

**USO Y MANEJO DEL AGUA EN LAS CUENCAS
HIDROGRAFICAS DEL NORTE DE MEXICO**
Proyecto Cenid Raspa y Orstom

Folleto Científico N°6
INIFAP-ORSTOM

**TIPOLOGIA DE LAS UNIDADES
DE PAISAJE EN LA REGION
HIDROLOGICA 36**

Jean Yves LOYER
Stéphane MORIAUD



CENID RASPA

DEC - UR 24

1996

*El Pueblo del Mamolo
junto al cura del Pueblo de Jarras
D. Manuel Palder con algunas familias
de otro Pueblo en 1732. De tempera-
mento escaientemente sensible goza de mu-
cha Agua de la q^e está cercado por su parte
occidental tiene cerca los Salineras su At-
mosfera es opaca a causa de muchos va-
poras de la Agua y liénegas. Sus
Abitadores son longevos algo ociosos.
Es muy fértil para granos
y muy pobre.*

TIPOLOGIA DE LAS UNIDADES DE PAISAJE EN LA REGION HIDROLOGICA 36

Jean Yves LOYER
(Director de investigación ORSTOM)

Stéphane MORIAUD
(CSN ORSTOM)

Proyecto binacional INIFAP - ORSTOM

Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Relación
Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.

CENID RASPA
Gómez Palacio, Dgo.

Instituto Francés de Investigación
Científica para El Desarrollo
en Cooperación

ORSTOM
México, D.F.

FOLLETO CIENTIFICO N° 6
(INIFAP-ORSTOM)
DICIEMBRE 1996
ISBN : 968 - 6990 - 07 - 0
IMPRESO Y HECHO EN MEXICO
CENID-RASPA
Km 6.5 margen derecha Canal Sacramento
Gómez Palacio, Dgo.
Apdo. Postal 41
35150 Cd. Lerdo, Durango. MEXICO
Tels. 91 (17) 19-10-77
 19-10-76
Fax 19-11-34

COMITE EDITORIAL

Presidente: Dr. Ignacio Sánchez Cohen

Secretario: Ing. Raquel Anguiano Gallegos

Vocales: Dr. José Luis González Barrios
 M.C. Miguel Rivera González

REVISORES TECNICOS

Dr. Jean François Nouvelot
Dr. Ignacio Sánchez Cohen
M.C. Juan Estrada Avalos

Agradecimientos.

Los autores agradecen a todas las personas que aportaron su ayuda en la realización del presente estudio: Al Representante del ORSTOM en México Dr. Henri POUPON por su apoyo financiero permanente; al Director del CENID-RASPA Dr. Ignacio SANCHEZ COHEN y al Dr. Jean François NOUVELOT responsable del proyecto por parte del ORSTOM, por sus críticas y sugerencias.

Un agradecimiento particular para Laura V. MACIAS por las numerosas capturas informáticas y los procesos meticulosos de digitalización que ella efectuó, de igual manera a Annie CARRILLO del ORSTOM México por la traducción del texto al español, al M.C. Juan ESTRADA AVALOS y al Dr. José Luis GONZALEZ BARRIOS, Investigadores del CENID RASPA por su atención a la revisión de este reporte.

INDICE DE FIGURAS

	Paginas
1 - División de la RH 36 en cuencas y subcuencas.	9
2 - Repartición de las pendientes en la RH 36, partes Alta y Baja.	16
3 - Repartición de las pendientes en las cuencas del Nazas y del Aguanaval, (parte Alta).	16
4 - Repartición de las pendientes en las seis subcuencas del Nazas.	17
5 - Repartición de las pendientes en las cuatro subcuencas del Aguanaval.	18
6 - Repartición de las pendientes en las tres unidades de la parte Baja de la RH 36.	19
7 - Primera clasificación de las pendientes en la RH 36, partes Baja y Alta.	24
8 - Primera clasificación de las pendientes en las cuencas del Nazas y del Aguanaval.	24
9 - Primera clasificación de las pendientes en las seis subcuencas del Nazas.	25
10 - Primera clasificación de las pendientes en las cuatro subcuencas del Aguanaval.	26
11 - Primera clasificación de las pendientes en las tres unidades de la parte Baja de la RH 36.	27

INDICE DE MAPAS

1 - Principales datos geográficos de la RH 36.	5
2 - Primera clasificación de las pendientes en la RH 36.	21
3 - Principales unidades de rocas y materiales geológicos en la RH 36.	32
4 - Primera clasificación de las rocas y materiales en la RH 36.	34
5 - División de la RH 36 en tres subregiones.	36
6 - Principales unidades de suelos en la RH 36.	38
7 - Primera clasificación de los suelos en la RH 36.	41
8 - Segunda clasificación de las pendientes en la RH 36.	49
9 - Segunda clasificación de las rocas y materiales geológicos en la RH 36.	50
10 - Segunda clasificación de los suelos en la RH 36.	51
11 - Principales unidades de paisaje en la RH 36.	54
12 - Principales unidades de Uso del suelo en la RH 36.	44

INDICE DE CUADROS

	Paginas
1 - Clases de pendientes dominantes por unidad hidrográfica.....	13
2 - Parámetros estadísticos de pendientes por unidad hidrográfica.....	14
3 - Primera clasificación de las pendientes en la RH 36.....	20
4 - Principales unidades de rocas y materiales geológicos en la RH 36 y sus 13 unidades hidrográficas.....	31
5 - Repartición de las 8 clases de rocas y materiales geológicos en la RH 36 y sus 13 unidades hidrográficas.....	33
6 - Principales características de los suelos en la RH 36.....	39
7 - Repartición de los cuatro principales temas del medio natural en la RH 36 y en sus tres subregiones.....	43
8 - Repartición de los tres temas físicos del medio natural en la RH 36 y en sus tres subregiones.....	47
9 - Presentación de las unidades de paisaje en la RH 36.....	53
10 - Superficies y porcentajes ordenados de las unidades de paisaje por subregión.....	53
11 - Diagrama de flujo para la elaboración del S.I.G.....	55
12 - Superficies de las 19 unidades de paisaje más representativas en la RH 36 y sus tres subregiones.....	109
13 - Superficies de las clases de uso del suelo más representadas en las 19 unidades de paisaje.....	110

CONTENIDO

	Paginas
Resumen	1
Résumé	2
Presentación	3
Introducción	4
Objetivo y pasos a seguir.....	6
Materiales y métodos.....	7

Primera parte

DEFINICION DE LAS UNIDADES DE PAISAJE REPRESENTATIVAS EN LA REGION HIDROLOGICA 36

1 - LAS PENDIENTES.....	11
1.1 - Metodología	11
1.2 - Análisis de las pendientes	12
1.3 - Clasificación de las pendientes	19
2 - LAS ROCAS Y MATERIALES GEOLOGICOS	29
2.1 - Clasificación.....	29
3 - DIVISION EN SUBREGIONES GEOCLIMATICAS	35
4 - LOS SUELOS	37
4.1 - Selección de los atributos edafológicos.....	37
4.2 - Clasificación.....	40
5 - EL USO DEL SUELO.....	42
5.1 - Clasificación.....	42
6 - ELABORACION DEL S.I.G	45
6.1 - Primer cruce Pendientes - Litología - Edafología.....	45
6.2 - Segunda Clasificación	46
6.3 - Segundo cruce y Definición de las unidades físicas	47
6.4 - Integración de la vegetación al S.I.G	56

Segunda parte

**DISTRIBUCION Y ORGANIZACION DE LAS UNIDADES DE PAISAJE
EN LA REGION HIDROLOGICA 36**

1 - INTRODUCCION	58
2 - DESCRIPCION DE LAS 21 UNIDADES DE PAISAJE REPRESENTATIVAS	61
Unidad C1	61
Unidad C3	63
Unidad D1	65
Unidad D2	67
Unidad D3	69
Unidad E1	71
Unidad E2	73
Unidad E3	76
Unidad F2	78
Unidad F3	80
Unidad G1	82
Unidad G2	85
Unidad G3	87
Unidad H1	89
Unidad H2	92
Unidad H3	96
Unidad I1	98
Unidad I2	100
Unidad I3	102
Unidad J1	104
Unidad K2	106
3 - CONCLUSION	108
CONCLUSION GENERAL	111
BIBLIOGRAFIA	115

RESUMEN

En el marco de un acuerdo franco-mexicano realizado entre el ORSTOM y el INIFAP, la Región Hidrológica 36 (RH36), que cubre una superficie aproximada a los 92,000 km² en la zona norte de la República Mexicana, ha sido objeto desde 1992 de una serie de estudios científicos relacionados con el tema del agua; se ha considerado su dinámica, su disponibilidad y sus diferentes usos agropecuarios.

