvas pero más cortas y con curvaturas menos acusada
	Drenaje angular frecuente	Puede haber drenaje angular pero es menos extenso y riguroso.

#### Vegetación:

En el lugar de los suelos eminentemente arenosos que se forman por la erosión del granito, la erosión del neis da lugar a suelos más arcillosos. Esto favorece el desarrollo de la vegetación natural, que será más abundante en esta roca, pudiéndose formar grandes bosques, principalmente de coníferas, plantas arbustivas, etc., similar a la vegetación del graitto. En los climas donde la erosión del neis se efectuó con mayor facilidad, como ocurre en los climas fríos, la vegetación será más abundante.

#### Tono:

La presencia de cuarzo y ortosa, alternando en bandas con materiales ferruginosos, confiere a la roca, según la abundancia de unos u otros, colores claros u oscuros. En la fotografía, el neis suele presentarse en tonos gris claro, semejantes a los del granito. Cuando se puede ver claramente la orientación de la roca, se caracteriza por la presencia de finas bandas claras correspondientes a la roca desnuda, alternando con otras debidas a la presencia de suelos producidos por alteración de la roca, que por su mayor humedad, vegetación,

etc., presentan tonos más oscuros. El conjunto presenta un aspecto hojoso y discontinuo que caracteriza el neis.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

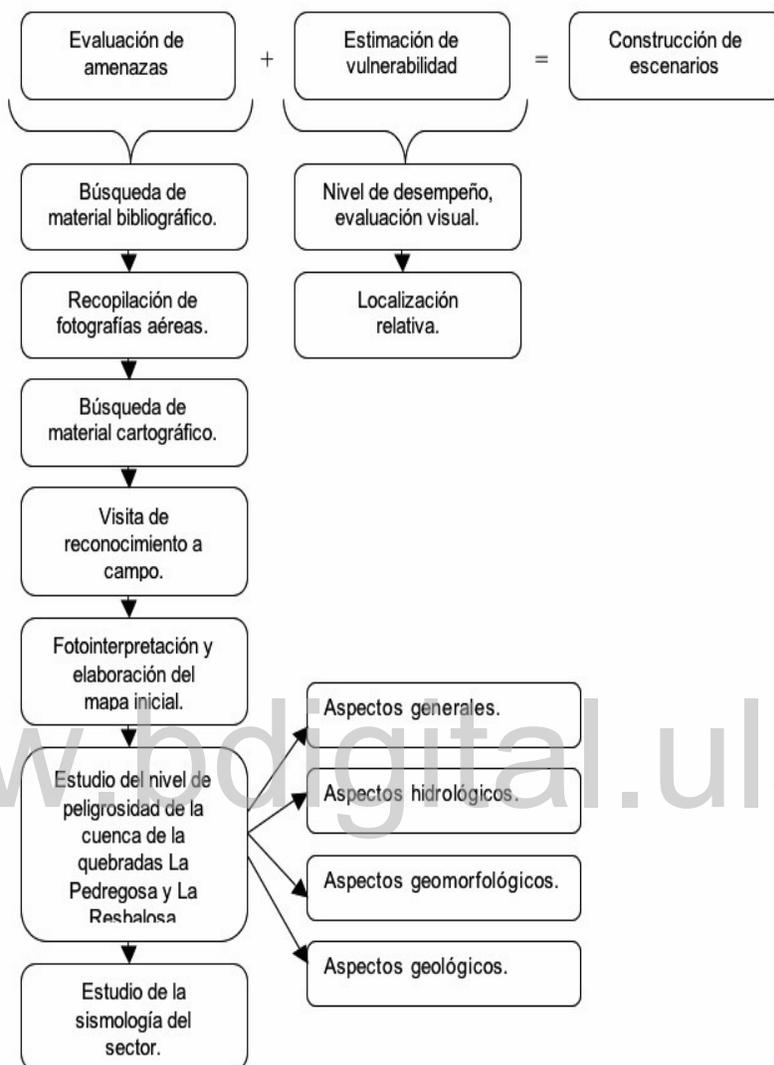
## Capítulo 3

# AMENAZAS NATURALES. Caracterización.

Con miras a la elaboración de escenarios de amenazas que presenta el sector Los Saraches de la pedregosa alta (astronómicamente se encuentra en el área que encierra las coordenadas máximas Lat.  $8^{\circ}36'33,15''$  N y Long.  $71^{\circ}11'31,35''$  O; y coordenadas mínimas Lat.  $8^{\circ}35'56,35''$  N y Long.  $71^{\circ}11'15,97''$  O (Ver Figura 3.1), se realizó la caracterización física del sector utilizando los siguientes pasos:



Figura 3.1: Zona de estudio. La figura muestra la ubicación de la zona estudiada.



### Evaluación de amenazas naturales:

#### 3.1. Búsqueda de material bibliográfico (general y especializada):

Recopilación de toda la información disponible del sector y sus alrededores.

#### 3.2. Recopilación de fotografías aéreas:

- Misión A-34, año 1952, escala 1:40.000; Vistas 359 y 360.
- Misión 010405, año 1960, escala 1:10.000; Vistas 008, 009, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 016, 017, 029, 030, 031, 032, 033, 034, 035, 036, 037, 038, 039 y 040.
- Misión 010480, año 1980, escala 1:35.000; vistas 3720, 3721 y 3722.

- Misión 010486, año 1996, escala 1:5.000; vistas 405, 406, 407, 408, 615, 616, 617, 618, 660, 661 y 662.

### 3.3. Búsqueda de material cartográfico:

- Mapa topográfico de Mérida escala 1:100.000.
- Mapa topográfico de Mérida escala 1:25.000.
- Plano topográfico de Mérida, zona La Pedregosa, escala 1:5.000, facilitado por INPRADEM.
- Plano topográfico de Mérida, zona La Pedregosa, escala 1:2.500 facilitado por El Ministerio de Desarrollo Urbano

www.bdigital.ula.ve

### 3.4. Fotointerpretación Pre- campo.

La fotogeología es el estudio mediante fotografías aéreas de los rasgos geológicos de una región estudiada . Para caracterizar amenazas naturales utilizando la fotogeología se estudia no solo la geología de la zona si no también las factores geomorfológicos existentes tanto a nivel regional como detallado y puntual, por esta razón para la fotointerpretación pre-campo del sector Las Saraches se utilizaron tres misiones, la misión 010493 a escala 1:65.000 para el estudio regional, la misión 010480 a escala 1:35.000 para el estudio detallado, y la escala 010405 a escala 1:10.000 para el estudio puntual. Pero previamente se necesitan reconocer las geofomas presentes en el sector, para de esta manera definir a partir de una leyenda universal ya establecida una leyenda particular a utilizar, dependiendo de las exigencias de cada sector.

Factores geológicos	
	Falla comprobada
	Falla probable
	Rumbo y buzamiento de la foliación, donde la flecha indica el sentido del buzamiento.
	Rumbo y buzamiento de la de la estratificación, donde la línea más central indica el sentido del buzamiento
	Ejes estructurales.
	Contacto formacional.

Factores geomorfológicos	
	Corona de deslizamiento inactiva.
	Masa deslizada inactiva.
	Abanico aluvial.
	Terracetas, o pie de vaca.
	Niveles de terraza.
	Cauce principal de la quebrada.
	Canales de desborde.

Tabla 3.4.1: Leyenda a utilizar en la fotointerpretación.

### 3.4.1. Escala Regional

**Misión 010493, escala 1:65.000 año 1996, vistas: 168 y 169.**

Por medio del análisis fotogeológico se identificaron dos cuencas que coinciden con las de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa. De igual forma se identifican 3 formaciones geológicas que son la asociación Sierra Nevada, formación Mucujún y formación Palmarito; usando como criterio la diferencia en el drenaje, el tono, la vegetación existente, la morfología y el análisis de las estructuras.

La asociación Sierra Nevada presenta un relieve fuerte, con aristas y crestones de origen glacial, que según López, (1971) es característico de la roca metamórfica y esta asociado a un alta grado de dureza de la roca; de igual forma se observa una red de drenaje dendrítica espaciada, porque los drenes se adaptan a un fracturamiento espaciado, presentándose alineamientos primarios con dirección sur-oeste y secundarios con dirección norte-sur; de igual forma se observa una vegetación abundante con tendencia a la formación de grandes bosques, ya que en las zonas bajas de la asociación Sierra Nevada presenta suelos transportados, lo que permite un mejor desarrollo de la vegetación. Se observan varios ángulos de buzamiento de la foliación, donde en promedio presentan una dirección nor-oeste, pero existe un grupo en la parte norte de la cuenca que cambian su dirección al oeste y otras al sur-este, debido a una falla que se presenta en esta zona, fuera de la cuenca. En la vertiente izquierda de la quebrada La Pedregosa y las nacientes de la quebrada La Resbalosa, en el sector donde aflora la asociación Sierra Nevada se observan drenes con formas cóncavas lo que origina que una ladera se encuentre ante mayor erosión que otra (Ver Figura 3.2).

La asociación Sierra Nevada y la formación Mucujún se encuentran separadas por una falla, la cual se identifica fácilmente en la zona este de la cuenca pero no se sigue su secuencia hacia el oeste (secuencia de falla y contacto litológico a comprobar en campo). Esta es la formación con menor extensión que se observa y es debido a que la formación Mucujún esta compuesta por areniscas y litofacies arenosas, y según López, (1971) este tipo de rocas no forma grandes extensiones, cuando presentan buzamientos. Las areniscas tienen un alto grado de resistencia a la erosión en climas templados, pero con las litofacies arenosas ocurre lo contrario, dando como resultado que Mucujún presente relieves medios, se observa una vegetación con menor desarrollo de la observada en la asociación Sierra Nevada, esto a causa de que las litofacies arenosas poseen una alta permeabilidad lo que limita el desarrollo de una vegetación abundante y también se observan varios ángulos de buzamientos con dirección nor-oeste (Ver Figura 3.2).

En la zona sur de la cuenca aflora la formación Palmarito, la cual presenta un relieve de lomas medias redondeadas todas a una altura similar, la formación Palmarito contiene rocas de origen arcilloso las cuales son muy degradables y tienden a formar lomas redondeadas, y un buzamiento de los estratos de dirección sur (Ver Figura 3.2).

### 3.4.2. Escala Detallada

**Misión 010480, escala 1:35.000 año 1980, vistas: 3720, 3721 y 3722**

Igual que en el par aerofotográfico anterior se lograron identificar la asociación Sierra Nevada y las formaciones Mucujún y Palmarito; se observan varios ángulos de buzamiento que coinciden con los del par antes interpretado, Sierra Nevada con dirección nor-oeste, Mucujún con dirección nor-oeste y Palmarito con dirección hacia el sur. De igual forma se observa que la vegetación de la asociación Sierra Nevada es la más abundante con tendencia a formar bosques, ya que las zonas bajas de la asociación Sierra Nevada presenta sus lomas transportados, y por ende una vegetación tupida mientras, la vegetación de las formaciones Mucujún y Palmarito se encuentra menos desarrollada, a causa de que las arenas poseen una alta permeabilidad lo que limita el desarrollo de una vegetación abundante y las arcillas dan lugar a la formación de tierras malas en zonas de pendientes lo que hace despreciable el desarrollo de la vegetación, siendo solo una buena base para los cultivos en zonas donde se encuentren protegidas de la erosión. Por otra parte la formación Palmarito presenta un drenaje de tipo sub-paralelo y angular mientras que en la asociación sierra Nevada y en La formación Mucujún se observa un drenaje dendrítico (Ver Figura 3.3).

También se reconocen varios ejes estructurales a lo largo de toda la cuenca, pero no se logra definir que tipo de estructuras son. Esta identificación pasa a ser trabajo de campo, al igual que todos aquellos ejes que no lograron ser interpretadas (Ver Figura 3.3).

En la zona sur de la cuenca de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa se observa una falla que posee un movimiento de tipo dextral, así como se identifica la existencia de un bloque levantado y un bloque deprimido (Ver Figura 3.3).

### 3.4.3. Escala Puntual

**Misión 010405, escala 1:10.000 año 1960, vistas: 010, 011 y 012.**

Por medio del análisis fotogeológico se lograron identificar los materiales depositados por las quebradas La Pedregosa y la Resbalosa, ya que se logra diferenciar lo que es material rocoso de lo que es material transportado (material del abanico aluvial) (Ver Figura 3.4).

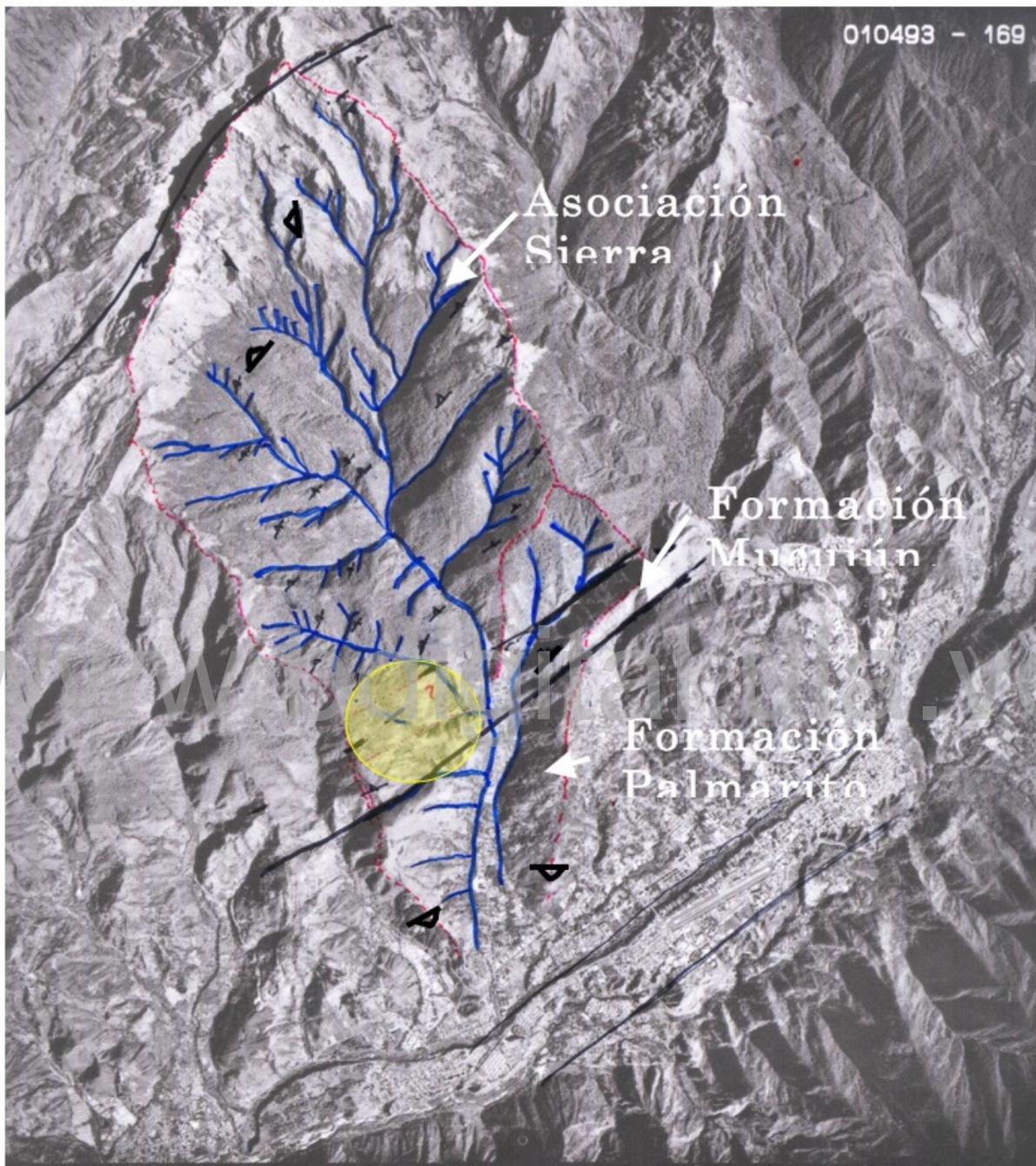


Figura 3.2: Fotointerpretación de la misión 0104793, escala 1:65.000 año 1996. La figura muestra en letras blancas las formaciones presentes en el sector, el líneas negras las fallas de contacto, en azul el drenaje existente, y utilizando la simbología que aparece en la tabla 3.4.1 los buzamientos característicos de cada formación. El área encerrada en el círculo amarillo representa la zona donde no fue posible identificar la falla de contacto entre la asociación Sierra Nevada y la formación Mucujún.