La primera parte de este estudio establece un censo de las principales unidades de paisaje representativas de la RH36, cuyas características, organización y distribución rigen el escurrimiento de las aguas superficiales. Esta tipología recurre al concepto de paisaje y proporciona informaciones espaciales expresadas en un Sistema de Información Geográfica, cuya elaboración se basó en la información disponible de un modelo numérico de terreno (MNT) y diversos mapas temáticos a pequeña escala, concentrándose toda esta información en una base de datos espaciales. En base a esta última, se seleccionaron, analizaron y clasificaron, mediante enfoques sucesivos, los factores que se consideraron a esa escala de intervención como los más determinantes en la hidrología superficial (pendientes topográficas, rocas y materiales geológicos, suelos, ocupación de los suelos). El cruce de la información en los tres primeros planos permitió definir 21 conjuntos de paisajes físicos, de los cuales 19 fueron considerados funcionales desde el punto de vista hidrológico, así como 79 subconjuntos biofísicos después de la integración de la ocupación del suelo.

En la segunda parte se analiza cada uno de estos sistemas desde el punto de vista de su distribución y de la superficie que ocupa en la Región, así como en las tres regiones geoclimáticas que la componen. Se analizan y se presentan las características de cada uno de estos sistemas considerando los aspectos orográficos, litológicos, edafológicos y bióticos. Asimismo, se describe su organización espacial en relación a su hidrología superficial.

Una segunda etapa experimental del proyecto, que se encuentra en curso, permitirá la definición *in situ* del comportamiento hídrico y del funcionamiento hidrológico de las unidades de paisaje más representativas de la RH36.

RESUME

Dans le cadre d'un accord franco-mexicain, (ORSTOM - INIFAP), la Région Hydrologique N° 36 couvrant 92000 km² au Nord Mexique, fait depuis 1992 l'objet d'études scientifiques centrées sur le thème de l'eau, quant à sa dynamique, sa disponibilité, et ses différents usages agricoles.

Dans une première partie, la présente étude établit un recensement des principales unités de paysage représentatives de la RH36 et dont les caractéristiques, les organisations et la distribution régissent le ruissellement des eaux superficielles. Cette typologie fait appel au concept de paysages et fournit des informations spatialisées exprimées sous forme d'un Système d'Information Géographique dont l'élaboration s'appuie sur l'information disponible, (un Modèle Numérique de Terrain et diverses cartes thématiques à petite échelle), qui a été rassemblée dans une base de données spatiales. A partir de celle-ci, les facteurs considérés, à cette échelle d'intervention, comme les plus déterminants vis à vis des dynamiques hydriques superficielles, (pentes topographiques, roches et matériaux géologiques, sols, occupation des sols), ont été sélectionnés, analysés et classés par approches successives. Le croisement des trois premiers plans d'informations a permis la définition de 21 ensembles paysagiques physiques, dont 19 ont été considérés hydrologiquement fonctionnels, et de 84 sous-ensembles biophysiques possibles après intégration de la végétation.

Dans une seconde partie, chacun de ces systèmes fait l'objet d'une analyse quant à sa distribution et sa superficie au sein de la Région et des trois sous-régions géoclimatiques qui la composent. Les caractéristiques de chacun d'eux sont analysées et présentées dans le sens de leur organisation et de leur distribution spatiale.

Une seconde étape expérimentale du projet, en cours de réalisation, devrait permettre de cerner *in situ* le comportement hydrique et le fonctionnement hydrologique des unités de paysage les plus représentatives de la RH36.

PRESENTACION

Los estudios tendientes a la conservación de los recursos naturales son en esencia descriptivos en una primera fase de desarrollo y analíticos en etapas subsecuentes. Así, el análisis del inventario de los recursos de una región es parte primordial en el contexto del manejo sustentable para garantizar la permanencia de los atributos que definen al paisaje en cuencas naturales.

A partir del año 1991, el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM - Francia) iniciaron un proyecto tendiente al estudio del manejo del agua en las cuencas hidrográficas del norte de México donde el estudio de los factores que influyen los escurrimientos adquiere relevancia por la magnitud del área involucrada y la dependencia económica del buen manejo que de este recurso se haga.

El documento que hoy se presenta es parte medular del estudio de referencia y constituye una aportación importante para la definición del manejo de los escurrimientos, la explicación de la distribución de la vegetación en el paisaje y la planeación en su conjunto del manejo integrado de las cuencas hidrológicas. Parte distintiva del estudio recae en el manejo de escalas con el auxilio de sistemas de información geográfica, fotogrametría y levantamientos de campo. Esta información vendrá a reforzar en el futuro cercano la base de datos requerida para el manejo de modelos de parámetros distribuidos en el espacio, mismos que conforman el Sistema para el Soporte de Decisiones y lo que constituye el objetivo general del proyecto binacional INIFAP-ORSTOM.

Así, la aportación que la presente publicación ofrece al acervo científico y tecnológico en el contexto del manejo integrado de cuencas hidrológicas proveerá una plataforma sólida para la planeación del desarrollo de aquellas áreas con condiciones físicas similares a las del área descrita como estudio de caso.

Dr. Ignacio Sánchez Cohen
Director del CENID RASPA

INTRODUCCION

La Región Hidrológica 36 (RH36) ubicada al Norte de México ha sido desde 1992 objeto de múltiples estudios científicos, cuyo tema central es el agua. El proyecto titulado "*Uso Y Manejo del Agua en las Cuencas Hidrográficas del Norte de México*", es dirigido de manera conjunta por el CENID-RASPA* y el ORSTOM DEC**, teniendo su sede en Gómez Palacio, Dgo. Dicho proyecto se implementó en el marco de un convenio internacional entre la SAGAR y el INIFAP, por la parte Mexicana, y el ORSTOM de Francia. El objetivo principal de este proyecto consiste en realizar una estimación del potencial hidrológico en esta Región endorreica de más de 90,000 km² de superficie (Mapa 1), con el fin de proponer alternativas que puedan hacer más eficiente su manejo.