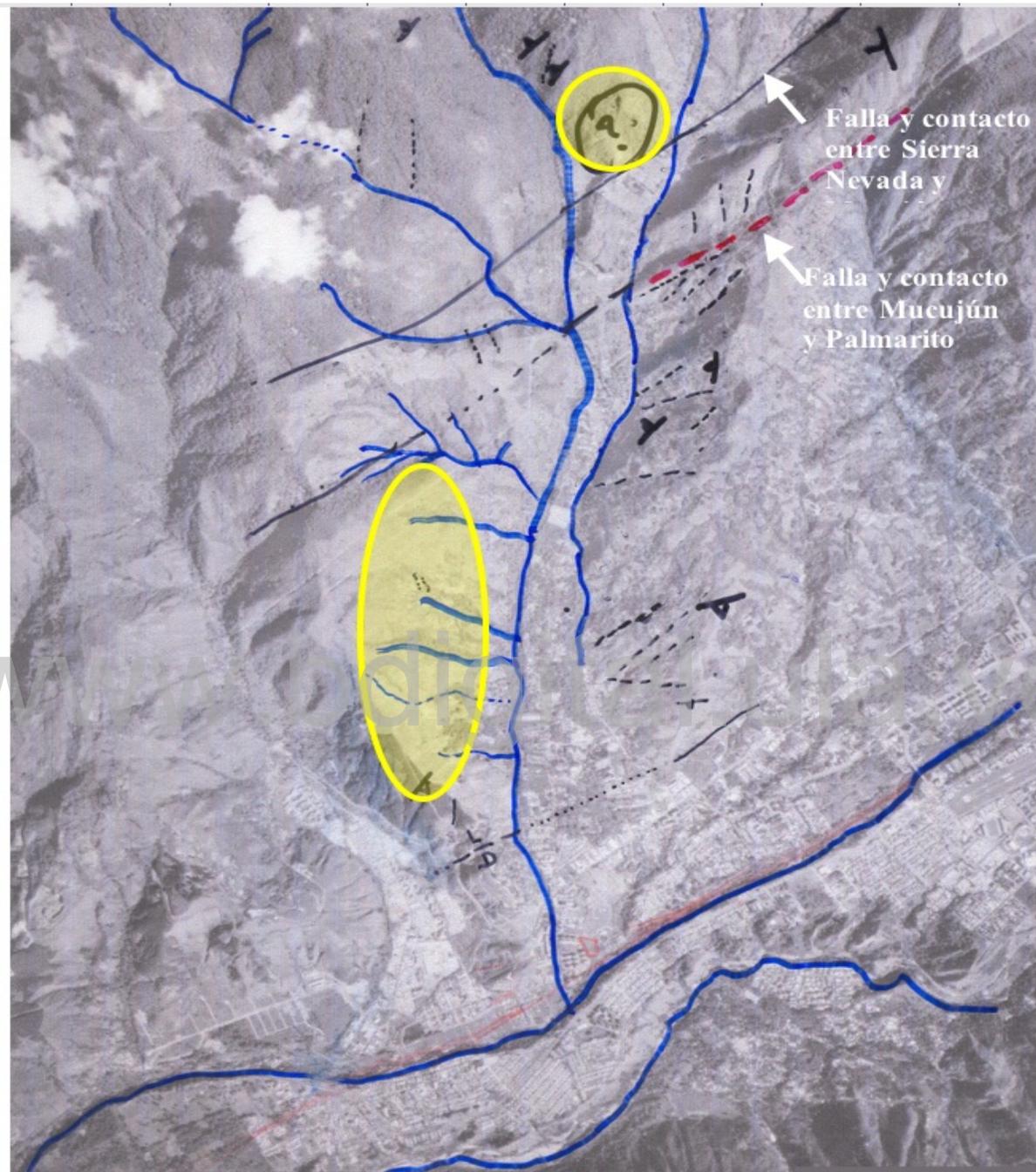


Figura 3.3: Fotointerpretación de la misión 010480, escala 1:35.000, año 1980. La figura muestra en líneas negras continuas las fallas de contacto entre la asociación sierra Nevada y las formaciones Mucujún y Palmarito, en líneas negras punteadas los ejes estructurales, y utilizando la simbología de la tabla 3.4.1 los rumbos y buzamientos existentes. El área encerrada en un círculo amarillo representa la zona donde no fue posible identificar el rumbo, buzamiento y los ejes estructurales.

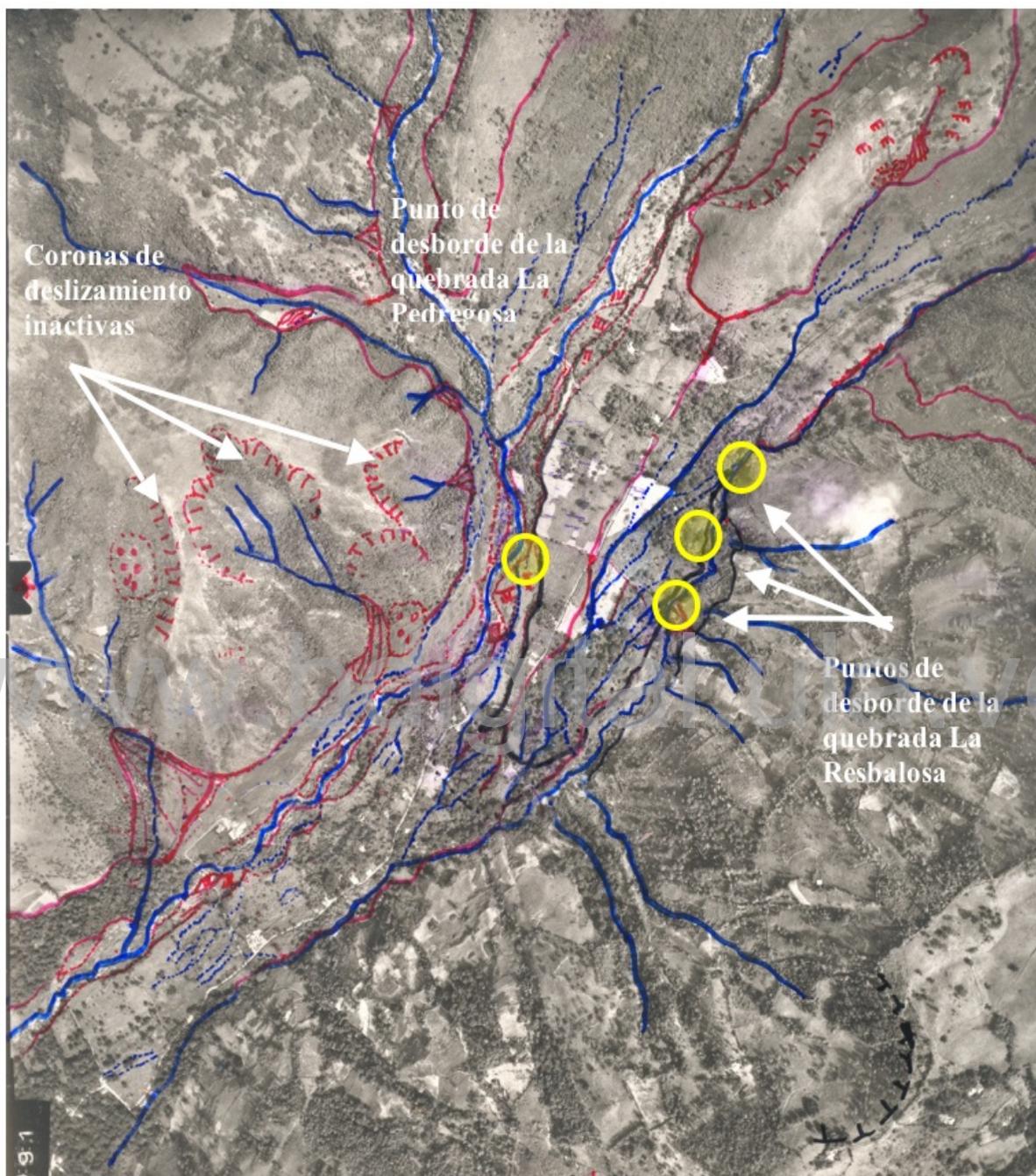


Figura 3.4: Fotointerpretación de la misión 010405, escala 1:10.000, año 1960. La figura muestra utilizando la simbología de la tabla 3.4.1 las coronas de deslizamiento, masa deslizada abanicos aluviales y terracetos presentes en el sector, en color azul continuo se observan las quebradas de La Pedregosa y La Resbalosa, y en azul discontinuo se muestran los canales de desborde de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa.

En la quebrada La Pedregosa se observan tres niveles de terrazas depositados en distintas épocas, 7 abanicos aluviales en la vertiente derecha de la quebrada y cuatro coronas de deslizamiento inactivas. En dos de estos casos se logró identificar el respectivo material deslizado. Como las zonas de deslizamiento se

encuentran poblados con una vegetación pobre se puede inferir que estos procesos no eran muy antiguos para el momento de tomada la misión (año 1960). Estas coronas de deslizamiento se encuentran sobre la misma geoforma, lo cual se debe a que este lugar es el contacto entre las formaciones Mucujún y Palmarito. En la vertiente izquierda de la quebrada La Pedregosa se observa una sola corona de deslizamiento. Para esta quebrada se observan dos canales de crecidas que pueden ser zonas de peligro para el sector de Los Saraches ante fuerte lluvias o en caso de sismos que activen deslizamientos en el área (Ver Figura 3.4).

En la quebrada La Resbalosa se observa un solo nivel de terraza, y abundante vegetación a lo largo de su cauce, lo que quiere decir que se presenta un alto desarrollo del suelo y humedad en este sitio; se identifican dos coronas de deslizamiento, una en la vertiente izquierda y otra en la vertiente derecha, el deslizamiento de la vertiente derecha se encuentra rodeado de varias terracetas o pie de vaca, de lo que se puede pensar que esta zona se encuentra propensa a seguir sufriendo deslizamientos y se observa un pequeño abanico aluvial en la vertiente izquierda. Por otra parte se identifican tres puntos de donde se han generado canales de crecida en antiguos épocas de fuertes lluvias, donde uno de ellos no está bien identificado, y queda como trabajo de campo, así como la medición de la terraza en estos puntos, para saber si es posible tener deslaves ante fuertes lluvias a futuro (Ver Figura 3.4).

### 3.5. Fotointerpretación Post-campo.

Luego de realizadas las salidas de campo a la zona de estudio se comprobaron las interrogantes que se tenían, y se confirmó lo observado en la fotointerpretación pre-campo.

#### 3.5.1. Escala Regional

**Misión 010493, escala 1:65.000 año 1996, vistas: 168 y 169.**

Se comprobó la existencia de la asociación Sierra Nevada, formación Mucujún y formación Palmarito (Ver Figura 3.5), ya que como se observa en las figuras 3.6 y 3.7, se tiene diferente vegetación, forma del relieve y tono para las tres, de igual forma se confirmó la existencia de la formación Mucujún en la zona oeste de la cuenca de la quebrada La Pedregosa, ya que la misma presenta areniscas en sus vertientes derechas.

Por otra parte se confirmó la existencia de las fallas de contacto existentes entre la asociación Sierra Nevada y formación Mucujún, y formaciones Mucujún y Palmarito, ya que se identificaron una serie de ensilladuras a lo largo de la falla, de lo que se infiere que la falla es de tipo inversa, en la figura 3.8 y 3.9 se observa que la formación Palmarito se encuentra a mayor altitud que la formación Mucujún, pero la lógica topográfica sería al revés ya que la formación Palmarito está compuesta por rocas de origen arcilloso, las cuales son más erosionables.

El mapa N 1 Área de la Pedregosa muestra un resumen del estudio a nivel regional.

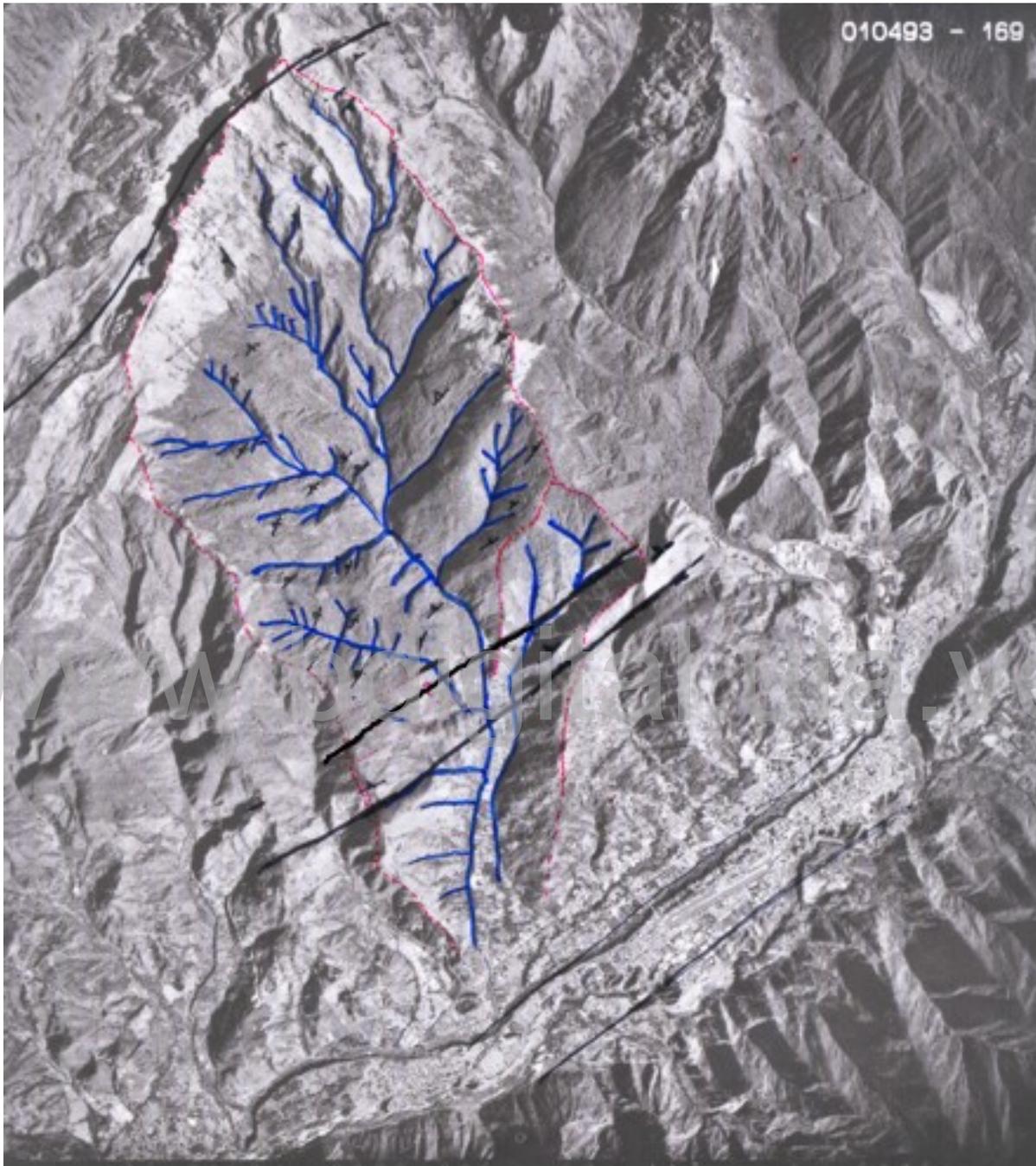


Figura 3.5: Fotointerpretación de la misión 0104793, escala 1:65.000 año 1996. La figura muestra en líneas negras las fallas de contacto, en azul el drenaje existente, y utilizando la simbología que aparece en la tabla 3.4.1 los buzamientos característicos de cada formación.

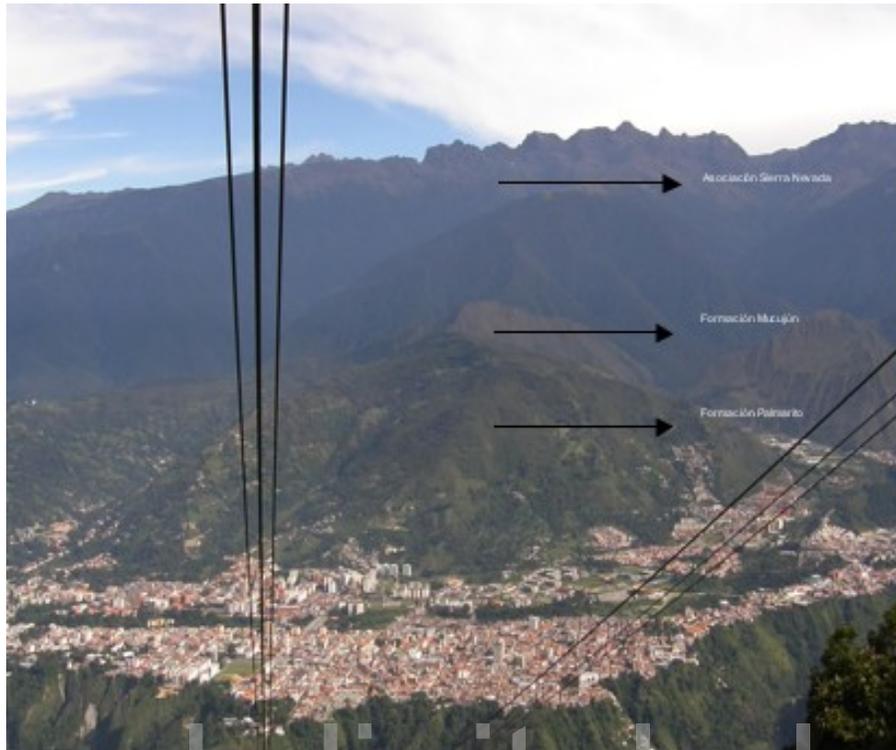


Figura 3.6: Diferencias entre la asociación Sierra Nevada, formación Mucujún y formación Palmarito.



Figura 3.7: Diferencias entre la asociación Sierra Nevada, formación Mucujún y formación Palmarito.



Figura 3.8: Serie de ensilladuras. La figura muestra las ensilladuras que confirman la existencia de la falla de contacto existente entre las formaciones Mucujún y Palmarito, identificadas con arcos rojos.



Figura 3.9: Ensilladura. La figura muestra una ensilladura que confirma la existencia de la falla de contacto existente entre las formaciones Mucujún y Palmarito, identificada un arco rojo.

www.bdigital.ula.ve

### 3.5.2. Escala Puntual

Misión 010405, escala 1:10.000 año 1960, vistas: 010, 011 y 012.

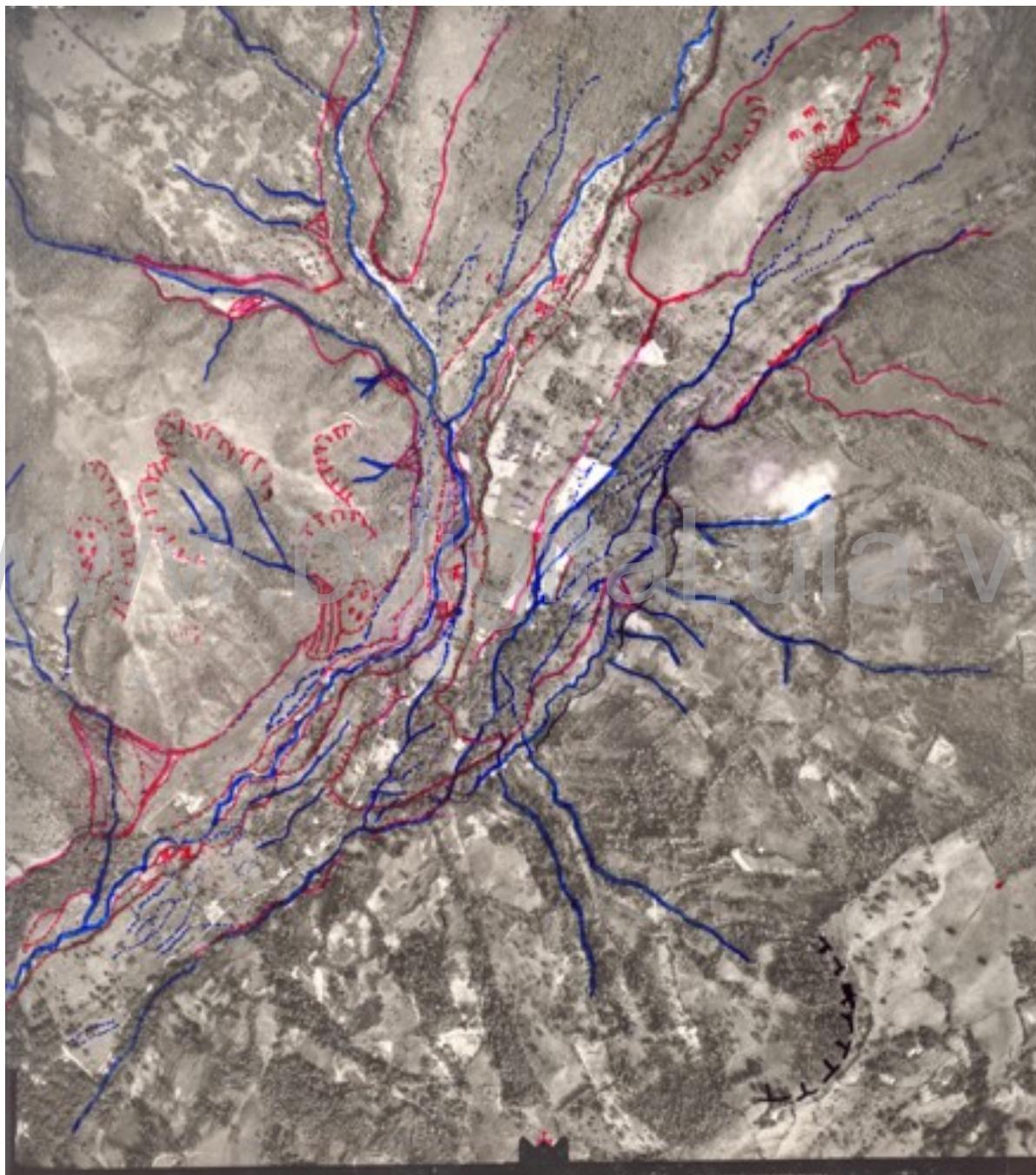


Figura 3.10: Fotointerpretación de la misión 010405, escala 1:10.000, año 1960. La figura muestra utilizando la simbología de la tabla 3.4.1 las coronas de deslizamiento, masas deslizadas abanicos aluviales y terracetas presentes en el sector, en color azul continuo se observan las quebradas de La Pedregosa y La Resbalosa, y en azul discontinuo se muestran los canales de desborde de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa.

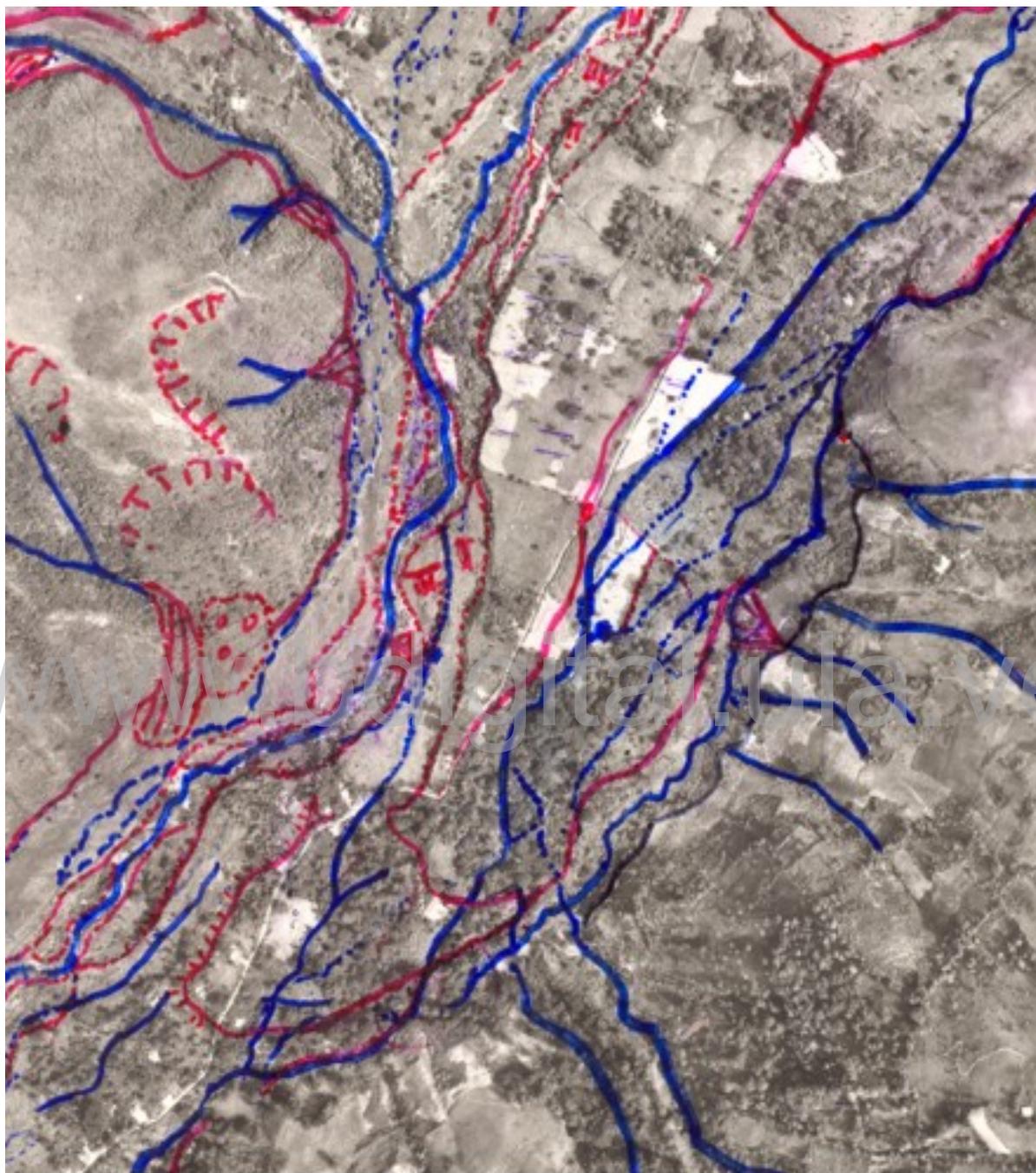


Figura 3.11: Fotointerpretación de la misión 010405, escala 1:10.000, año 1960. La figura muestra un acercamiento de la zona de estudio utilizando la figura 3.10.

Después de realizada la salida de campo se comprobaron los diferentes niveles de terrazas que posee la quebrada la Pedregosa, en las figura 3.12 se observa una la terrazas más antigua deposita por dicha quebrada, y en la figura 3.13 se identifica otro deposito posterior de la quebrada La Pedregosa.

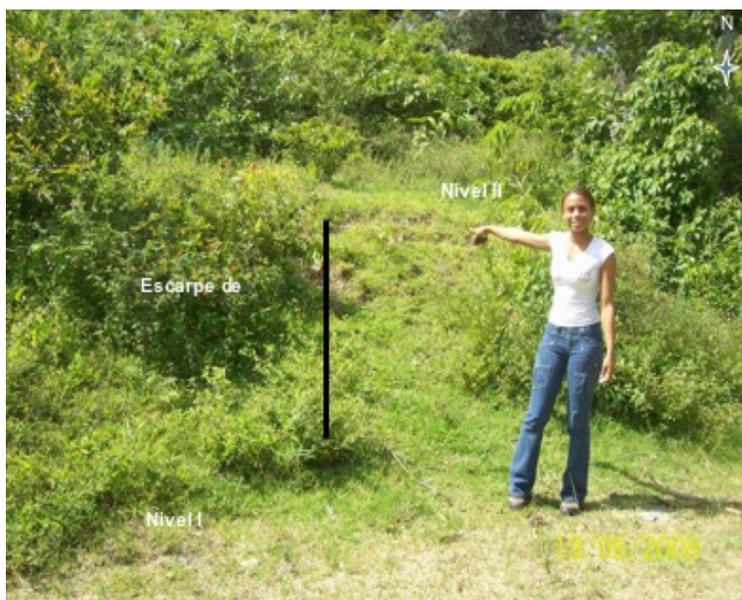


Figura 3.12: : Nivel de la terraza más antigua de la quebrada La Pedregosa. La figura muestra con una línea negra la altura de una de las terrazas depositadas por la quebrada La Pedregosa.

De igual forma en la figura 3.14 se observa la altura de la terraza más reciente que presenta la quebrada La Pedregosa, lo que confirma que en este punto va a ser muy poco probable que se presente un deslave, al momento de presentarse fuerte precipitaciones, también pudieron identificarse los depósitos de la quebrada La Pedregosa, que son en su mayoría los depósitos existentes en la zona de estudio. (Ver Figura 3.11)



Figura 3.13: Altura de depósito. La figura muestra una línea negra que indica la altura que presenta uno de los depósitos de La Pedregosa.



Figura 3.14: Altura de terraza. La figura muestra la altura que presenta la terraza más reciente depositada por la quebrada la Pedregosa, en la figura ampliada se observa la distancia a la que se encuentra la quebrada La Pedregosa de la terraza.

Por otra parte se observaron los canales de desborde que presenta la quebrada La Pedregosa, como se puede observar en las figuras 3.15 y 3.16, uno de los canales de desborde de la quebrada La Pedregosa actualmente esta siendo utilizado como sequía de riego, lo que aumenta las posibilidades de que al presentarse fuertes precipitaciones este sirva como canal de desborde nuevamente. Como podemos observar en la figura 3.16, existen varias viviendas del sector Los Saraches ubicadas en la dirección del canal de desborde, es decir, que al momento de presentarse una crecida estas serian las viviendas más afectadas.



Figura 3.15: Canal de desborde de la quebrada La Pedregosa. La figura muestra un antiguo canal de desborde de la quebrada La Pedregosa, al arco que se presenta en color negro nos indica el canal, y la flecha indica la dirección en la que se desplazaría el agua al momento de una crecida.

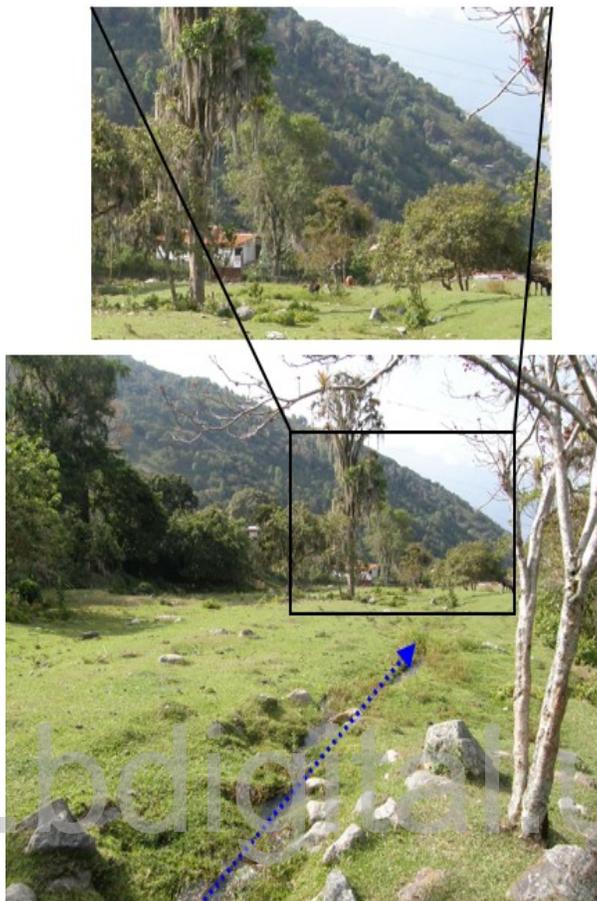


Figura 3.16: Canal de desborde de la quebrada La Pedregosa. La figura muestra un antiguo canal de desborde de la quebrada La Pedregosa, la flecha indica la dirección en la que se desplaza el agua actualmente, la cual sería la misma dirección que tomaría al momento de presentarse una crecida. La parte ampliada nos muestra las viviendas que se encuentran cerca del canal de desborde.

Para la quebrada La Resbalosa se pudieron identificar varios canales de desborde que convergen a dos puntos diferentes.

En la figura 3.17 podemos observar la situación en la que se encuentra el primer punto de desborde, aquí se puede señalar con vista aguas abajo, como la altura de la terraza disminuye, lo que indica que este punto va a ser una zona de desborde para la quebrada La Resbalosa a la hora de presentarse una crecida por fuertes precipitaciones. En las figuras ampliadas podemos observar las viviendas que se encuentran en las cercanías del punto de desborde, lo que quiere decir que estas van a ser las más afectadas si se produce un desborde. (Ver Fig. 3.11)

La figura 3.18, muestra la razón por la cual este punto es una zona probable de desborde, al fondo observamos un lomo, el cual se está encargando de desviar la quebrada La Resbalosa hacia el punto de debilidad. (Ver Fig. 3.11). De igual forma muestra como la quebrada La Resbalosa ha desbordado hacia su margen izquierda.

En la figura 3.19 podemos observar la ubicación de uno de los canales de desborde y su altura, como

podemos ver, la altura de dicho canal es bastante significativa, lo que se traduce a que antiguamente cuando la quebrada La Resbalosa tuvo una crecida, presentó un fuerte arrastre de material.

La figura ??, muestra otro de los canales de desborde de la quebrada La Resbalosa, el cual como podemos observar en la figura 3.20, desemboca en uno de sus afluentes ubicados en la vertiente derecha, lo cual se infiere debido a que este afluente solo presenta terraza a su derecha, estado ausente en la opuesta, lo que implica que esta terraza fue erosionada por un agente, que fueron las aguas transportadas en el canal durante las crecidas excepcionales de La Resbalosa. La figura 3.21 nos muestra la altura que presenta la terraza de este afluente.

En la figura 3.22, observamos el árbol que se ve al fondo de la figura ??, como podemos darnos cuenta, este se encuentra inclinado y con incrustación de resto rocoso de un evento torrencial, deformando el sentido de su crecimiento.



Figura 3.17: Altura de la terraza. La figura muestra en líneas negras la diferentes alturas que presenta la terraza de la quebrada La resbalosa aguas abajo, la figuras ampliadas nos muestran las viviendas que se encuentran cerca de la quebrada.



Figura 3.18: Cercanías del punto de desborde de la quebrada La Pedregosa. La figura muestra al fondo un lomo encargado de desviar la quebrada La Resbalosa.

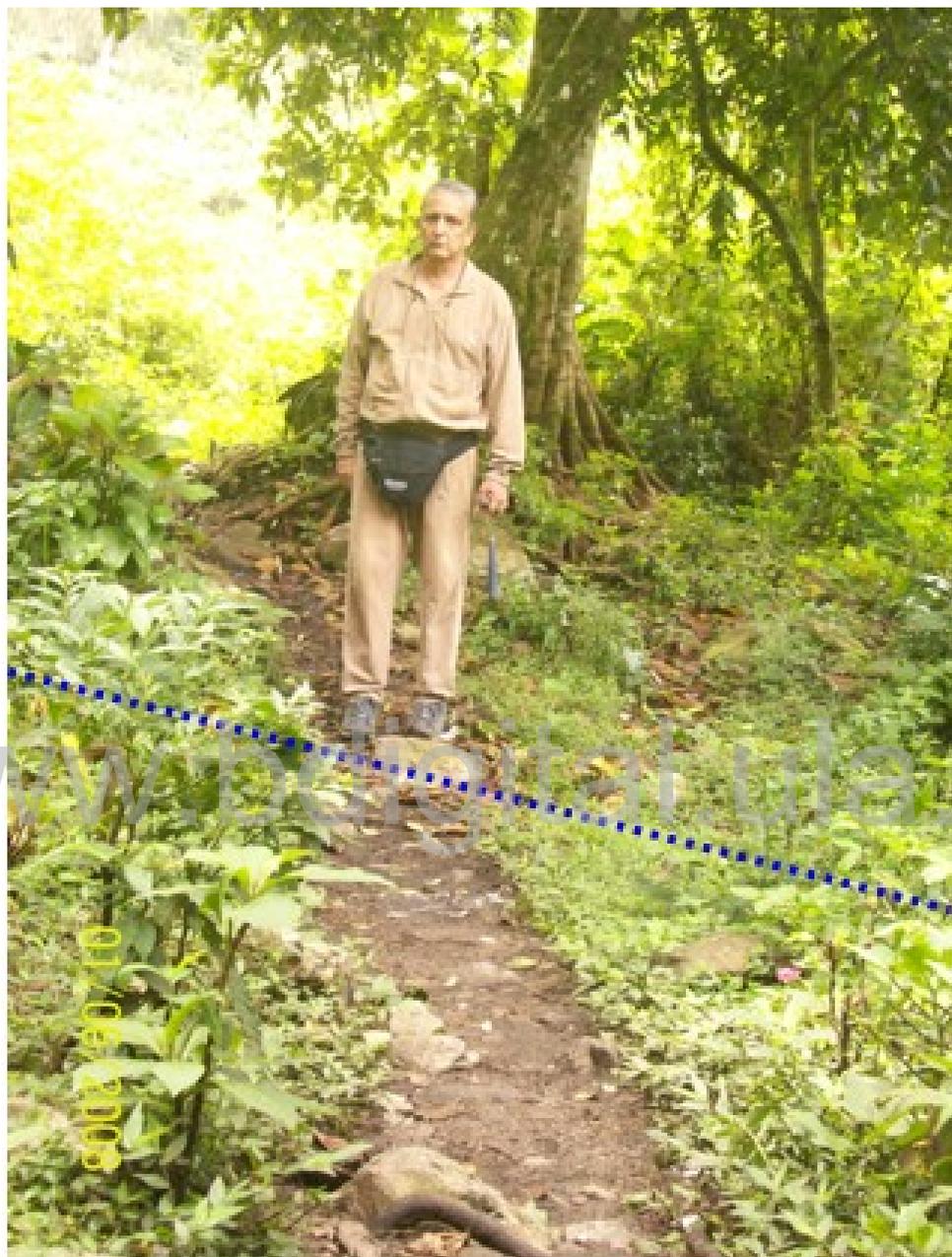


Figura 3.19: Canal de desborde de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra los lugares por donde pasa uno de los canales de desborde de la quebrada La Resbalosa. La línea negra indica la altura del canal, mientras la línea azul punteada indica la dirección que tiene el canal.