En la primera etapa del proyecto los principales factores que condicionan la disponibilidad de este recurso así como sus principales usos agrícolas fueron objeto de un inventario y análisis temático (CENID-RASPA y ORSTOM, 1993). Se pudo establecer una primera interpretación funcional de la contribución hidrológica en las dos principales cuencas de la Región, las de los ríos Nazas y Aguanaval, así como de sus respectivas subcuencas, cuyos límites están determinados por los emplazamientos de 10 estaciones hidrométricas de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

La meta de la segunda fase del proyecto, la cual se inició en 1994, consiste en definir y estudiar los principales sistemas de paisaje representativos de la RH36, considerando los aspectos de constitución, organización y funcionamiento en relación a los escurrimientos superficiales. Esta etapa incluye dos partes:

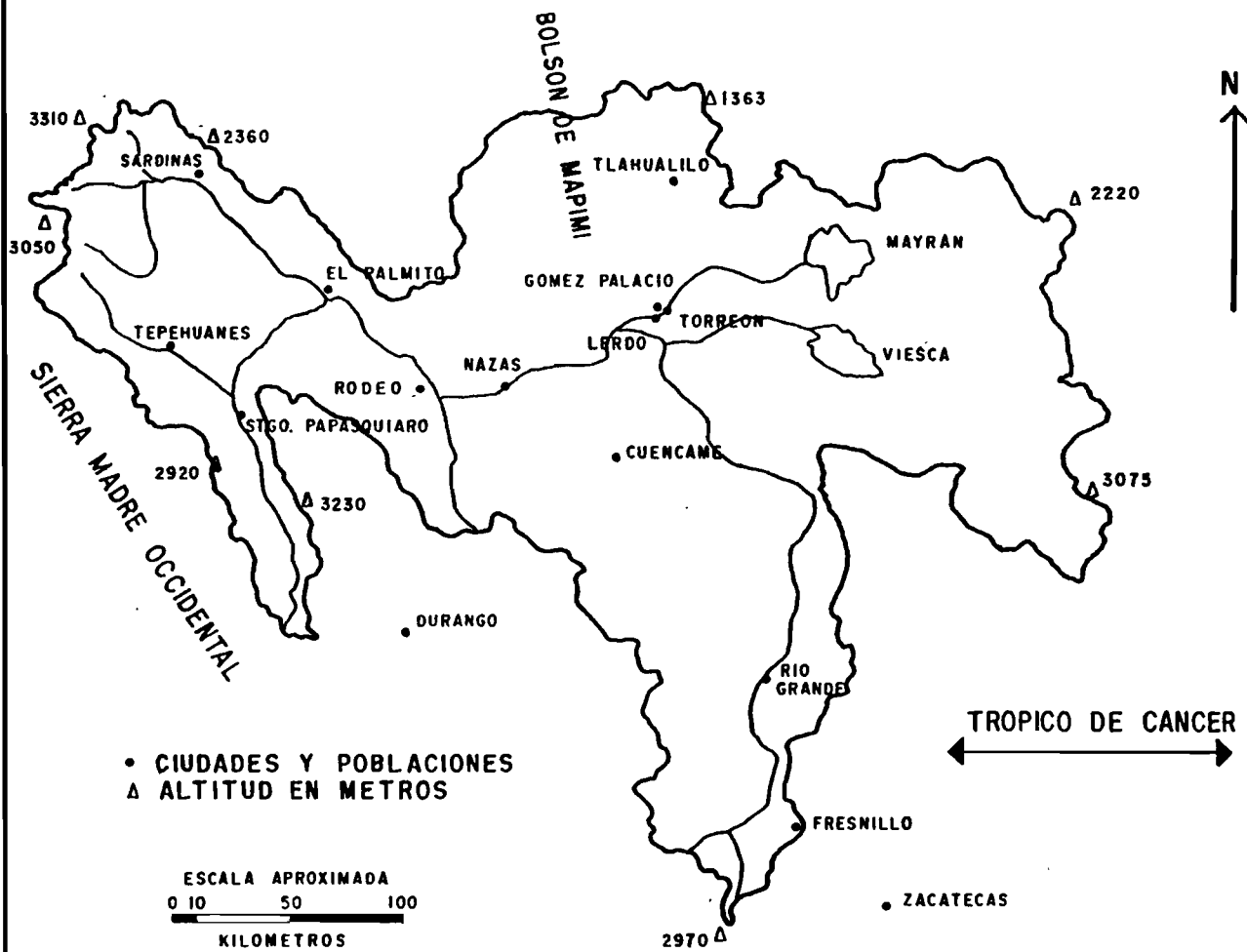
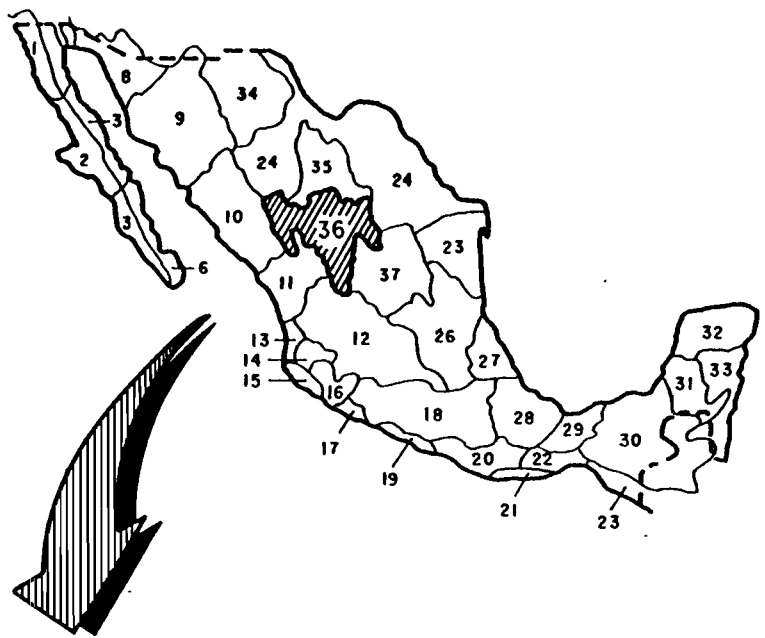
- Un recuento de los principales sistemas de paisaje distribuidos en la Región Hidrológica, cuyas características físicas y bióticas determinan el funcionamiento hidrológico superficial.
- Observaciones *in situ* para comprender la dinámica del funcionamiento hidrológico en los diferentes tipos de paisaje anteriormente definidos.

El presente informe se refiere al aspecto tipológico de estas unidades espaciales en las cuales se llevarán a cabo *a posteriori* las mediciones experimentales necesarias para la elaboración de un modelo del funcionamiento global de la RH36.

* Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.

** Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. Département des Eaux Continentales.

Ubicación de las 37
Regiones Hidrológicas
en el territorio
mexicano.



Mapa I : Principales datos geográficos de la RH 36.

OBJETIVO Y PASOS A SEGUIR

El objetivo consiste en realizar en base a la información especializada que existe, un recuento de los principales tipos de paisaje en la RH36, tomando en cuenta su posible función, pues no hay estudios específicos de funcionamiento hechos en la dinámica hídrica superficial. Su estructuración, establecida a partir de su constitución y de sus ensamblajes, debe permitir prejulgar la dinámica de funcionamiento. Asimismo, su extensión geográfica en la RH36 debe también permitir una jerarquización de estos sistemas frente a los escurrimientos. Este inventario tipológico debe posteriormente ayudar a la selección razonada y representativa de los sitios de experimentación hidrológica que se pondrán en marcha; sin embargo, no se trata de realizar a esta escala regional un estudio cartográfico *sensu stricto* con delimitación precisa de unidades espaciales.

El proceso general se apoya en la información espacial disponible para la Región: un **Modelo Numérico de Terreno** y los diferentes **mapas temáticos** del INEGI. Se toman en cuenta los cuatro principales factores físicos y bióticos del medio natural que se consideran como los más determinantes en el proceso del escurrimiento superficial o, por el contrario, en el proceso de la infiltración en los materiales geológicos o edafológicos. Estos cuatro factores son: la orografía, la litología, el suelo y su ocupación.

Este primer análisis permite la zonificación subregional de la Región Hidrológica establecida según criterios de similitud geo-bio-climática, teniéndose así una mejor representación que la proporcionada por los límites actuales de las subcuencas (Figura 1). En el interior de estos subconjuntos los principales factores del medio, analizados y jerarquizados según su determinismo en relación al escurrimiento, deben poner en evidencia los principales sistemas simples y compuestos representativos del paisaje (Chretien *et al*, 1993).

En la mayoría de los casos los factores más determinantes son: una **unidad de pendiente** que corresponde generalmente a una morfología particular (vertiente, pie de monte, bajada, *inselberg*, planicie...), a la cual se asocia **una roca o un material geológico** parental (en ocasiones un cierto tipo de suelo si éste desempeña un papel determinante cuando está cortado de su relieve alto).

Por ejemplo, a partir de un conjunto litológico de base considerado como un relieve tipo pueden estructurarse diferentes **unidades lito-topográficas** cuyas organizaciones en el paisaje pueden ser simples, yuxtapuestas o secuenciales. Su definición implica que sea prejulgada la relación del funcionamiento, ya sea continuo o discontinuo del drenaje superficial del escurrimiento. De esta forma se tiene:

- **Sistema simple:** un relieve de *basalto*, *caliza*, *lutita*, etc., formando un sistema de escurrimiento superficial continuo hasta encontrar un eje de drenaje.

- **Sistema yuxtapuesto:** un relieve compuesto por alternancias de bancos de *calizas* y de bancos de *lutitas*, formando un conjunto funcional discontinuo o un relieve de *lutita* y un pie de monte, teniendo una continuación de bajada con ciertas discontinuidades en los escurrimientos.

- **Sistema secuencial:** un relieve de *caliza* dura, prolongado por un pie de monte y una bajada con costra calcaria endurecida (*caliche duro*), formando un sistema funcional continuo (*hidro-secuencia*).

El factor secundario considerado posteriormente consiste en **el tipo de suelo** que recubre el sistema. En este caso las características físicas jugarán un papel esencial dentro de la dinámica de transferencia hídrica, ya sea superficial o interna, en relación con su capacidad de almacenamiento. Esta última en función de la profundidad, textura y pedregosidad del suelo.

El factor **ocupación del suelo** (unidades de vegetación natural o grandes tipos de cultivos), está finalmente integrado a los diferentes conjuntos observados. Con el fin de delimitar mejor el tipo de asociación vegetal así como su tasa de cobertura, este criterio tendrá una influencia de relativa importancia según las principales subregiones geoclimáticas predefinidas, considerando para ello que la pluviometría es uno de los factores más determinantes del tipo de ocupación de los suelos.

MATERIALES Y METODOS

De las dos fuentes de información que intervienen en este estudio, el Modelo Numérico de Terreno (MNT) y los mapas temáticos del INEGI a escala de 1:1 000 000 (INEGI, 1981), se utilizaron los siguientes cuatro factores:

- pendiente,
- rocas y materiales geológicos,
- unidades de suelo y sus características físicas,
- ocupación de suelos.

La escala que se utilizó para el estudio de los paisajes en la RH36 es pequeña (1:1 000 000). Esto se explica por el hecho de que el estudio no es una cartografía *sensu stricto*, con localización espacial precisa, para lo cual una escala mejor detallada resulta lo más adecuado. De hecho, se trata de realizar una descripción de las principales unidades de paisaje de la Región. Por otra parte, a esta escala regional (1:1 000 000), existe un gran número de documentos temáticos sobre la RH36, teniéndose el caso contrario a una escala media (1:250 000), donde la información disponible se reduce considerablemente.

Los diferentes mapas fueron digitalizados con el fin de obtener un documento numérico integrado a una base de datos. De esta forma, la información fue posteriormente analizada por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), (Collet, 1992; Legros, 1996). Para tal efecto se utilizó el siguiente equipo:

- Mesa digitalizadora con formato 91.4 por 121.9 cm, asociada a una microcomputadora con el programa *Mygale* (ORSTOM, 1991b).
- El SIG seleccionado fue *Savane* (ORSTOM, 1991a), el cual opera en una estación de trabajo SUN.
- Las impresiones fueron realizadas con una impresora de inyección de tinta a color.

Cada uno de los cuatro temas seleccionados fue inicialmente objeto de un análisis, siendo más detallado para los casos donde el tema no fue objeto de estudio durante la primera etapa del proyecto (CENID RASPA y ORSTOM, 1993). De esta forma, en el presente documento las pendientes se analizan con más detalle que los demás temas.

A partir de los resultados obtenidos se establecerán posteriormente clasificaciones sucesivas por agrupamiento de unidades espaciales homogéneas, en función de su comportamiento frente a los procesos de hidrología superficial (aptitud al escurrimiento y/o a la infiltración).

Desde el punto de vista geográfico, las 13 unidades hidrográficas elegidas para esta tipología presentan la misma división que se utilizó en la primera etapa del proyecto (CENID RASPA y ORSTOM, 1993), y que se muestra a continuación (Figura 1):

- RH36 en su totalidad.
- Parte alta:
 - Cuenca vertiente del río Nazas:
 - . Subcuenca vertiente de Salomé Acosta
 - . " " Sardinias
 - . " " El Palmito
 - . " " Agustín Melgar
 - . " " Cañón de Fernández
 - . " " Los Angeles

- Cuenca vertiente del río Aguanaval:
 - . Subcuenca vertiente de El Sauz
 - . " " Cazadero
 - . " " San Francisco
 - . " " La Flor

- Parte baja:
 - . Subcuenca vertiente del Bolsón
 - . " " de la Laguna de Viesca
 - . " " de la Laguna de Mayrán

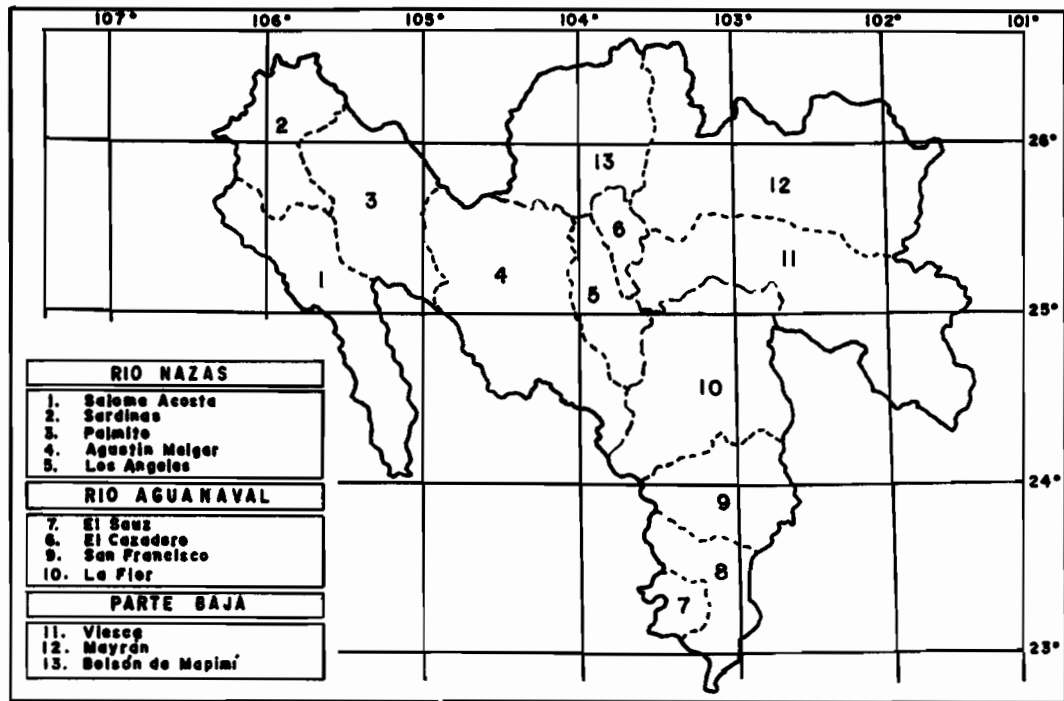


Figura 1: División de la RH 36 en cuencas y subcuencas.