Figura 3.20: Nivel de la terraza de unos de los afluentes de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra como una de las vertientes de la quebrada La Resbalosa presenta terraza a su derecha, mientras que en la izquierda esta no se observa, la flecha azul indica la dirección que tomó el agua al momento de la crecida.

www.bdigital.ula.ve

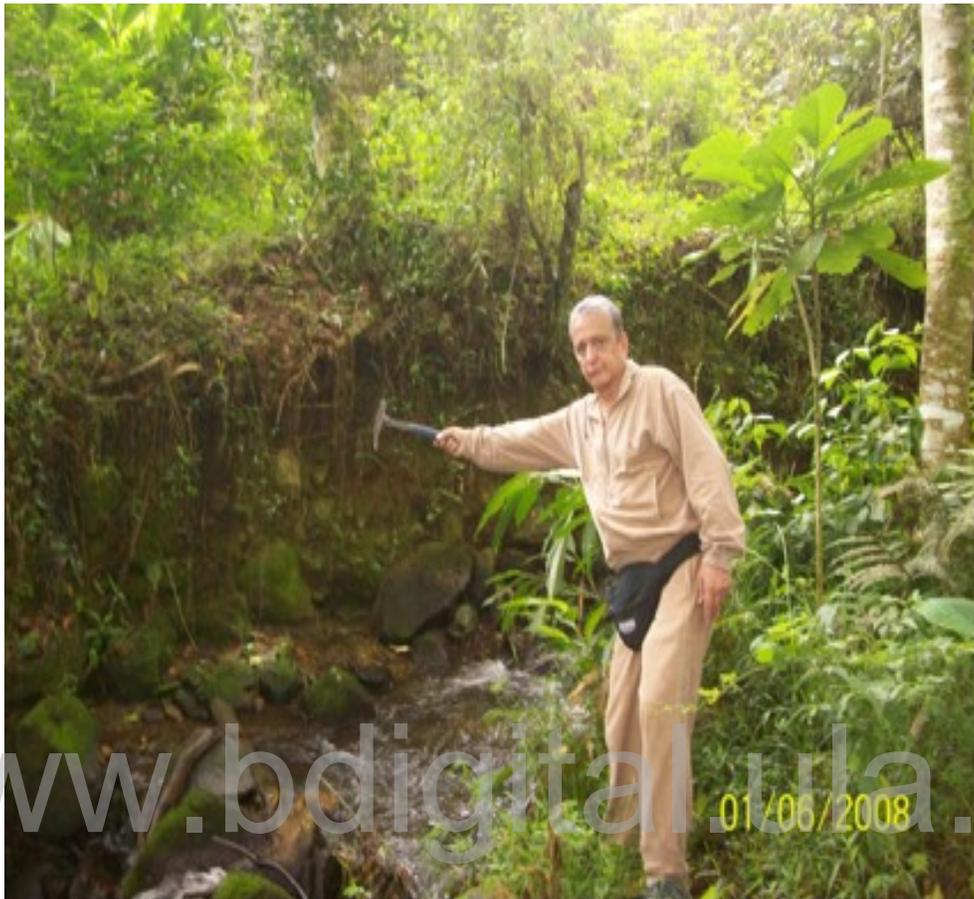


Figura 3.21: Altura de terraza. La figura muestra la altura de la terraza de uno de los afluentes de la Resbalosa en su vertiente derecha.



Figura 3.22: árbol que se encuentra a las cercanías de un de los canales de desborde de la quebrada La Resbalosa, la figura ampliada nos muestra como una roca se incrusta en el árbol.

En las figuras 3.23 y 3.24 podemos observar otro canal de desborde, el cual nace en el segundo punto de desborde de la quebrada La Resbalosa, como podemos observar, este canal presentó geoforma deposicional de abanico. La figura 3.25 muestra la situación actual del drenaje al cual confluyó el canal de desborde, y su respectivo lecho de inundación

La figura 3.26, muestra la altura que actualmente presenta la terraza de la quebrada La Resbalosa, en las cercanías del segundo punto de desborde, como podemos darnos cuenta la altura es bastante significativa, lo que se asocia, a que en la actualidad este punto no es zona de desborde.

Al igual que canales de desborde pudieron observarse manantiales, los cuales son puntos donde el agua se infiltra y en momentos de precipitaciones corre agua, creando zanjas, que son utilizadas a futuro. (Ver fig. 3.27 y 3.28.)



Figura 3.23: Canal de desborde de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra con un arco la forma que presentó el canal de desborde y aguas abajo se observa como este tomó forma de abanico.



Figura 3.24: Canales de desborde de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra en líneas azules punteadas la dirección que tomaron los canales de crecida de la quebrada La Resbalosa.



Figura 3.25: Afluente de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra en azul el curso que presenta el afluente, y la línea negra indica su lecho de inundación.



Figura 3.26: Nivel de la terraza de la quebrada La Resbalosa. La figura muestra la altura de una de la terraza depositada por la quebrada La Resbalosa en las cercanías del segundo canal de desborde.



Figura 3.27: Manantiales. La figura muestra en línea azul punteada los puntos donde el agua se infiltra y en momentos de precipitaciones corre agua.



Figura 3.28: Canal generado por un manantial. La figura muestra con un arco negro la forma del canal y en líneas azules punteadas la dirección que toma el agua en momento de precipitaciones.

### 3.6. Traslado de la información de las fotografías aéreas al mapa topográfico.

Una vez terminado el trabajo fotogeológico de la zona es necesario confeccionar un mapa que resuma toda la fotogeología efectuada sobre las diversas fotografías.

Utilizando las fotografías aéreas interpretadas se pasa la información de las vías de comunicación, red hidrográfica, pueblos, etc., a un mapa o plano base (a una escala conveniente). Luego se pasa todos los datos geológicos que sean oportunos. Al momento de transcribir la información, se debe tomar en cuenta convenciones específicas. Por ejemplo para el caso de la geología se establece el color verde para el Cretácico, el amarillo para el Mioceno, se dibuja la hidrografía en azul, ferrocarriles en negro, caminos y carreteras en rojo, etc.

### 3.7. Estudio de la cuenca de las quebradas La pedregosa y La Resbalosa.

Según *Guerrero, (2006)* en las ciencias de la tierra ha sido reconocida la dependencia de la geomorfología en la interacción de la geología, el clima y el movimiento del agua sobre la tierra. Esta interacción es de gran complejidad y prácticamente imposible de ser concretada en modelos determinísticos, y se debe tomar como un proceso de comportamiento mixto con una fuerte componente estocástica. Las características físicas de una cuenca definen un conjunto de parámetros que influyen profundamente en el comportamiento

hidrológico de dicha zona tanto a nivel de las excitaciones como de las respuestas de la cuenca tomada como un sistema. Así pues, el estudio sistemático de los parámetros físicos de las cuencas es de gran utilidad práctica en la ingeniería de la Hidrología, pues con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio a otro, donde exista poca información: bien sea que fallen datos, bien que haya carencia total de información de registros hidrológicos, si existe cierta semejanza geomorfológica y climática de las zonas en cuestión.

### 3.7.1. Aspectos generales de la cuenca:

Las cuencas de las quebradas La pedregosa y La Resbalosa se localizan en el Municipio Libertador, parroquia Lasso de La Vega y tienen una orientación norte-sur. Astronómicamente se encuentran localizadas entre los paralelos 8°35'00" y 8°40'00"; longitudinalmente en dirección oeste entre los meridianos 71°10'00" y 71°15'00" extremos oriental y occidental respectivamente.

Altitudinalmente La Pedregosa se desarrolla entre las cotas 1420 m.s.n.m. en su parte más baja donde confluye con el río Albarregas en el sector La Mata, y 3800 m.s.n.m. en su parte más alta en el páramo Los Conejos. Por otro lado, la quebrada La Resbalosa se encuentra entre las cotas 2720 m.s.n.m. en la loma de Las Iglesias y 1400 m.s.n.m, donde confluye con la quebrada La Gavidia, en La Pedregosa Sur.

### 3.7.2. Aspectos Hidrológicos:

Para el Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio LDSGAT, los límites de una cuenca están definidos por todos los puntos del terreno que encierran un área desde la cual la escorrentía superficial y sub.-superficial drena a un mismo desage. Para evaluar los puntos limítrofes y seleccionarlos se debe interpretar la carta topográfica a partir de sus curvas de nivel, partiendo desde la sección del desage delineando la cuenca a través de su contorno (divisoria de aguas) hasta llegar nuevamente al punto inicial. (Ver Figura 3.29).

#### área de las cuencas:

Conociendo los límites de la cuenca se puede determinar el área de esta. Con ayuda del *Arcview*, se coloca un polígono sobre la cuenca, donde el perímetro de este coincida con la delimitación de la cuenca, el área del polígono será el área de la cuenca. De aquí se obtuvo que las cuencas de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa tiene un área de 40.21 Km<sup>2</sup> (área de la cuenca de la quebrada La Pedregosa = 32.41 Km<sup>2</sup>; área de la cuenca de la quebrada La Resbalosa = 7.80 Km<sup>2</sup>).

#### Longitud del Cauce:

La longitud L, del cauce esta definida como la distancia media a lo largo del curso fluvial de mayor orden de jerarquía desde las nacientes hasta su desembocadura. Basándonos en esta definición se puede llegar a decir que la longitud aproximada del río La Pedregosa es de 11.675 m los cuales los recorre de norte a sur hasta su confluencia con el río Albarregas, mientras que la quebrada La Resbalosa tiene una longitud de 6.775 m.

**Factor forma:**

Después de conocer tanto el área de la cuenca como la longitud del cauce principal, es posible definir el factor forma de Horton,  $Ff$ , como el resultado de dividir el área de la cuenca entre el cuadrado de la longitud del cauce principal.

$$Ff = \frac{area}{longitud^2} \quad (3.1)$$

Este factor define la forma de la cuenca de la siguiente manera:

Factor cercano a 0  $\longrightarrow$  Forma de la cuenca alargada  
 Factor cercano a 1  $\longrightarrow$  Forma de la cuenca circular

Según *Guerrero, (2006)* este factor a su vez influye en el tiempo de concentración de las aguas cuando las tormentas se mueven aguas arriba, ya que una cuenca circular tiene menor tiempo de concentración de las aguas que una cuenca alargada; esto quiere decir, que la cuenca circular debe tener un mecanismo de alerta para la población que la rodea más rápido que una largada.

Para la cuenca de la quebrada La Pedregosa:

$$Ff = \frac{32,41km^2}{11,68^2km^2} = 0,24 \quad (3.2)$$

Para la cuenca de la quebrada La Resbalosa:

$$Ff = \frac{7,8km^2}{6,79^2km^2} = 0,17 \quad (3.3)$$

Estos resultados indican que las cuencas tienden a ser alargadas, y poseen un alto tiempo de concentración de las aguas cuando se presentan fuertes precipitaciones, ya que una cuenca circular tiene menor tiempo de concentración de las aguas que una cuenca alargada; esto quiere decir, que la cuenca circular debe tener un mecanismo de alerta más rápido para la población que lo rodea que una cuenca alargada.

**Orden de jerarquía.**

Según *Strahler, (1957)* propuso una clasificación de cursos fluviales basada en la organización de los tributarios, de modo que un curso de orden 1 carece de tributarios, uno de orden 2 es formado por la confluencia de dos cursos de orden 1, uno de orden 3 es formado por la confluencia de dos de orden 2, y así siguiendo. Como corolario, el orden de una cuenca de drenaje está dado por el curso de orden mayor. La forma en que estén conectados los canales en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Un bajo orden de jerarquización puede interpretarse como un desarrollo de ondas rápidas de crecida. Siguiendo esta clasificación se obtiene que las quebradas de La pedregosa y la Resbalosa son de orden 4, valor que se puede considerar bajo. (Ver Fig. 3.29).

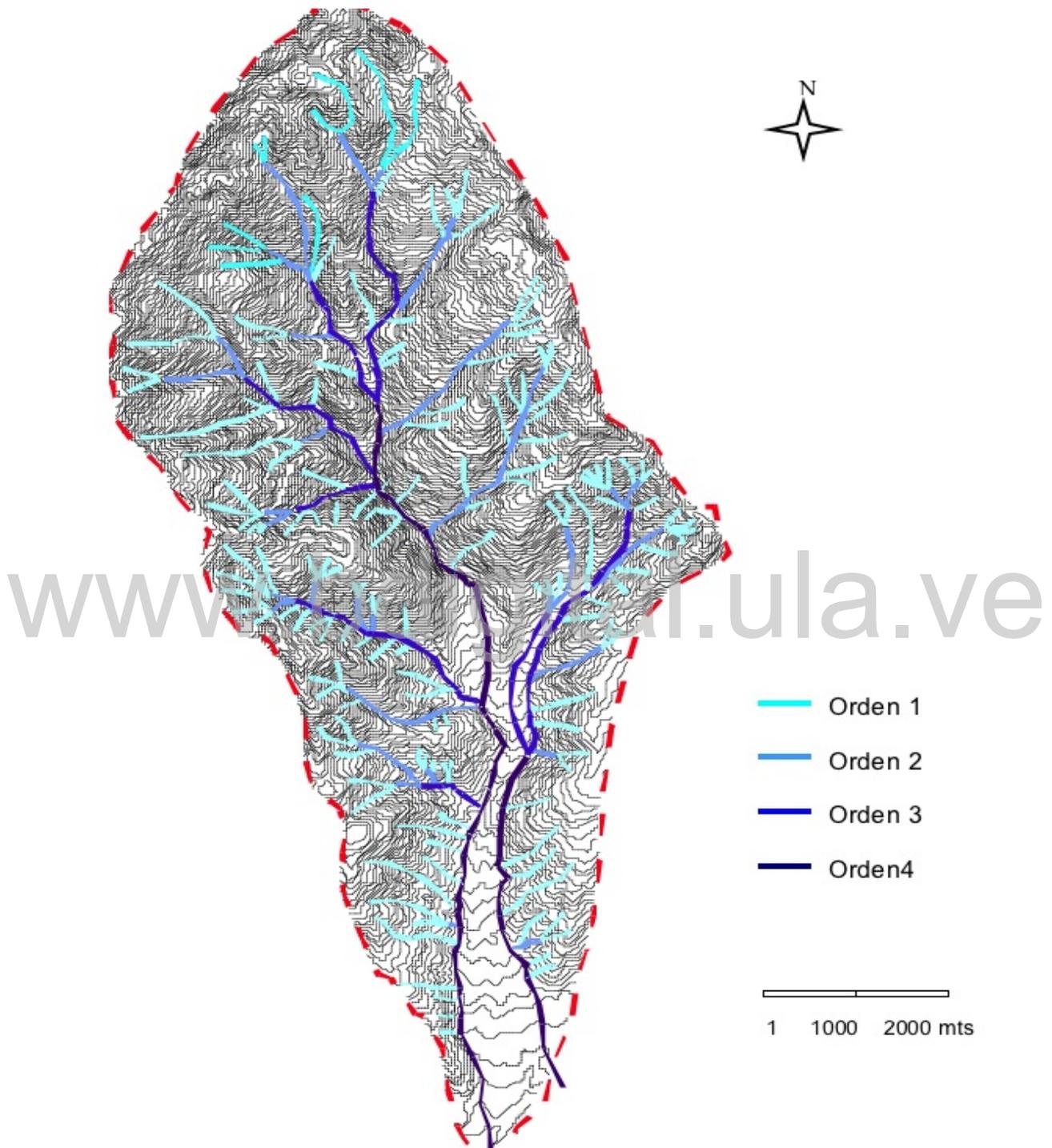


Figura 3.29: Red de drenaje de la cuenca de la quebrada La Pedregosa y La Resbalosa. (Ordenes de jerarquía)

**Relación de Bifurcación.**

Para *Guerrero, (2006)* después de optar por un modelo de ordenación de los canales de una cuenca, es posible definir la relación de bifurcación,  $Rb$ , como el resultado de dividir el número de canales de un orden dado entre el número de canales del orden inmediatamente superior:

$$Rb = \frac{N_n}{N_{n+1}} \quad (3.4)$$

Donde  $N_n$  es el número de canales de orden  $n$  y  $N_{n+1}$  es el número de canales de orden  $n + 1$ .

Para *Sánchez, (1991)* la relación de bifurcación determina la rapidez de las ondas de crecida ante fuertes precipitaciones, es decir, el tiempo que tardarían las aguas en concentrarse para desarrollar una crecida cuando se presentan fuertes precipitaciones, lo que define, de alguna manera, el grado de peligrosidad de la cuenca. Los índices bajos suelen relacionarse con redes fuertemente ramificadas, lo que indica rápidas ondas de crecidas ante fuertes precipitaciones. Por otra parte, se ha planteado una relación inversa entre la relación de bifurcación y la elongación de la cuenca.