Primera parte

**DEFINICION DE LAS UNIDADES DE PAISAJE
REPRESENTATIVAS EN LA REGION HIDROLOGICA 36**

1 - LAS PENDIENTES

1.1 - METODOLOGIA

El Modelo de elevación utilizado es un producto del INEGI de 1992 que contiene la información numérica del relieve de todo el territorio mexicano. Esta información altimétrica se presenta bajo la forma de una retícula de puntos distribuidos homogéneamente cada tres segundos de latitud y longitud. Los datos se derivan de mapas topográficos a escala 1:250 000 y se presentan en archivos que cubren una zona geográfica de un grado cuadrado (256 archivos o porciones para toda la República Mexicana). La RH36 queda comprendida por 16 de estos archivos, los cuales fueron concatenados e integrados en la base de datos espaciales para obtener el modelo de elevación en toda la RH36.

El mapa de las pendientes, establecido en base al modelo, es de formato *raster*; es decir, una retícula en la que cada casilla o pixel tiene un valor. En este caso la pendiente corresponde al valor numérico de cada pixel. En el Sistema de Información Geográfica *Savane* (ORSTOM,1991a), las pendientes pueden ser calculadas con una precisión del orden de medio grado (0.87 por ciento). De esta forma, las superficies calculadas para cada una de las unidades hidrográficas tienen una precisión máxima de 0.5 grados. Como ejemplo, se puede mencionar el caso en el que se había previsto agrupar las pendientes entre 0.5 y 2.3 grados (0.87 a 4.01 por ciento). Sin embargo, fue necesario operar en base a un intervalo de 0.5 a 2.5 grados (0.87 a 4.36 por ciento).

Dentro de cada uno de los archivos del MNT se conocen las coordenadas del punto inferior izquierdo de la imagen, así como su longitud y su latitud. La dimensión geográfica de cada pixel es proporcionada por su posición, tanto en línea como en columna, en relación a este punto. La proyección geográfica del MNT no puede ser cambiada dentro de *Savane*, dado que ésta es una imagen *raster*. Con el fin de calcular superficies de pendientes por unidades hidrográficas, los mapas digitalizados a escala 1:1 000 000 en proyección *Lambert* fueron sobrepuestos a los diferentes límites. Dichos mapas, de formato *vector*, fueron transformados en proyección *Cilíndrica Mercator*, debido a que no es posible convertir el mapa de pendientes a sistema *Lambert*.

Por el contrario, en una estructura *vector* se hace referencia a objetos (zona, línea o punto) y se obtiene por lo tanto una relación de las coordenadas *x*, *y* de todos los puntos de estos objetos. Se identifican posteriormente los contornos de cada objeto, por ejemplo por medio de la secuencia de los vértices que la constituyen. De esta manera, es posible cambiar de proyección efectuando nuevamente el cálculo de las coordenadas de los puntos.

La RH36 tiene una superficie de 100,000 km², en *Cilindrica Mercator*, y de 92, 000 km² en *Lambert*. La deformación no es lineal, se acentúa en la parte Este.

Los puntos importantes para la interpretación posterior consisten en que *Savane* proporciona un mapa de pendientes de la RH36 en proyección *Cilindrica Mercator*, así como superficies de tipos de pendiente en cada una de las unidades hidrográficas. Existe actualmente una nueva versión de *Savane* (versión 5.02, 1996), que permite la vectorización y el cálculo de las pendientes directamente en proyección *Lambert*.

Con el fin de convertir las diferentes unidades de pendiente al sistema *Lambert*, se calcula inicialmente en *Lambert* la superficie de las tres subregiones anteriormente identificadas (CENID RASPA y ORSTOM, 1993), para posteriormente sumar las superficies en proyección *Cilindrica Mercator* de todas las unidades por subregión. De esta forma se obtienen las superficies de las subregiones en *Cilindrica Mercator* y se calcula el porcentaje de deformación para cada una de ellas. Los factores de corrección encontrados fueron: 0.092 para la parte alta, 0.091 para la media y 0.090 para la parte baja de la RH36. Este factor se aplicó posteriormente a todas las superficies proporcionadas por *Savane*.

1.2 - ANALISIS DE LAS PENDIENTES

Contrariamente a lo que sucede en el caso de otros temas de estudio, el mapa de pendientes no proviene de una digitalización. Se calcularon únicamente las diferentes pendientes a partir de la información altimétrica.

La explotación del MNT ha permitido realizar diversos análisis de pendientes en la RH36 de manera global y hacia el interior de **cada una de sus unidades hidrográficas** (cuencas y subcuencas vertientes). Estos análisis comprenden:

- Intervalos de pendiente dominante, superficie y porcentaje de superficie (Cuadro 1).
- Explotación estadística: pendiente media ponderada, desviación estándar y coeficiente de variación, (Cuadro 2).
- Frecuencia de pendientes, en función de una clase de pendiente predefinida, expresada en superficie y en porcentaje de superficie.

Debido a que se trata de una variable continua, por comodidad sus valores fueron expresados de manera discontinua por tipos de pendientes y para diferentes intervalos. El intervalo utilizado fue de **un grado** (1.74 por ciento), y las pendientes fueron clasificadas por orden creciente de **1 a 72 grados**, pendiente máxima encontrada en la RH36.

Cuadro 1.- Clases de pendientes dominantes por unidad hidrográfica.

Unidad hidrográfica	Clase dominante (grados)	Superficie (km ²)	Porcentaje de la superficie total de la RH36
RH 36	0 - 1	9,612	9.5
PARTE ALTA	4 - 5	3,661	6.1
C. Nazas	8 - 9	1,829	4.7
S/c Salomé A.	13 - 14	319	4.1
S/c Sardinias	14 - 15	208	4.0
S/c Palmito	5 - 7	347	4.4
S/c Agustín M.	7 - 8	777	6.0
S/c C. de Fdz.	7 - 8	231	6.2
S/c L. Angeles	2 - 3	65	4.3
C. Aguanaval	4 - 5	2,136	9.8
S/c El Sauz	5 - 6	92	6.4
S/c Cazadero	4 - 5	338	8.3
S/c San Fco.	4 - 5	636	11.3
S/c La Flor	3 - 4	1,111	10.3
PARTE BAJA	0 - 1	8,973	22.3
S/c Viesca	0 - 1	1,305	8.7
S/c Bolsón	1 - 2	1,422	16.7
S/c Mayrán	0 - 1	6,403	38.5

Cuadro 2.- Parámetros estadísticos de pendientes por unidad hidrográfica.

Unidad hidrográfica	Media ponderada (grados)	Desviación estándar (grados)	Coef. de variación (por ciento)
RH 36	12,9	12,1	93,4
PARTE ALTA	14,3	11,3	78,7
C. Nazas	17,0	11,9	69,8
S/c Salomé A.	19,9	12,2	61,5
S/c Sardinias	19,7	12,0	60,7
S/c Palmito	17,4	11,5	66,0
S/c Agustín M.	14,1	10,4	73,8
S/c C. de Fdz.	14,6	11,6	79,2
S/c L. Angeles	21,9	15,9	72,7
C. Aguanaval	9,5	8,1	85,5
S/c El Sauz	12,3	7,5	60,7
S/c Cazadero	10,0	8,2	81,7
S/c San Fco.	7,2	5,4	74,5
S/c La Flor	10,2	9,1	89,4
PARTE BAJA	10,8	12,9	119,4
S/c Viesca	15,9	14,2	89,6
S/c Bolsón	8,2	11,1	135,2
S/c Mayrán	7,5	10,8	143,9

Las pendientes en grados fueron expresadas en histogramas de frecuencia relativa para las 13 unidades hidrográficas predefinidas dentro de la RH36 (Figuras 2 al 6). Estos histogramas permiten realizar las siguientes comparaciones:

- El promedio de pendiente para toda la superficie de la **RH36** es de **12.9 grados**.
- Se nota una clara oposición de frecuencias entre las **partes bajas y altas** de la RH36 en las cuales las pendientes dominantes son de **0 a 1 y 4 a 5 grados**, respectivamente (Figura 2, Cuadro 1).
- El análisis de **las cuencas del Nazas y del Aguanaval**, refleja frecuencias muy asimétricas con dos picos de frecuencia de **8 grados para la del Nazas** y de **5 grados para la del Aguanaval** y que traducen superficies y porcentajes muy diferentes (Figura 3 y Cuadro 1). Las pendientes son más pronunciadas y con una repartición diferente entre la cuenca del Nazas y la del Aguanaval. En el Cuadro 2 de las pendientes medias ponderadas se puede observar esta diferencia: 17 grados en el caso del Nazas contra 9.5 grados en el del Aguanaval.

- El análisis y la comparación de **las subcuencas del Nazas** (Figura 4), muestran una repartición asimétrica comparable, tanto en forma como en frecuencia, para las tres subcuencas de la parte alta (**Salomé Acosta, Sardinias y Palmito**). En este caso, las pendientes medias ponderadas son del mismo orden de tamaño: **19.9, 19.7 y 17.4**, (Cuadro 2), y sobre todo muy similares en el caso de Salomé Acosta y Sardinias. Es preciso señalar que existe una tendencia hacia una bimodalidad más marcada en la repartición de las pendientes de las subcuencas El Palmito, Sardinias y Los Angeles.

Los histogramas son más asimétricos y claramente desplazados hacia las pendientes menos pronunciadas en el caso de **Agustín Melgar y Cañón de Fernández**, resultando comparables con pendientes dominantes de **7 a 8 grados** y pendientes medias de **14.1 y 14.6**, respectivamente.

La repartición de las pendientes en la subcuenca **Los Angeles** es muy irregular. La media ponderada de **21.9 grados**, que es la más fuerte de todas las unidades (Cuadro 2), refleja la presencia de una serie de relieves importantes y de pequeñas zonas planas, como se muestra en el histograma.

- En la **cuenca del Aguanaval**, tres de las cuatro subcuencas presentan una repartición de pendientes similares (Figura 5). En lo que se refiere a **El Cazadero, San Francisco y La Flor**, el histograma es semejante, unimodal, asimétrico y centrado en las pendientes menos pronunciadas (de 3 a 6 grados), las cuales representan frecuencias relativamente elevadas (de 6 a 10 por ciento) en comparación con las pendientes pronunciadas escasamente representadas. Las medias ponderadas de pendientes de estas tres subcuencas están comprendidas entre los **7 y 10 grados**, (Cuadro 2).

La subcuenca **El Sauz** (cuenca alta del Aguanaval), presenta una cierta similitud con la subcuenca **Agustín Melgar** (cuenca media del Nazas). Las formas de los histogramas son similares, asimétricas y centradas en los extremos de 5 a 8 grados, con frecuencias de 6 por ciento. Los promedios de pendientes son respectivamente de **12.3 y 14.1 grados**.

- Los histogramas de frecuencias de pendientes en la **parte baja** de la RH36 (Figura 6), tienen un predominio de las pendientes menos pronunciadas (de 0 a 1 grado). Estas representan cerca del 40 por ciento de la superficie de la **subcuenca Mayrán**.

Las pendientes medias en Mayrán y el Bolsón son de **7 a 8 grados** (Cuadro 2), siendo más pronunciadas, **15.9 grados** en la **subcuenca Viesca** debido a que se encuentra bordeada por relieves elevados (Sierras El Mascarón y Playa Madero).

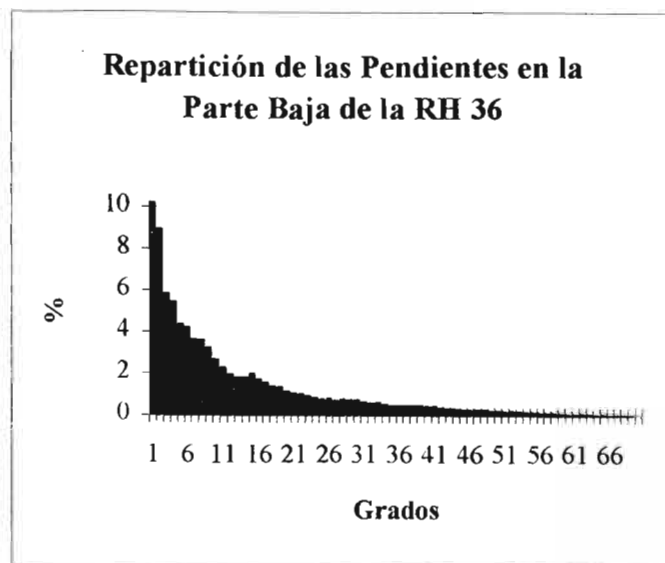
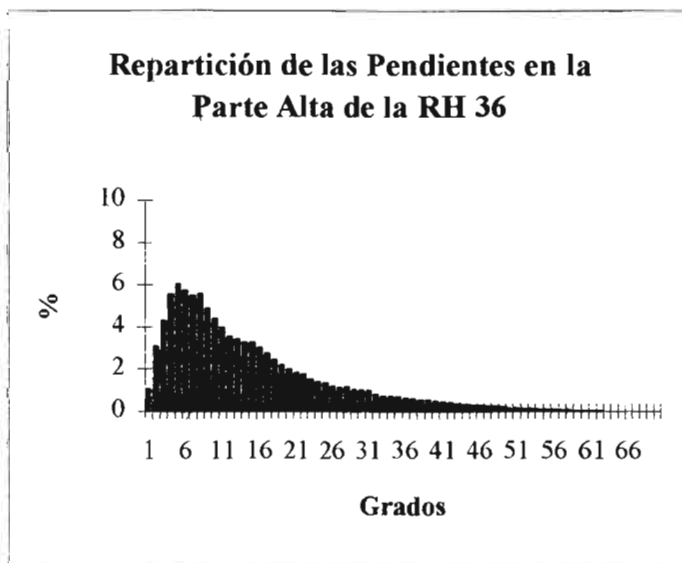
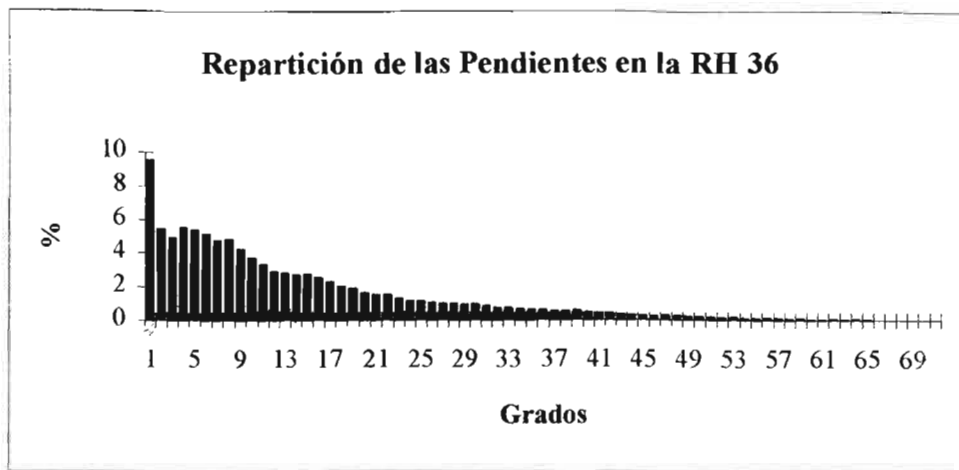


Figura 2. Repartición de las pendientes en la RH 36, partes Alta y Baja.