Luego de realizados los cálculos de relación de bifurcación y longitud de la cuenca se obtuvieron los siguientes datos:

Orden del cauce	Número de segmentos de los cauces	Relación de bifurcación
1	129	6.14
2	21	4.2
3	5	5
4	1	-

Tabla 3.6.1: Relación de bifurcación para la quebrada de La Pedregosa

Orden del cauce	Número de segmentos de los cauces	Relación de bifurcación
1	38	4.75
2	8	4.0
3	2	2
4	1	-

Tabla 3.6.2: Relación de bifurcación para la quebrada de La Resbalosa

Como ya sabemos la **relación de bifurcación** describe la organización de la red. Las relaciones de bifurcación media que se obtuvieron para las sub-cuencas **La Pedregosa** y **La Resbalosa** fueron de 5, 1 y 3, 6 respectivamente, lo que quiere decir que la quebrada de La Pedregosa posee una cuenca alargada y poco ramificada, mientras que la quebrada de La resbalosa tiene una cuenca menos alargada pero más ramificada. De lo que se concluye que ante fuertes precipitaciones la quebrada de la resbalosa va a presentar ondas de crecida más rápidas que la quebrada La Pedregosa.

### Curvas Hipsométricas y pendiente.

Se utilizó además la curva hipsométrica la cual ha sido asociada con las edades de los ríos, figura 3.30. Dicha curva se construye llevando al eje de las  $Y$  las distintas cotas de altura de la cuenca, y al eje de las  $X$  la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas, bien en  $km^2$  o en porcentaje de la superficie total de la cuenca.

Estos valores se obtienen utilizando una base topográfica, y el procedimiento es el siguiente:

1. En cada punto donde una curva de nivel corte el cauce principal, se mide la longitud de dicho cauce desde las nacientes hasta este punto.
2. Ya conociendo la longitud de dicho cauce desde las nacientes hasta una cota y el ancho de la cuenca, se calcula la superficie que se halla por encima de dichas cotas y se lleva a porcentaje, donde el 100 % será la superficie total de la cuenca.
3. Con los valores antes calculados, se grafica las distintas cotas de altura de la cuenca versus la superficie de la cuenca que se halla por encima de dichas cotas.

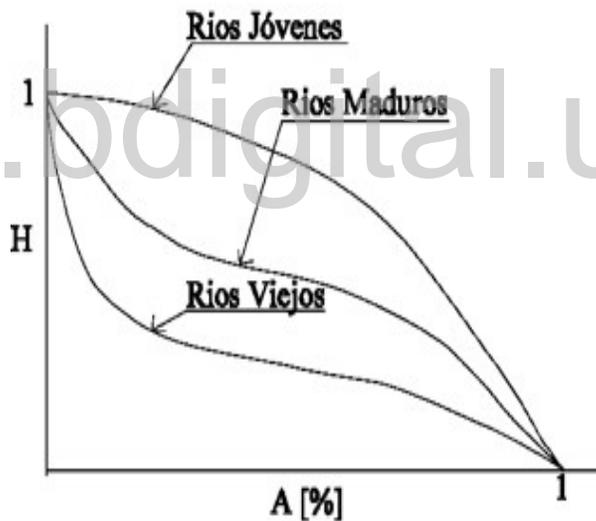


Figura 3.30: Edad relativa de la Cuenca

También se puede calcular las pendientes que presenta la cuenca a lo largo de su recorrido en el cauce principal. Conociendo los valores de cotas y longitud del cauce por encima de dichas cotas, se utiliza la siguiente fórmula de pendientes:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} 100\%, \quad (3.5)$$

donde  $Y_2$  será la cota más baja,  $Y_1$  la cota más alta,  $X_2$  la longitud que ha recorrido el cauce principal hasta la cota  $Y_2$  y  $X_1$  la longitud que ha recorrido en cauce principal hasta la cota  $Y_1$ . La pendiente variará entre 0 % y 100 %, donde el 0 % será cuando se tenga una superficie totalmente horizontal y el 100 % cuando exista una ladera completamente vertical.

Luego de realizados los procedimientos antes enumerados, se obtuvieron los siguientes valores para la quebradas La Pedregosa y La Resbalosa.

■ **Quebrada La Pedregosa**

Altitud (m)	Longitud (m)	Superficie Drenada ( %)	Pendiente
3800	0	0 %	-
3700	150	1.28 %	-67 %
3600	375	3.21 %	-44 %
3500	650	5.57 %	-36 %
3400	775	6.64 %	-80 %
3300	925	7.92 %	-67 %
3200	1050	8.99 %	-80 %
3100	1225	10.49 %	-57 %
3000	1425	12.21 %	-50 %
2900	1700	14.56 %	-36 %
2800	1875	16.06 %	-57 %
2700	2175	18.63 %	-33 %
2600	2525	21.63 %	-29 %
2500	2875	24.63 %	-29 %
2400	3225	27.62 %	-29 %
2300	3775	32.33 %	-18 %
2200	4200	35.97 %	-24 %
2100	4750	40.69 %	-18 %
2000	5500	47.11 %	-13 %
1900	6325	54.18 %	-12 %
1800	7225	61.88 %	-11 %
1700	8350	71.52 %	-9 %
1600	9550	81.80 %	-8 %
1500	10775	92.29 %	-8 %
1420	11675	100 %	-9 %

Tabla 3.6.3: Relación de altitud y longitud del colector principal de la quebrada La Pedregosa.

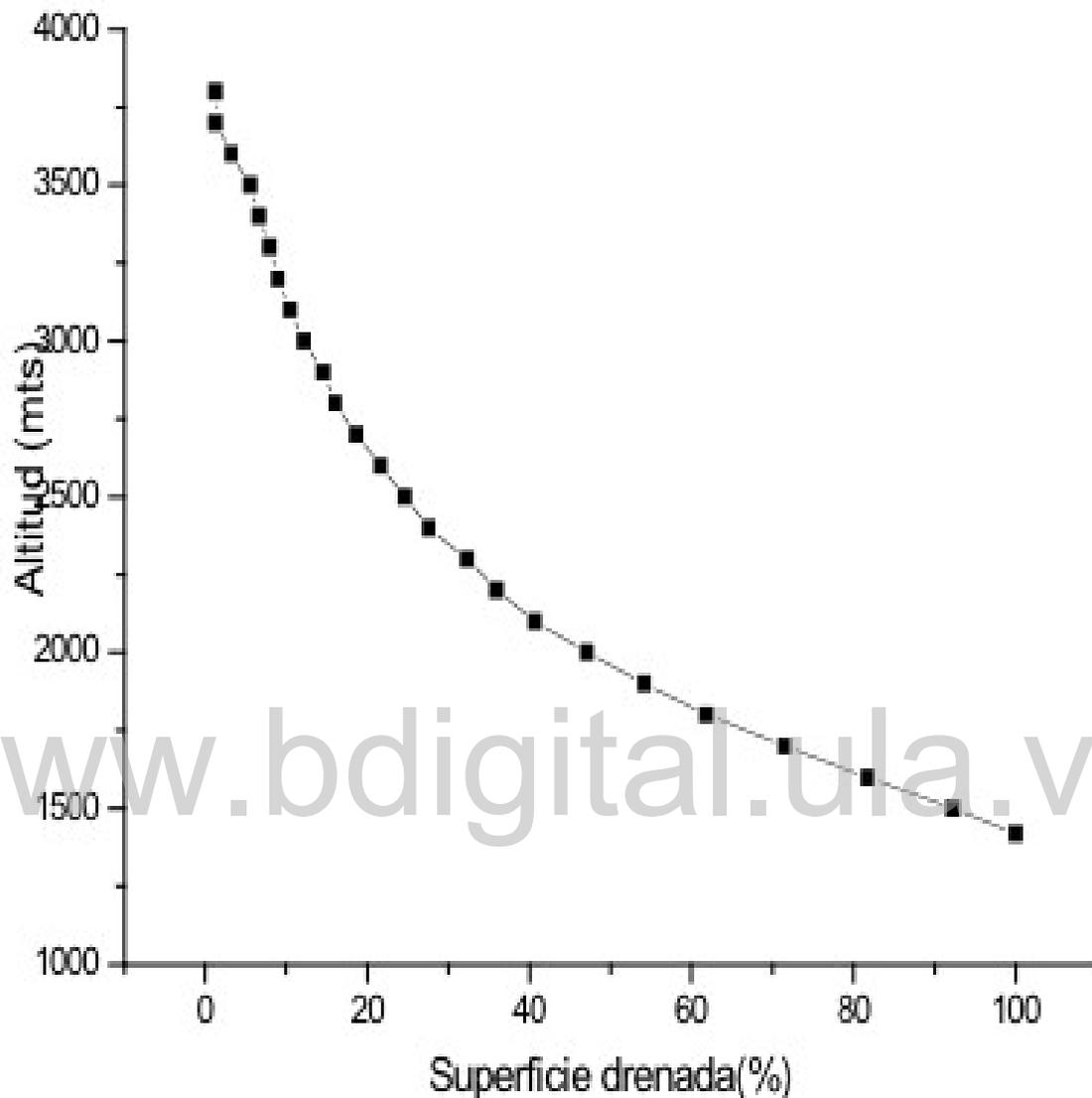


Figura 3.31: Curva hipsométrica de la cuenca de la quebrada La Pedregosa, construida a partir de la Tabla 3.4.3

La curva hipsométrica de la quebrada La Pedregosa describe una curva exponencial cóncava hacia arriba en la cabecera y a la altura del nivel base en la desembocadura, y se encuentra en una edad de vejez, es decir, que la quebrada La pedregosa se encuentra en el ciclo erosivo de acumulación. La profundidad y anchura del lecho aumenta aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente; según *Tarback y Lutgens, (2005)* esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal, y por lo tanto la velocidad, por lo que es posible transportar la carga material del río con una pendiente menor.

El río La Pedregosa presenta una pendiente promedio de 33.21 % a lo largo de u recorrido, sin embargo se pueden distinguir dos sectores de pendientes; un primer sector que corresponde a la parte alta <sup>1</sup> (sobre 2100 mts), el cual presenta una pendiente promedio de 43 %; el segundo sector (con altitudes

<sup>1</sup> Con parte alta no me refiero a la pedregosa alta, es solo una forma de diferenciar dos zonas con distintas pendientes.

menores de 2100 m), presenta una pendiente promedio de 10 %.

- **Quebrada La Resbalosa**

Altitud (m)	Longitud (m)	Superficie Drenada ( %)	Pendiente
2720	0	0 %	-
2600	200	2.95 %	-40 %
2500	350	5.17 %	-67 %
2400	525	7.75 %	-57 %
2300	725	10.70 %	-50 %
2200	900	13.28 %	-57 %
2100	1175	17.34 %	-36 %
2000	1500	22.14 %	-31 %
1900	2100	31.00 %	-17 %
1800	2900	42.80 %	-13 %
1700	3650	53.87 %	-13 %
1600	4850	71.59 %	-8 %
1500	5650	83.39 %	-13 %
1400	6775	100 %	-9 %

Tabla 3.6.4: Relación de altitud y longitud del colector principal de la quebrada La Resbalosa.

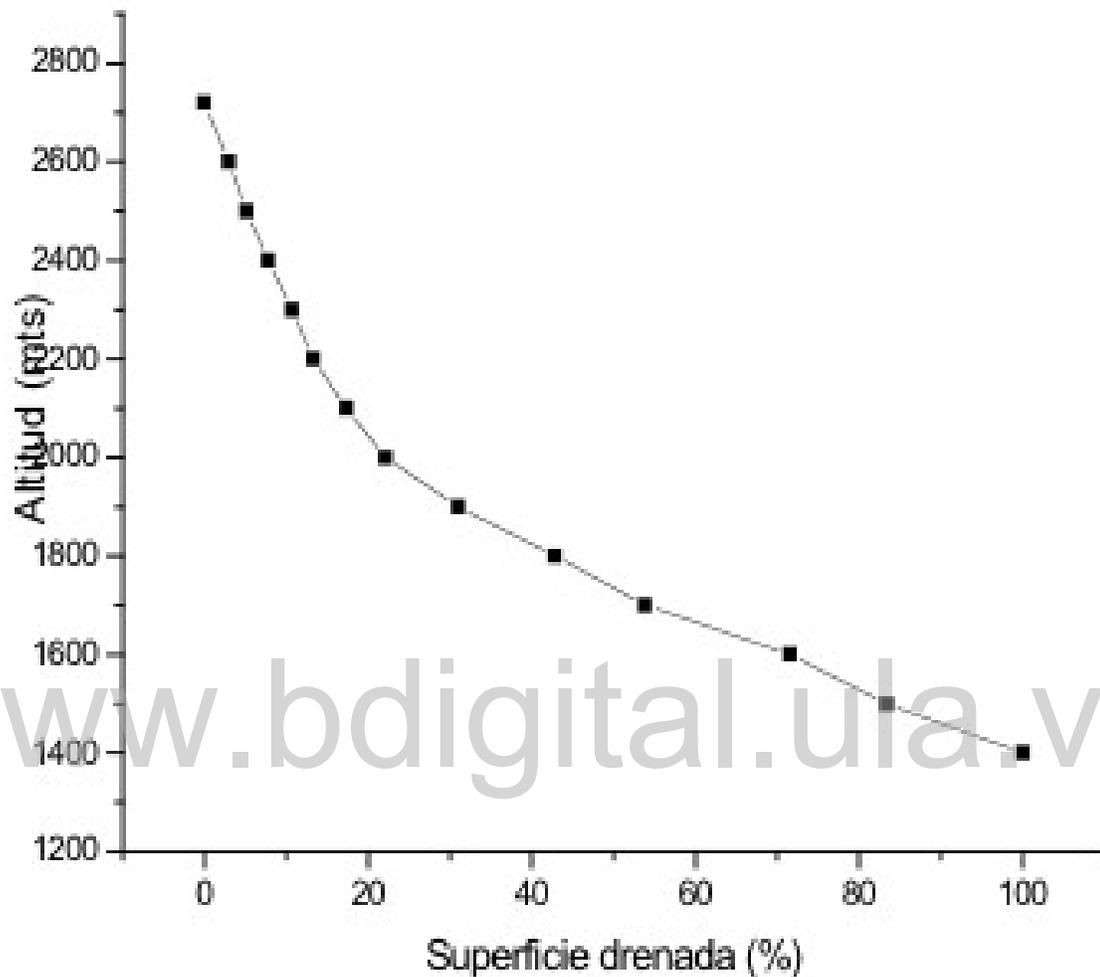


Figura 3.32: Curva hipsométrica de la cuenca de la quebrada La Resbalosa, construida a partir de la Tabla 3.6.4

La curva hipsométrica de la quebrada La Resbalosa tiene un comportamiento parecido al de una curva exponencial cóncava hacia arriba en la cabecera y a la altura del nivel base en la desembocadura, pero en esta se observa un cambio brusco de pendiente en los 2000 m.s.n.m., el cual coincide con el contacto formacional entre la formación sierra Nevada y La Formación Mucujún, y al igual que la quebrada La Pedregosa se encuentra en una edad de vejez, en un ciclo erosivo de acumulación. Y su profundidad y anchura aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente.

La quebrada La Resbalosa posee una pendiente promedio de 31,62% a lo largo de su recorrido, el cual se puede dividir en un sector estable y un sector inestable, por encima de los 1900 m.s.n.m. presenta una pendiente de 44% (sector inestable), mientras que por debajo de los 1900 m.s.n.m. tiene una pendiente de 11% (sector estable).

### 3.7.3. Aspectos geomorfológicos:

Las cuencas poseen un relieve que puede dividirse en tres unidades: vertiente derecha, vertiente izquierda y acumulaciones de fondo de valle. En este caso se tomen por separado las vertientes de la quebrada La Pedregosa y las vertientes de la quebrada La Resbalosa, mientras que las acumulaciones de fondo de valle a nivel regional se toman como uno solo, ya que estamos ante un caso de abanicos coalescentes.

Según *Guerrero, (2006)* toda ladera que presente una pendiente por debajo de 15 % es estable, mientras que aquella que posea una pendiente por encima de 15 % es inestable, basados en esta afirmación se analizó la estabilidad de cada vertiente, utilizando únicamente el criterio de las pendientes, las cuales fueron calculadas utilizando el mismo método que se presenta en la sección 3.7.2.

#### Quebrada La Pedregosa:

- **Vertiente derecha de La quebrada La Pedregosa:**

Esta unidad presenta la cota más elevada a 3.800 m.s.n.m. en el páramo de Los Conejos, es la vertiente con la pendiente más elevada y por ende más inestable, siendo esta en promedio de -54 %, la cual varía desde -98 % en su parte más alta hasta -31 % en la zona mas baja. Presenta varios afluentes entre ellos el más importante la quebrada La Fría.

- **Vertiente izquierda de la quebrada La Pedregosa:**

Su punto más alto se ubica en la Loma Las Iglesias a 3.680 m.s.n.m, posee una pendiente promedio de -44 %, siendo esta la vertiente menos inestable de la cuenca, pero la cual por ser superior a 15 % no deja de presentar deslizamientos a lo largo de su relieve. De los afluentes que presenta resalta como el más importante la quebrada La Casposa.

#### Quebrada La Resbalosa:

- **Vertiente derecha de La quebrada La Resbalosa:**

Esta unidad presenta la cota más elevada a 2540 m.s.n.m. en la loma La Iglesias, es la vertiente con la pendiente más elevada y por ende más inestable, siendo esta en promedio de -46 %, la cual varía desde -93 % en su parte más alta hasta -8 % en la zona mas baja.

- **Vertiente izquierda de la quebrada La Resbalosa:**

Su punto más alto se ubica en la Loma Las Iglesias a 2640 m.s.n.m, posee una pendiente promedio de -43 %, siendo esta la vertiente más estable de la cuenca, pero la cual por ser superior a 15 % no deja de presentar deslizamientos a lo largo de su relieve. Sus pendientes varían de 71 % en su parte más alta hasta 17 %.

#### Acumulaciones de fondo de valle de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa:

Esta unidad es característica de un abanico aluvial con depósitos cuaternarios, el cual se desarrolla donde la corriente fluvial de pendiente alta abandona el valle estrecho en el terreno montañoso y sale a un fondo de valle amplio. Presenta una pendiente promedio de 10 %, y el drenaje tiene una acción suave, lo que produce una erosión muy débil y varios niveles de acumulación.

### 3.7.4. Aspectos geológicos:

Las cuencas de la quebrada La Pedregosa y La Resbalosa por encontrarse una al lado de la otra presentan la misma geología, donde tenemos tres tipos de formaciones, las cuales son: Formación Palmarito, Formación Mucujún y Formación Sierra Nevada. (Ver Figura 3.33)

#### Formación Mucujún

Según el *léxico de Pdvs*, tiene una edad de Terciario superior (Mio-Plioceno). Esta caracterizada por la naturaleza lenticular de las litofacies arenosas y lutáceas y un color moteado de las lutitas y lodolitas.

#### Formación Palmarito

Según el *léxico de Pdvs*, edad comprendida entre el Carbonífero Superior y el Pérmico Medio. La Formación Palmarito es una secuencia de lutitas, principalmente marinas, limos, arenas y margas, que gradan hacia arriba a calizas marinas.

#### Formación Sierra Nevada

Según el *léxico de Pdvs*, se le asigna una edad Precámbrico Superior a esta unidad. La unidad está compuesta fundamentalmente por esquistos, gneises, anfíbolitas y rocas graníticas.

Como se puede observar la cuenca de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa presenta una litología muy variada, es decir, que se tienen diferentes niveles de resistencia a la erosión, lo cual sumado con las altas pendientes que se presentan en las vertientes y la presencia de fallamiento en la zona ocasiona procesos geomorfológicos como abanicos, deslizamientos, etc., lo que se traduce en material rocoso inestable propenso a ser removido y transportado al fondo del abanico a la hora de ocurrir crecidas.

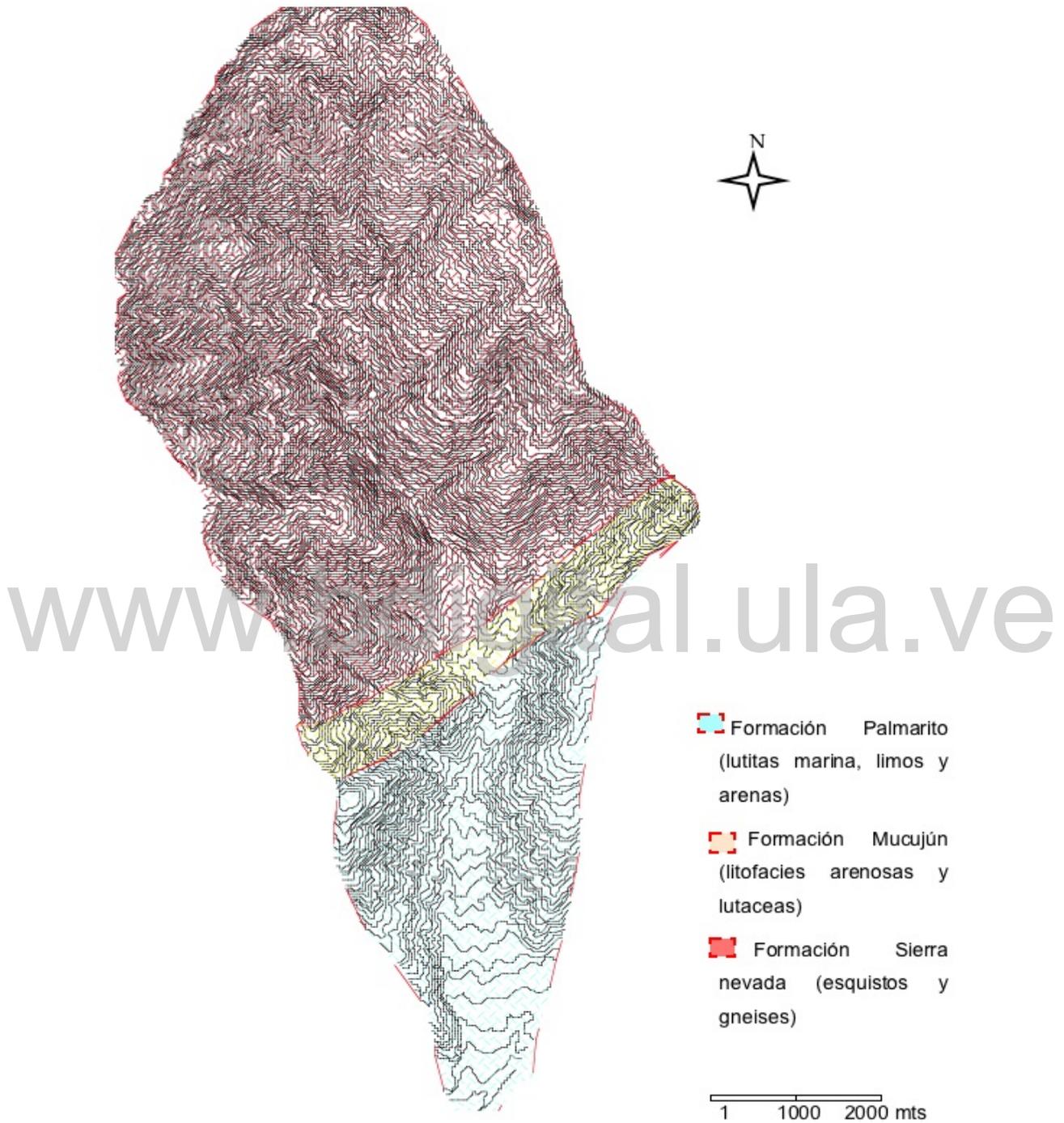


Figura 3.33: Geología de la cuenca de la quebrada La Pedregosa y La Resbalosa.

### 3.8. Precipitación

Según *Freile, (1969)* la precipitación es el parámetro más importante en la meteorología, ya que su distribución estacional o mensual, intensidad y variabilidad a través de los años; es la base de la división climática en Venezuela.

*Blanco y Trejo, (2007)* para realizar el análisis de precipitaciones de las cuencas de las quebradas La pedregosa y La Resbalosa, utilizaron las estaciones abajo presentadas en un periodo de 30 años.

Estación	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m)
	Latitud N	Longitud O	
<b>La Punta</b>	08°33'49"	71°11'20"	1.280
<b>Mérida-Aeropuerto</b>	08°35'56"	71°09'25"	1.479
<b>Santa Rosa</b>	08°38'00"	71°09'00"	1.920

Tabla 3.7.1: Estaciones climatológicas de referencia

Estaciones	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>La Punta</b>	25	29	49	136	168	120	80	121	158	179	133	48	1.246
<b>Aeropuerto</b>	48	46	63	168	248	163	120	141	193	265	207	85	1.746
<b>Santa Rosa</b>	74	74	114	234	272	142	87	144	210	305	258	118	2.031

Tabla 3.7.2: : Promedios de precipitación (mm). Periodo 1965-1995.

Con los promedios antes mostrados se construyen los histogramas para cada estación.

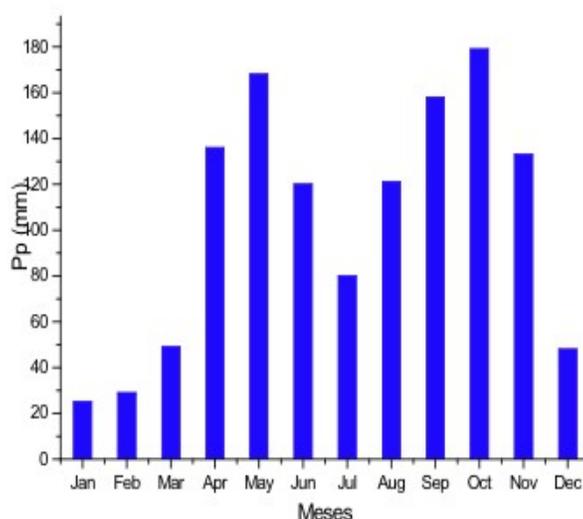


Figura 3.34: Histograma de precipitación media mensual La Punta.

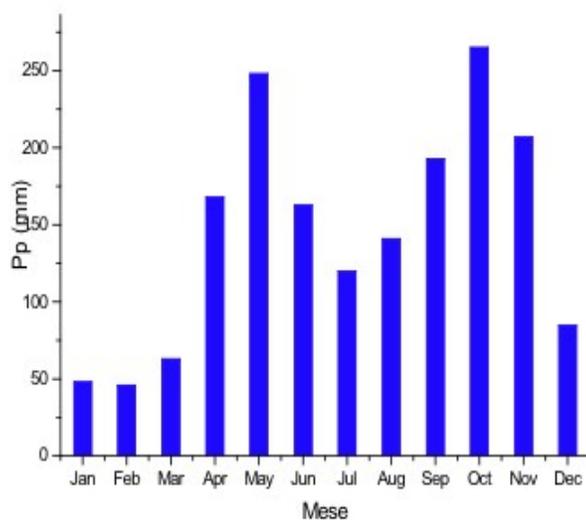


Figura 3.35: Histograma de precipitación media mensual Aeropuerto.

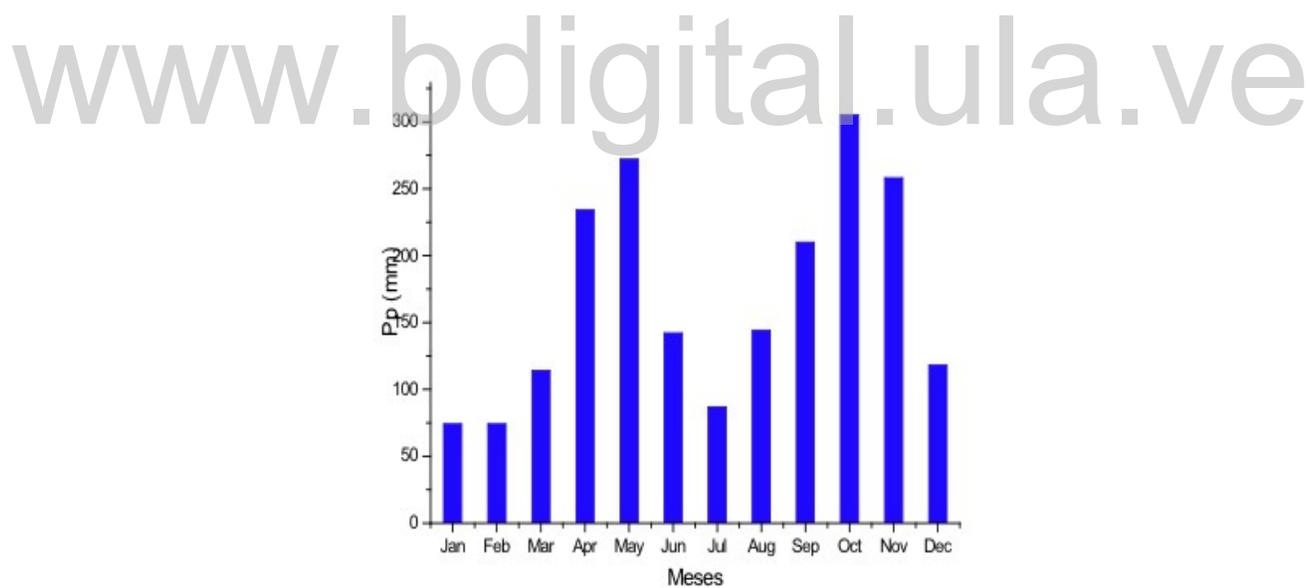


Figura 3.36: Histograma de precipitación media mensual Santa Rosa.

Según *Blanco y Trejo, (2007)* los datos y gráficos evidencian un régimen de precipitación bimodal con un periodo seco de diciembre a marzo y un periodo húmedo de abril a noviembre, cuyos picos corresponden a mayo y octubre, entre los cuales se evidencia una merma de lluvia denominada 'verano de San Juan' que es típico del mes de julio.

Para *Freile, (1969)* la representación cartográfica de las precipitaciones se efectúa haciendo pasar líneas

por los puntos de igual cantidad de lluvia, nieve, etc., durante un periodo considerado. Estas líneas se denominan isoyectas, y no necesitan corrección de altitud como las isóbaras y las isotermas.

En el siguiente mapa se muestran las isoyectas de las cuencas de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa.

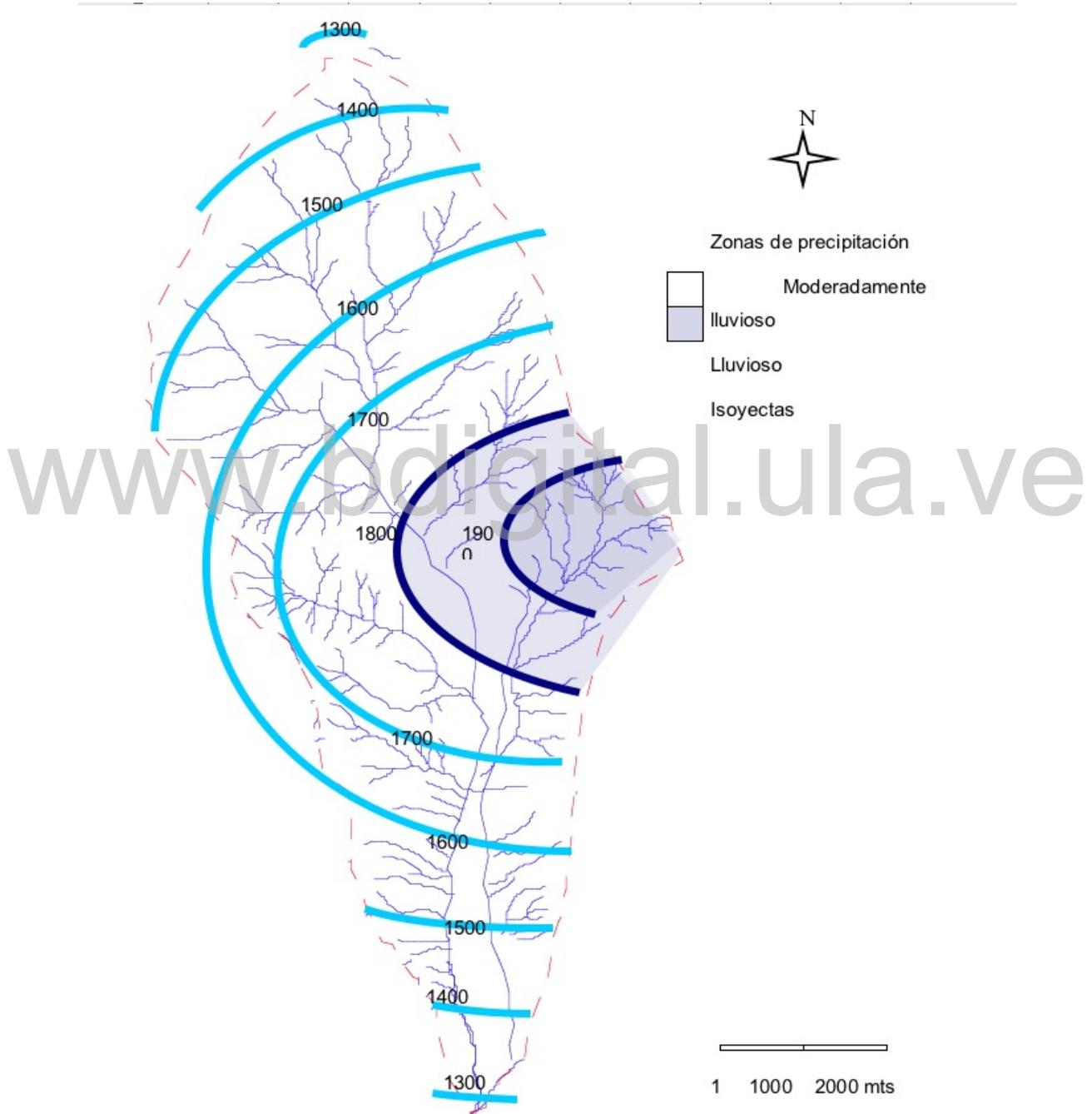


Figura 3.37: Mapa de isoyectas y zonas de precipitación de las cuencas de las quebradas La Pedregosa y La Resbalosa (Elaborado por Hugo Blanco y Trejo Yhimaina).

Como se observa en la figura 3.37 las nacientes de la quebrada La Resbalosa presentan un nivel de precipitación mayor que la quebrada La Pedregosa, es decir, que el total anual de precipitación en milímetros es mayor para La Resbalosa que para La Pedregosa.

### 3.9. Estudio de la sismología de la pedregosa y sus alrededores:

Según *Manzanilla, (2002)* al igual que otros lugares de la cordillera andina, la zona cercana la ciudad de Mérida está profundamente fallada, observándose, a parte de la falla de Bocono, otras trazas menores como la falla La Mucuy que corre paralela a la misma, por varios kilómetros, al NE de Mérida; la falla de Bocono y la falla de Jají que se extiende por mas de 30 kilómetros entre La Trampa y el valle de San Javier (*Ferrer, 1995*). En el sector Pozo Azul la falla de Jají presenta una bifurcación de su traza, luego de la cual las dos trazas resultantes continúan con rumbo aproximado noreste; la traza norte persiste con la denominación de falla de Jají y la sur es denominada la falla La Hechicera cambia su rumbo hacia el este y atraviesa el núcleo universitario La Hechicera, Los Chorros de Milla y el Alto del Vallecito.

#### 3.9.1. Falla La Hechicera:

Para *Manzanilla, (2005)* esta falla (La Hechicera) se halla ubicada al noreste de la ciudad de Mérida, abarcando, según *Ferrer, (1995)* y *Almeida y Rivas, (2003)* la zona comprendida entre el sector Pozo Azul (quebrado Carvajal) hasta el Alto Vallecito, pasando por: La Pedregosa, El Rincón, sector El Caucho, cerro Las Flores, Santa Rosa, La Hechicera, Los Chorros de Milla, san Benito y el Vallecito (Ver Figura ??), y su traza a lo largo de esa zona define el límite entre las formaciones Mucujún y Palmarito. Esta falla presenta características geomorfológicas bien definidas cuyas evidencias en el campo se caracterizan por ensilladuras observadas en los sectores: Pozo Azul, Pedregosa Alta, La Llanada, Santa Rosa, Chorros de Milla, San Benito y El Vallecito, siguiendo un alineamiento estructural en dirección noreste.