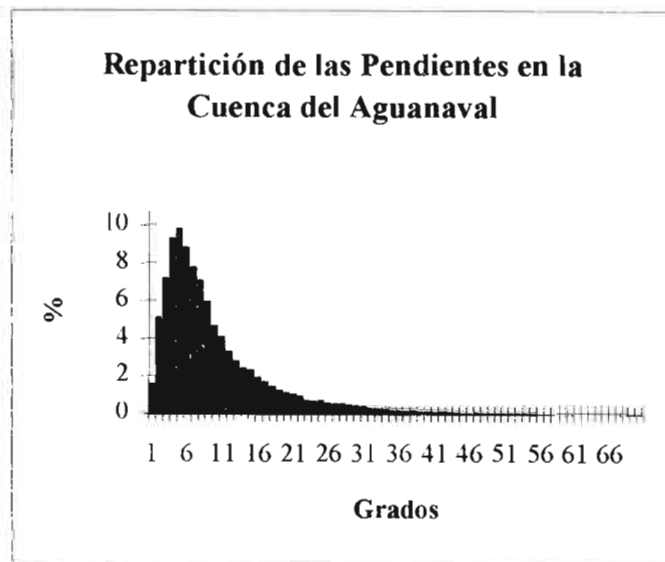
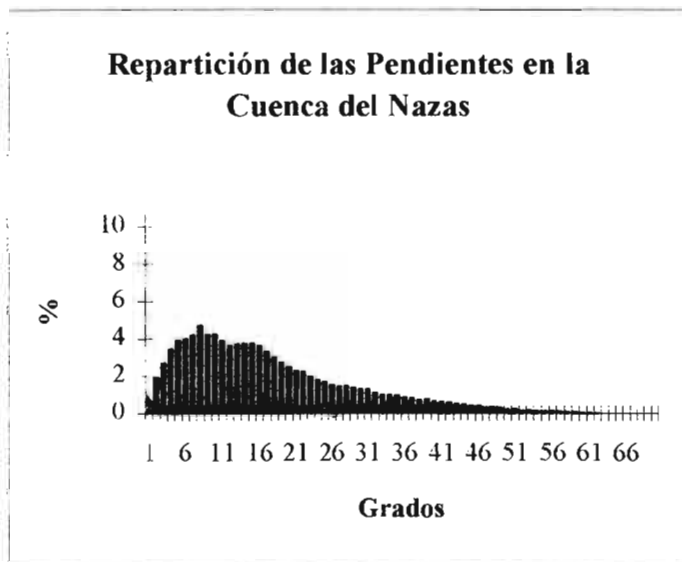


Figura 3. Repartición de las pendientes en las cuencas del Nazas y del Aguanaval, (parte Alta).

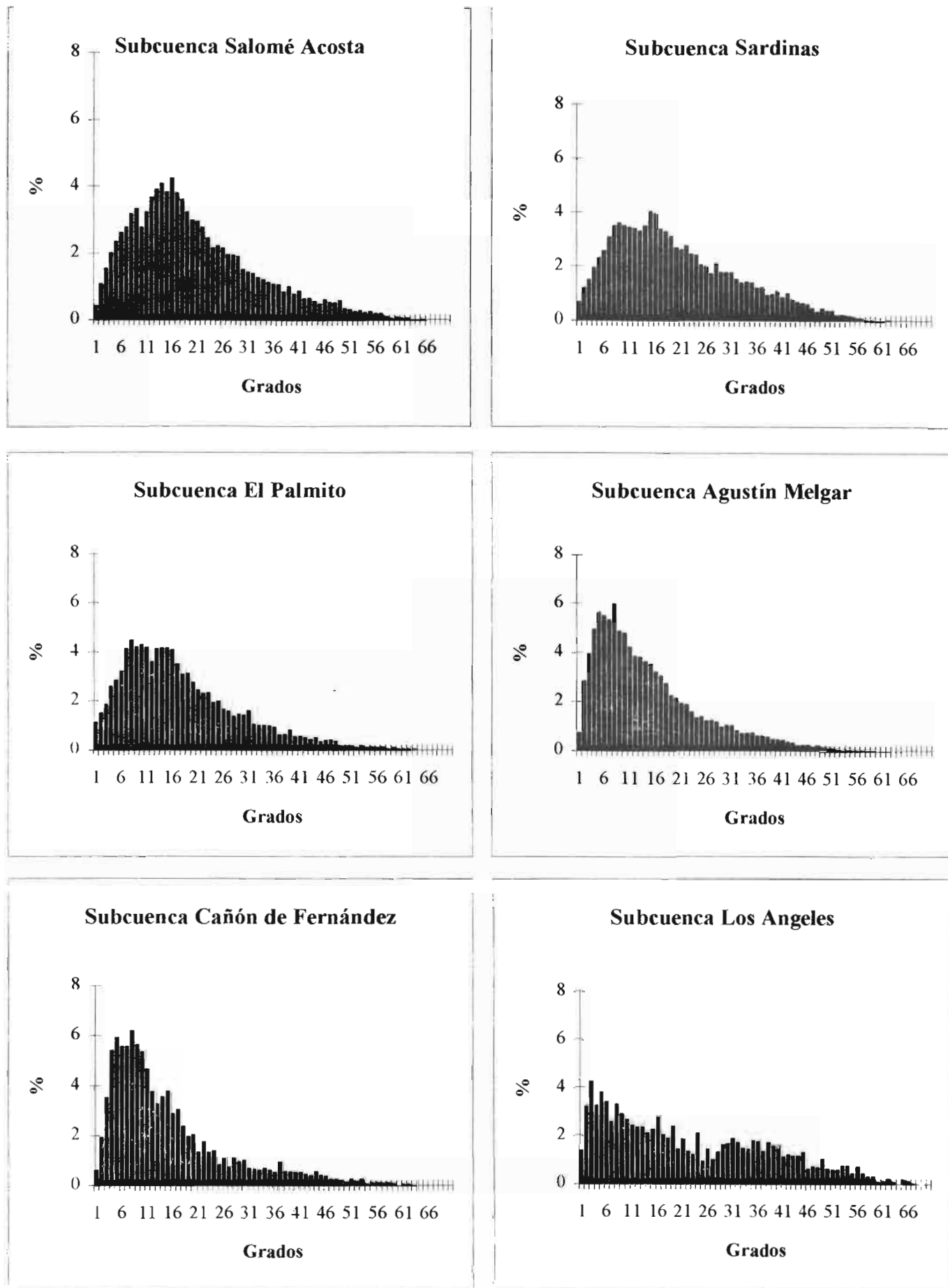


Figura 4. Repartición de las pendientes en las seis subcuencas del Nazas.