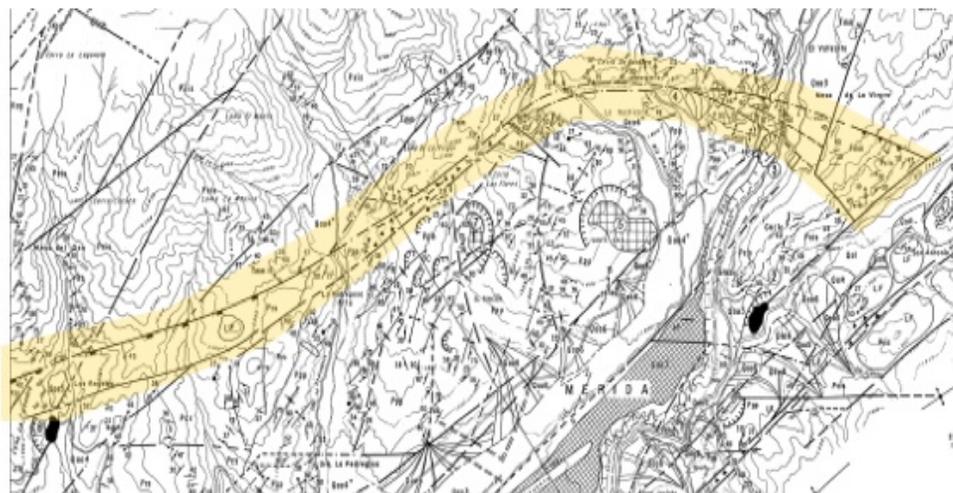


Figura 3.38: Mapa Geológico de la zona La Pedregosa.

Según *Almeida, (2003)* a La falla La hechicera se le puede asignar una edad de Mioceno superior-Plioceno, esto basándose en la unidades que la afectan. Los eventos que a lo largo de esta falla se suscitan

son de magnitud pequeña y superficiales (profundidad promedio de unos 11 Km.).

Tomando en cuenta todos estos factores se realizó una revisión de todos los eventos registrados en La Pedregosa y sus alrededores desde 1990 hasta la actualidad y con magnitud superior a 2.5 en la escala de Richter, con ayuda de la página del Laboratorio de Geofísica de La Universidad de Los Andes (<http://Igula.ciens.ula.ve>).

Fecha	Hora	Lat N	Long O	Prof (km)	Mag (Mb)	Obs
1994/11/10	20:45:20.17	8°35'44.16"	-71°12' 55.80"	12.28	3.3	
1995/03/20	02:32:43.98	8°37' 25.32"	-71°07' 49.08"	10.91	3.0	
1997/04/01	18:15:27.70	8°37' 43.68"	-71°07' 53.76"	0.0	2.9	Mncpio. Libertador, Edo. Mérida
1997/04/06	02:41:23.80	8°33' 58.68"	-71°16' 17.04"	28.28	2.8	Mcpio. Libertador, Edo. Mérida. Sentido leve en Mérida.
1997/05/07	19:05:36.76	8°35' 52.8"	-71°15' 06.48"	9.7	3.3	Mcpio. Libertador, Edo. Mérida
1998/03/22	18:52:40.88	8°36' 52.20"	-71°10'41.52"	5.20	1.9	Mcpio. Libertador, Edo. Mérida

Tabla 3.8.1: Eventos que se han registrado desde 1990 en el sector la Pedregosa y sus alrededores.



Figura 3.39: Eventos que se han registrado desde 1990 en el sector la Pedregosa y sus alrededores, construida a partir de la tabla 3.8.1

### 3.10. Mecanismos focales

Para *Laffaille, (1988)* la observación de las fallas geológicas abrió nuevas perspectivas a esta investigación, siendo Humbolt uno de los primeros en señalar la posible relación entre estos y los terremotos. El primer modelo mecánico acerca del origen de los terremotos es debido a Reid, quien en 1910 propuso su teoría del Rebote Elástico, con el fin de explicar el origen del terremoto que afectó la ciudad de San Francisco en 1906. La teoría de Reid supone que las deformaciones elásticas se van acumulando en una región hasta que se supera la resistencia del material, produciéndose la fractura de este y el deslizamiento relativo de los bloques rocosos ubicados a ambos lados de la fractura. La energía almacenada se libera en forma de calor y de ondas sísmicas. Estas se propagan en todas direcciones a partir del punto donde se inició la ruptura, produciendo el terremoto. El método para determinar la orientación del mecanismo de los terremotos, tiene su fundamento en la observación de los signos del primer impulso de las ondas P registrado en los sismogramas. Con la primera llegada hacia abajo, se registran dilataciones, mientras que la llegada hacia

arriba es compresión.

Según *FUNVISIS, (2005)* una vez concluida la revisión de los sismogramas de todas las estaciones sísmológicas, se procede a graficar tal información en una red estereográfica (plantilla de forma circular cuyo centro representa el foco del evento sísmico) Figura 3.40.

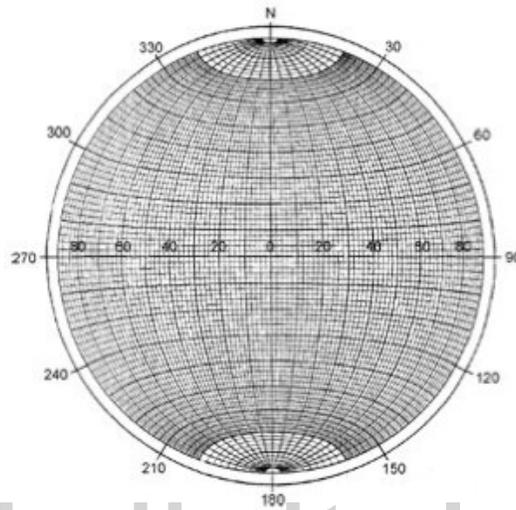


Figura 3.40: La red estereográfica.

En *Laffaille, (1988)* un procedimiento sencillo para utilizar la plantilla es el siguiente:

1. Se coloca una tachuela en el centro de plantilla, de tal forma que pueda ser utilizada como eje para girar sobre esta una hoja de papel semi-transparente.
2. Sobre la hoja se indican las direcciones Norte y Sur para que sirvan de referencia.
3. Cada punto (estación sísmográfica con información dilatación-compresión) está caracterizado por dos coordenadas azimut  $A_z$  y ángulo de incidencia T. La coordenada  $A_z$  se lee sobre el círculo exterior de la plantilla, la cual viene graduada en grados, y la coordenada T sobre el eje horizontal de la plantilla (que coincide con el eje este-oeste), también graduada en grados.
4. La proyección de cada punto se consigue haciendo una marca de referencia en el valor correspondiente de la coordenada  $A_z$ , y girando luego la hoja hasta que dicha marca coincida con el eje horizontal de la plantilla. El punto se ubicará sobre dicho eje, el valor correspondiente de T.

Una vez proyectadas todas las estaciones, cada una con la correspondiente información compresión-dilatación, el problema se reduce a separar compresiones y dilataciones por medio de dos planos ortogonales entre sí. Es importante resaltar que una vez graficado uno de los planos, el segundo debe cumplir la condición de ortogonalidad con el primero y, además, separar compresiones y dilataciones.

Según *Laffaille, (1988)* tomando en cuenta que se esté representando el mecanismo de una falla, es evidente que los diferentes tipos de fallas existentes darán lugar a diferentes representaciones al ser proyectadas en la esfera focal y obtener su proyección estereográfica. Ver figura 3.41.

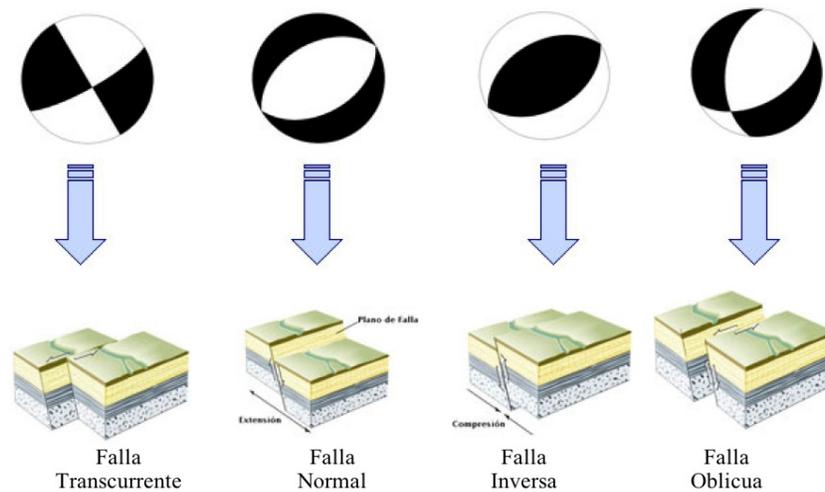


Figura 3.41: Tipos de fallas.

El buzamiento tiene relación directa con la curvatura o "barriga" del plano. Su cálculo se lleva a cabo midiendo los grados que existen desde el centro del plano hasta la superficie de la esfera. Para el caso de un plano sin curvatura, es decir, una línea recta, el valor del buzamiento correspondería a  $90^\circ$  por ser ese el resultado desde el centro de la esfera hasta cualquier punto en la superficie de la misma.

Para *Funvisis*, (2005) uniendo los extremos del plano seleccionado con una línea segmentada se determina la dirección del azimut de la falla, y su valor en grados se obtiene midiendo desde el norte, en el sentido de las agujas del reloj, hasta la intersección con la línea segmentada. Ver Fig. 3.42

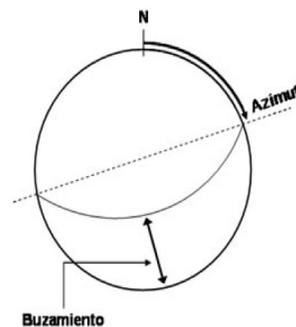


Figura 3.42: Características geométricas de la falla.

En la zona de La Pedregosa desde 1990 se han registrado 5 eventos, los cuales son:

<b>Sismo de 1995/03/20</b>			
<b>Estación</b>	<b>Azimut</b>	<b>Angulo de incidencia</b>	<b>Polaridad</b>
UAV	243	167	C
OSV	269	102	D
AGV	148	131	C
EAV	54	101	C
<b>Sismo de 1997/04/01</b>			
UAV	69	164	C
CUV	38	106	C
AGV	130	116	D
<b>Sismo de 1997/04/06</b>			
EAV	60	90	C
UAV	83	91	C
CUV	55	91	C
AGV	107	91	D
<b>Sismo de 1997/05/07</b>			
UAV	77	59	C
CUV	62	59	C
AGV	91	59	D
<b>Sismo de 1998/03/22</b>			
CUV	37	107	C
UAV	47	152	C
OSV	274	100	D
AGV	119	120	D

Tabla 3.9.1: Datos de los eventos registrados en La Pedregosa y sus adyacencias desde 1990.

Luego de conocidos los datos de azimut, ángulo de incidencia y polaridad de cada estación para los sismos registrados, se realizó la proyección estereográfica, y se separaron todos los puntos de compresiones de las dilataciones por medio de planos nodales, obteniendo los siguientes mecanismos focales.

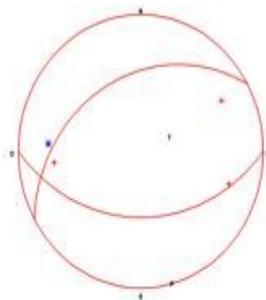


Figura 3.43: Sismo de 1995/03/20

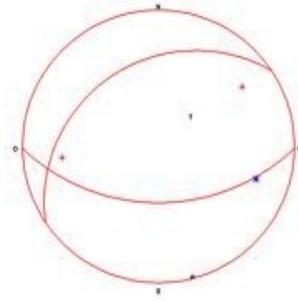


Figura 3.44: Sismo de 1997/04/01

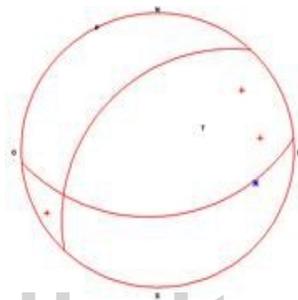


Figura 3.45: Sismo de 1997/04/06

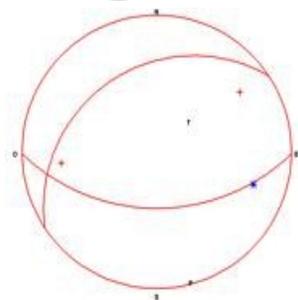


Figura 3.46: Sismo de 1997/05/07

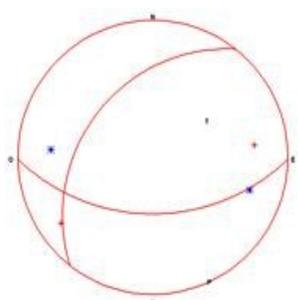


Figura 3.47: Sismo de 1998/03/22

www.bdigital.ula.ve

En los mecanismos focales antes mostrados se observa que presentan planos nodales con los mismos rumbos y buzamientos. Con ayuda en el mapa geológico y en la distribución de los puntos obtenidos se puede decir que el plano de falla es el que coincide con el plano que presenta un azimut de  $90^\circ$  de dirección con respecto al norte, y tiene un buzamiento de  $50^\circ$ .

Utilizando los mecanismos focales antes mostrados se construyó un mecanismo focal compuesto, mostrado a continuación.

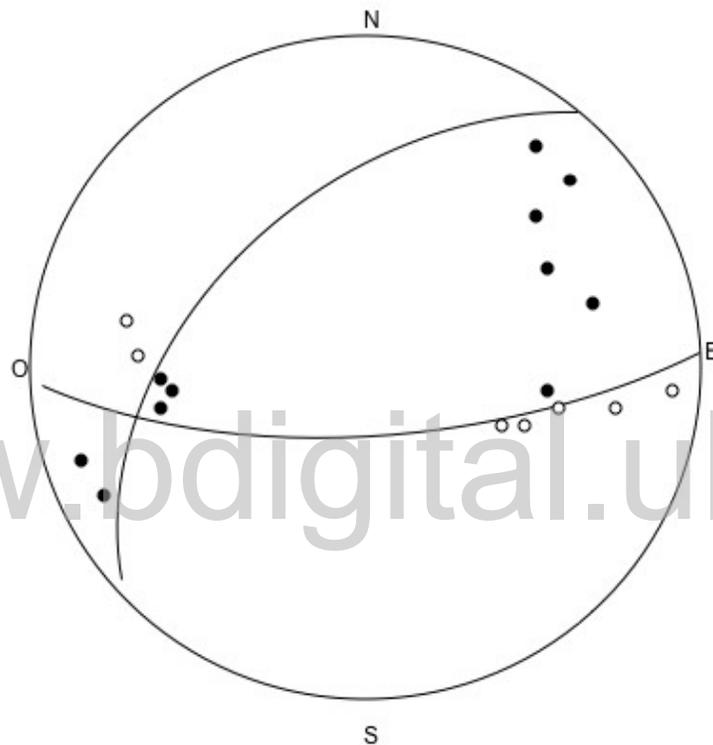


Figura 3.48: Mecanismo focal compuesto de los sismos registrados en La Pedregosa y sus alrededores.

Como se puede observar en el mecanismo focal compuesto, el sistema de fallas que se encuentran en las cercanías del sector La Pedregosa presentan un movimiento dextral con una componente vertical tipo inversa, este resultado concuerda con las evidencias encontradas en campo.

En las figuras 3.49 y 3.50 se observa la falla de contacto identificada en campo entre las formaciones Mucujún y Palmarito, y se observa el bloque levantado (formación Palmarito) y el bloque deprimido (Formación Mucujún), como la formación Palmarito es de origen arcillo, es la formación más erosionable, mientras que la formación Mucujún esta compuesta por areniscas. La pendiente lógica sería que la formación Palmarito, por ser la formación compuesta por las rocas más blandas se encontrara a menor altura que la formación Mucujún, pero en campo se logra identificar lo contrario, y es que la formación Palmarito se encuentra a mayor altura que la formación Mucujún, de lo que se puede inferir que el bloque levantado sea el que corresponde con la formación Palmarito (el que se encuentra más hacia el sur), y el bloque deprimido corresponde con la formación Mucujún.



Figura 3.49: Serie de ensilladuras. La figura nos muestra las ensilladuras que confirman la existencia de la falla de contacto existente entre las formaciones Mucujún y Palmarito, identificadas con arcos rojos.



Figura 3.50: Ensilladura. La figura nos muestra una ensilladura que confirma la existencia de la falla de contacto existente entre las formaciones Mucujún y Palmarito, identificada un arco rojo.

### 3.11. Estimación de vulnerabilidad.

Para realizar una evaluación visual de edificaciones con la finalidad de conocer su vulnerabilidad y nivel de desempeño ante un sismo de magnitud 6, se aplicó a cada edificación una o dos planillas. Todas las planillas han sido elaboradas en función del sistema constructivo que posee la edificación. La **Planilla 1** le permite conocer la vulnerabilidad y el nivel de desempeño probable de una edificación ante un sismo de magnitud 6 en la escala de Richter y una segunda planilla sirve como instrumento para determinar específicamente el nivel de desempeño de la edificación. En Venezuela existen básicamente cuatro sistemas

constructivos.

1. Técnicas mixtas:

a) Ranchos Venezolanos.

2. Mampostería:

a) Cantos rodados o rocas.

b) Adobe.

c) Tapial.

d) Ladrillos de Arcilla y mortero de concreto.

e) Bahareque.

f) Bloques de Arcilla o concreto.

3. Concreto armado:

a) Marcos.

b) Muros.

4. Estructuras de Acero:

a) Marcos.

b) Estructuras de formas diversas.

En la planilla 1 existen 3 columnas, que de izquierda a derecha corresponden al grado de vulnerabilidad (1 rojo), tipología constructiva (2 azul) y nivel de desempeño (3 amarillo) de las edificaciones que sean estudiadas. La primera columna que, corresponde al **grado de vulnerabilidad**, posee seis valores que comprenden desde las edificaciones con mayor vulnerabilidad, de grado I (uno) hasta las menos vulnerables de grado VI (seis). Dichos valores son asignados en función del tipo de estructura que posee la edificación. En la segunda columna se encuentran los diferentes **sistemas constructivos** que puede poseer una edificación y sus respectivas subcategorías en función del grado de vulnerabilidad y nivel de desempeño que poseen. La tercera columna posee seis subdivisiones que describen el **nivel de desempeño probable de una edificación** en caso de un sismo de fuerte, magnitud 6 en la escala de Richter.

Nivel de vulnerabilidad	Tipo de estructura	Nivel de desempeño					
		Sin daños visibles	Completamente operacional	Operacional	Supervivencia	Carga de colapso	Colapso
IV	Técnicas mixtas						
	Ranchos				●		
I	Mampostería						
	Cantos rodados y rocas						●
	Adobe						●
II	Adobe reforzado o confinado (contemporáneo)				●		

Figura 3.51: Columnas de la planilla 1.

Para cada uno de los tipos de sistemas constructivos existe un nivel de desempeño **promedio** y que es representado con un círculo blanco.

La línea continua indica el comportamiento diferente al promedio o **probable** que puede presentar una edificación de un tipo determinado.

La línea punteada indica el comportamiento menos probable, ocasional o **excepcional**.

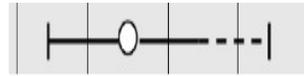


Figura 3.52: Simbología para el nivel de desempeño.

Planilla 1. Vulnerabilidad y Nivel de Desempeño							
Nivel de Vulnerabilidad	Tipo de estructura	Nivel de Desempeño					
		Sin daños visibles	Completamente operacional	Operacional	Supervivencia	Cerca del colapso	Colapso
		SD	CO	O	S	CE	C
TV	<b>Técnicas mixtas</b>						
	Ranchos			-----○----- -----			
	<b>Mampostería</b>						
I	Cantos esbaldos y rosas					-----○----- -----	-----○----- -----
II	Baca simple (albricada)			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
I	Adobe					-----○----- -----	-----○----- -----
III	Adobe reforzado o confinado (transimpugnado)					-----○----- -----	-----○----- -----
II	Tapial			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
IV	Bahareque, techo de hojas			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
V	Bahareque, techo liviano			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
IV	Ladrillos de arcilla y mortero de concreto			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
II	Plaqueas de arcilla o concreto sin refuerzos					-----○----- -----	-----○----- -----
III	Blaqueas de arcilla o concreto con placa de techo de concreto armado y mallas de refuerzo			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
IV	Bloques de arcilla o concreto con placa de techo liviana, reforzada o confinada.			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
	<b>Concreto armado</b>						
V	Muros sin diseño sismorresistente			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
VI	Muros con diseño sismorresistente	-----○----- -----		-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
V	Muros sin diseño sismorresistente			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
VI	Muros con diseño sismorresistente	-----○----- -----		-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
	<b>Estructuras de Acero</b>						
V	Marcos sin diseño sismorresistente			-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
VI	Marcos con diseño sismorresistente	-----○----- -----		-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----
VI	Estructura con diseño sismorresistente	-----○----- -----		-----○----- -----		-----○----- -----	-----○----- -----

Figura 3.53: Planilla 1.



Planilla 3, edificaciones de tierra con estructura de muro portante											
<b>Edificio</b>											<b>%</b>
<b>Problemas de configuración</b>											<b>100</b>
a) Asimetría:											<b>17</b>
1) Planta											<b>4</b>
2) Alzado											<b>4</b>
3) Distribución de vanos											<b>4</b>
b) Estructura:											<b>29</b>
1) Asimetría en la distribución de muros											<b>4</b>
2) Uniones débiles en esquinas											<b>3</b>
3) Falta de unión entre paredes interiores y exteriores											<b>3</b>
4) Grandes vanos											<b>5</b>
5) Dinteles débiles											<b>5</b>
6) Unión débil entre fundaciones y muro											<b>2</b>
7) Unión débil entre el mortero y las piedras											<b>2</b>
8) Áreas débiles en los muros exteriores (cornisas)											<b>3</b>
c) Disposición											<b>6</b>
1) Alto vs. Ancho											<b>3</b>
2) Ancho vs. Largo											<b>3</b>
d) Viviendas de 2 pisos o más:											<b>6</b>
1) Detrazos incrustados en las paredes											<b>5</b>
2) Balcones											<b>4</b>
e) Techos:											<b>44</b>
1) Tejas pesadas											<b>5</b>
2) Armadura incrustada en las paredes											<b>6</b>
3) Demosiado peso											<b>5</b>
4) Paredes interiores para estibarlas											<b>5</b>
5) Varios niveles de techo											<b>5</b>
6) Pórticos de acceso											<b>6</b>
7) Cornisas											<b>5</b>
f) Terreno:											<b>5</b>
1) En pendiente											<b>5</b>
<b>Total</b>											
<b>Clasificación general</b>											

Figura 3.55: Planilla 3.

Luego de realizada la evaluación de vulnerabilidad y nivel de desempeño de las viviendas presentes en el sector Los Saraches de La Pedregosa, se obtuvieron los siguientes resultados:

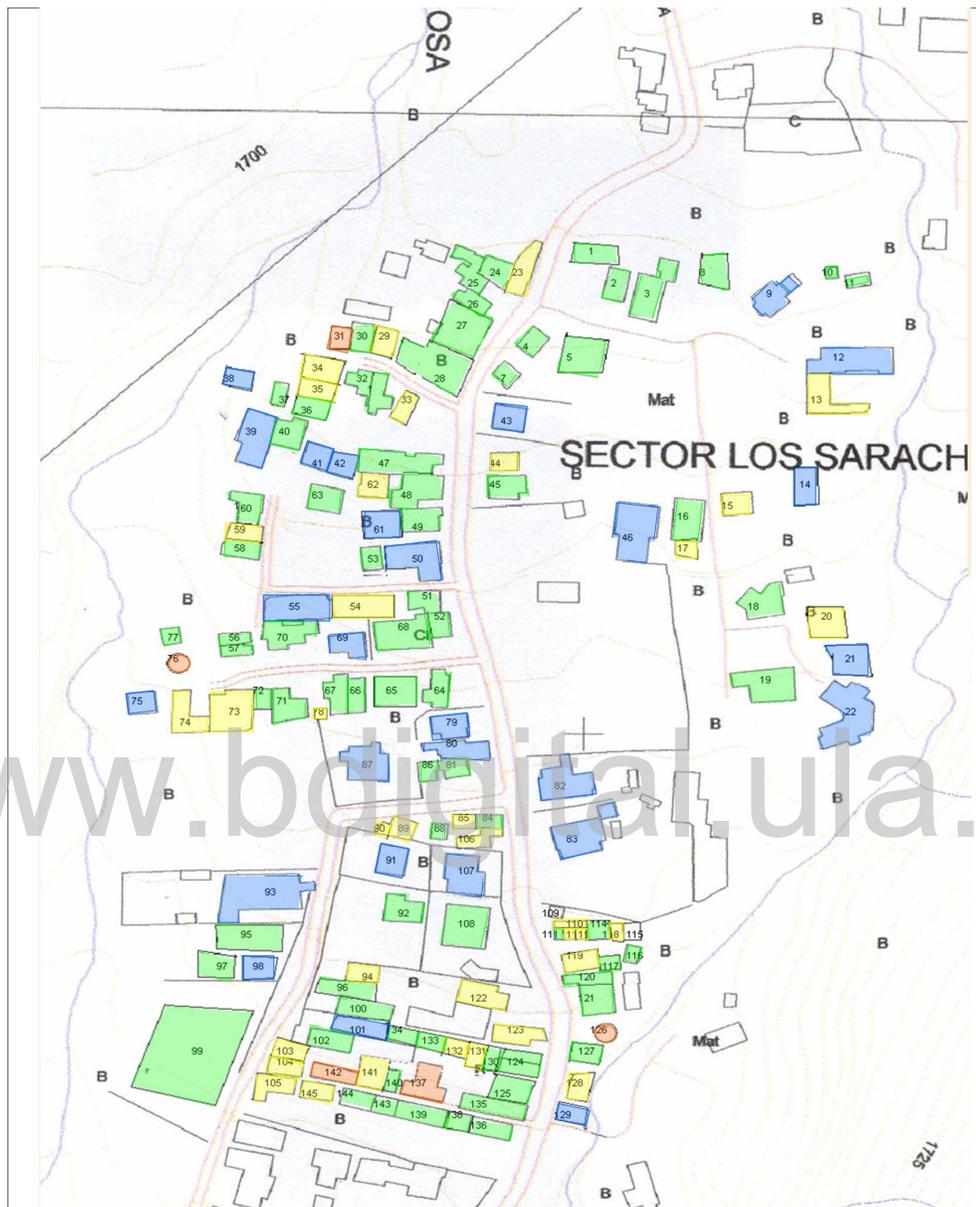


Figura 3.56: Mapa del nivel de desempeño de las viviendas ubicadas en Los Sarach. La Figura nos muestra el nivel de desempeño que presentarían las casas localizadas en el sector Los Sarach ante un sismo de magnitud 6.0 en la escala de Richter .

En la figura 3.56, se puede observar que se trabajó con 145 viviendas, de las cuales 4 no pudieron ser evaluadas por no tener acceso a ellas o encontrarse en construcción. De las 141 casa que se evaluaron se tiene que 27 de ellas son completamente operacionales, lo que quiere decir que a la hora de presentarse un sismo de magnitud 6 en la escala de Richter, estas viviendas soportaran el sismo, y seguirán siendo actas para vivir. 73 viviendas resultaron ser operacionales, lo que implica que al presentarse un sismo de magnitud 6 ellas soportaran el sismo pero sufrirán daños menores. 36 casas presentan un nivel de desempeño de supervivencia, es decir que estas casa sufrirán fuertes daños y no serán actas para vivir, pueden servir como refugio por una o dos noches, pero no para seguir siendo habitadas con regularidad. 5 viviendas de las evaluadas se encontraran cerca del colapso cuando se presente un sismo de magnitud 6, lo que implica que estas viviendas en cualquier momento pueden colapsar, y quedar totalmente destruidas, lo que implica que estas viviendas no serán actas ni para vivir, ni para servir como refugio.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

## Capítulo 4

# CONCLUSIONES

Los Saraches de La Pedregosa Alta presenta varios elementos que pueden caracterizarse como amenazas naturales, y aunque no puede determinarse el cuando, ni el donde van a suceder las cosas, estos son algunos de los escenarios que pueden presentarse en el sector Los Saraches y sus alrededores, debido a los elementos que lo rodean.

Si bien Los Saraches se encuentra emplazado sobre la planicie de La Pedregosa, no es menos cierto que se encuentra influenciado por las vertientes donde aflora la formación Palmarito, la cual se presenta como la mayor originadora de procesos degradacionales de origen geomorfológico.

Otro elemento peligroso, es el sistema de fallas que atraviesa el sector. Según el mecanismo focal compuesto este sistema de fallas presenta actividad sísmica con movimiento de tipo dextral y componente vertical, y aunque no se han registrado en este sector hipocentros de sismos de gran magnitud, todo el municipio Libertador se encuentra atravesado por el sistema de fallas de Bocono, en el cual si se han presentado eventos de magnitud importante, que puede afectar cualquier localidad ubicada dentro o en las cercanías de este municipio. Las casas que se encuentran en Los Saraches y sus alrededores (145 viviendas) en su mayoría serian capaces de soportar un sismo de magnitud 6 sufriendo solamente pequeños daños, aunque se presentaron 41 casas que de presentarse un sismo de esta magnitud tendrían que ser desalojadas.

Los canales de desborde que presentaron la quebrada La Pedregosa, aunque son pocos, pueden ser utilizados nuevamente a futuro, ya que uno de ellos es actualmente una sequía de riego, lo que le facilitaría a la quebrada retomarlo, si se presentaran fuertes precipitaciones. La Pedregosa, es una quebrada altamente bifurcada y con fuertes pendientes en sus nacientes, lo que ayuda a concentrar grandes cantidades de agua, lo que se traduce que al momento de fuertes lluvias podría arrastrar grandes cantidades de material y a gran velocidad, pero por ser alargada presenta un alto tiempo de concentración, lo que daría más tiempo de alerta, para que así la población este prevenida, si se detectan fuertes lluvias en sus nacientes por largos periodos de tiempo.

La quebrada La Resbalosa, presento más canales de desborde, que confluían en dos puntos, es decir que ha presentado más actividad actualmente, de los cuales observamos en uno de ellos que la altura de la terraza depositada es muy pequeña, pudiendo servir nuevamente como punto de desborde, al presentarse precipitaciones. La Resbalosa aunque se encuentra menos bifurcada que La Pedregosa, sus nacientes también presentan altas pendientes, y un tiempo de concentración de las aguas menor que La Pedregosa, por otra parte el nivel de precipitación anual de La Resbalosa es mayor que el de La Pedregosa, esto indica que

es más propensa a sufrir desbordes. Lo que muestra que la población asentada aguas debajo de La Resbalosa tiene que encontrarse más alerta cuando se presenten fuertes y continuas precipitaciones en las nacientes de esta, ya que su tiempo de concentración es menor.

Todos estos elementos pueden presentarse unos como desencadenantes de otros, tal es el caso, de registrarse un sismo que no tiene que ser de gran magnitud para generar deslizamientos en la formación Palmarito. Un deslizamiento en esta formación podría generar un obturación de cualquiera o de las dos quebradas (La Pedregosa y/o La Resbalosa), causando luego una desviación de la quebrada, y la ruta más probable sería uno de sus canales de desborde, los cuales se encuentran atravesando la población asentada en Los Saraches y sus alrededores. En el caso de que las quebradas (La Pedregosa y/o La Resbalosa) no fuera desviada se represaría hasta el punto de esta poder destruir el material que le impide continuar aguas a bajo, en este caso la quebrada arrastraría todo lo que encontrara en su camino hasta disminuir el volumen de agua que logro concentrarse mientras se encontraba represada.

[www.bdigital.ula.ve](http://www.bdigital.ula.ve)

# Bibliografía

Blanco H., Trejo Y., Estudio de las condiciones físico-naturales y del ordenamiento de la micro cuenca La Pedregosa La Resbalosa Municipio Libertador Edo. Mérida, Universidad de los andes Escuela de Geografía, Mérida, 2007.

Castrillo Delgado, J.; Hervouet, Y.; Bongiorno B.; Odreman O.; Evolución estructural del flanco Nor-Occidental de los Andes Venezolanos (Región Valera), Escuela de Ingeniería Geológica, Universidad de los Andes, Mérida. Venezuela, 2004.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT ), Población afectada por desastres naturales, (1995), Colombia: <http://www.centrogeo.org.mx/unep/metadatos/ciat-sa/sa-pobafdes.htm>

Comisión Estatal de Ordenación del Territorio del estado bolivariano de Miranda (CEOT) (2005)  
<http://www.miranda.gov.ve/OrdenTerritorial/Diagnostico/9.CAP.VIII.Amenazas naturales.pdf>

Doffo, L. y G. González, Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico. Revista de la asociación geológica Argentina. 60 (1): 16-22 (2005).  
<http://www.scielo.org.ar/pdfragav60n1v60n1a03.pdf>

Freile A., Meteorología y climatología tropical y de Venezuela, Caracas, 1969.

Fuerza Aerea de Venezuela (F.A.V): Promedios climatológicos de Venezuela (1951 - 1980). Ciencias de la Tierra. ISBN 980-312-247-9

FUNVISIS: <http://www.funvisis.org.ve/mecanismosfocales.php>

González de Juana, C.; Iturralde de Arozena, J. y Picard Cadelat, X.; (1980); Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas. Ediciones FONINVES, Caracas, Tomos I y II.

Guerra, F. y J. González, Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada La Bermeja, San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela. Universidad de Los Andes, Táchira, Departamento de ciencias sociales.

Guerrero, O.; Geomorfología de cuencas (2006).

Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio (LDS-

GAT). Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias. Universidad de la República de Uruguay. Curso: "Manejo Integrado de Cuencas Hidrográfica". [http://tecrenat.fcien.edu.uy/Cuencas/Gestion %20Integrada %20de %20Cuencas/Practico %201.pdf](http://tecrenat.fcien.edu.uy/Cuencas/Gestion%20Integrada%20de%20Cuencas/Practico%201.pdf)

Laffaille, K. (2007); Instructivo para la evaluación visual de edificaciones.

Laffaille, J. (1988), Mecanismos focales: teoría del rebote elástico y proyecciones estereográficas, Universidad de los Andes, Laboratorio de Geofísica, Mérida, Venezuela.

Manzanilla, Norvis; Determinación de la(s) traza(s) de la falla La Hechicera, en la zona norte del estado Mérida, usando detectores pasivos de gas Radón, (2005), Mérida, Universidad de Los Andes, Departamento de Física.

Red bioclimática: Registros diarios de temperatura de la ciudad de Mérida desde 1994.

Ruiz, Jesús; (2002); Estudio de las características hidrológicas de la cuenca L a Pedregosa con fines de proponer sistemas preventivos contra inundaciones; Escuela de Geografía, Universidad de Los Andes, Mérida. Venezuela.

Sánchez, T. (1991). Estudio morfoclimático del Cabevó DOR. Universidad de Alicante. España. 69 pp.

Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed morphology. Transactions of the American Geophysical Union, 38: 913-920.

Tarbutk, E., Lutgens F.; (2005); Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física; Pearson Educación S.A. Madrid.

Léxico de PDVSA:

<http://www.pdvsa.com/lexico/p6w.htm>;

<http://www.pdvsa.com/lexico/p6w.htm>

<http://www.pdvsa.com/lexico/s54w.htm>