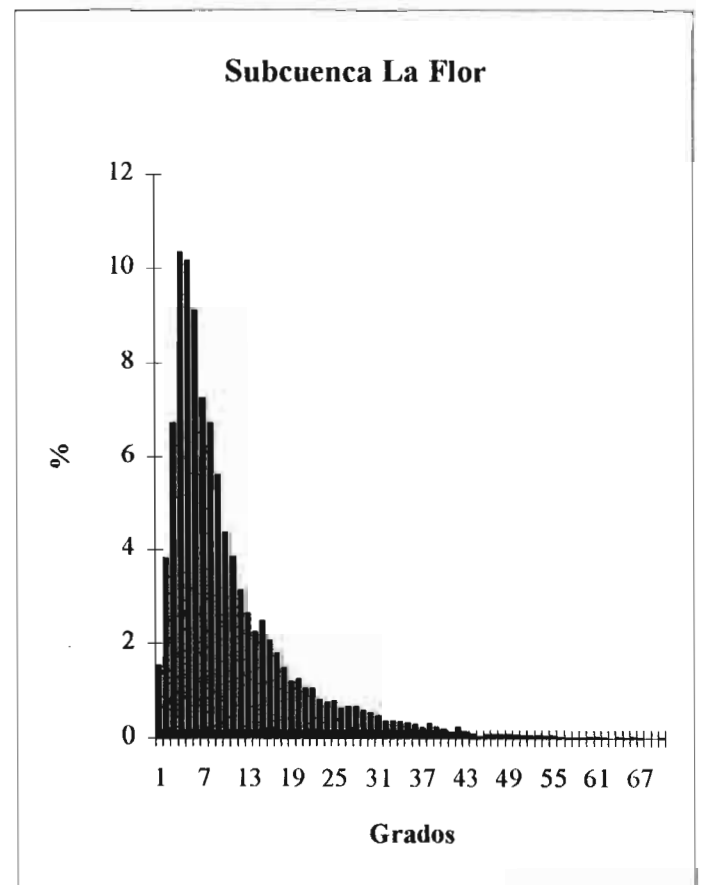
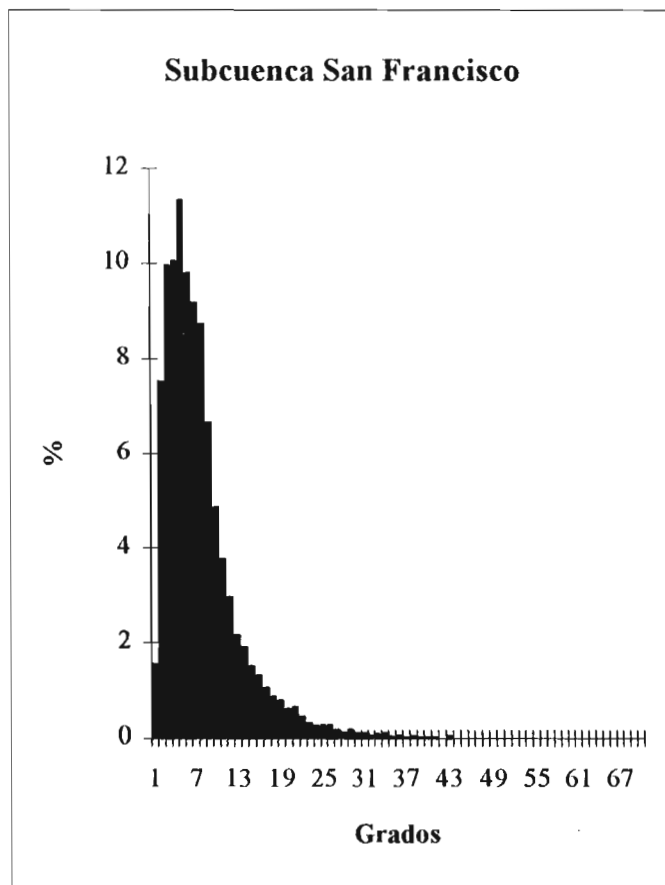
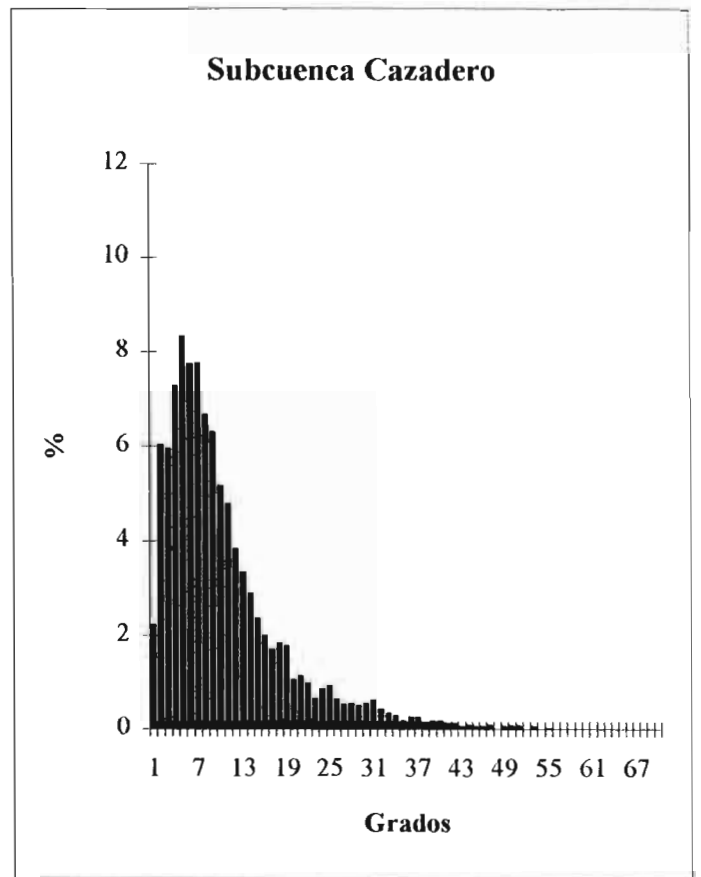
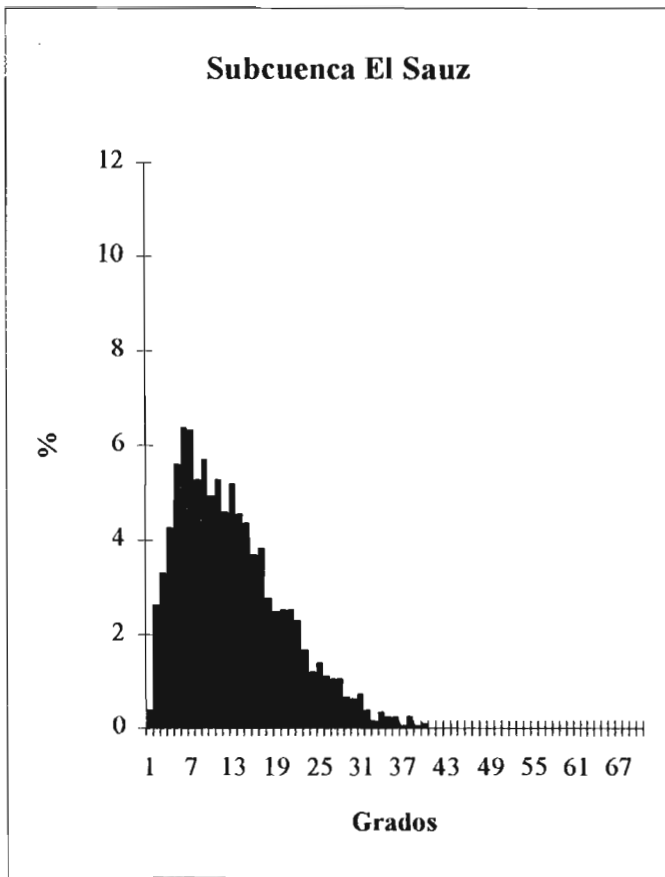


Figura 5. Repartición de las pendientes en las cuatro subcuencas del Aguanaval.

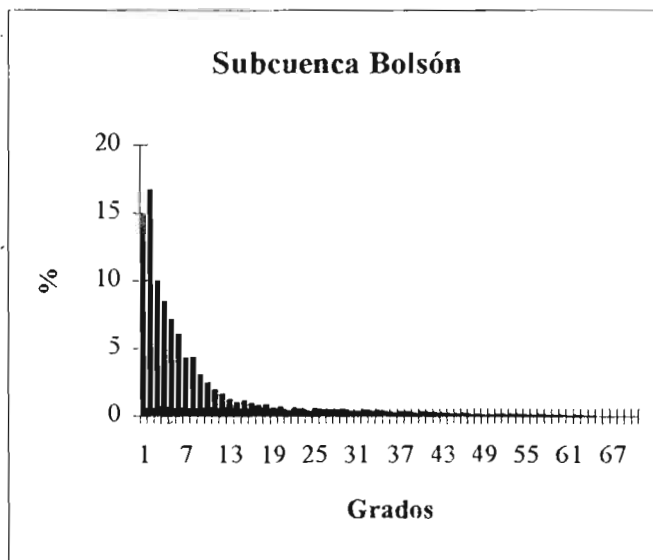
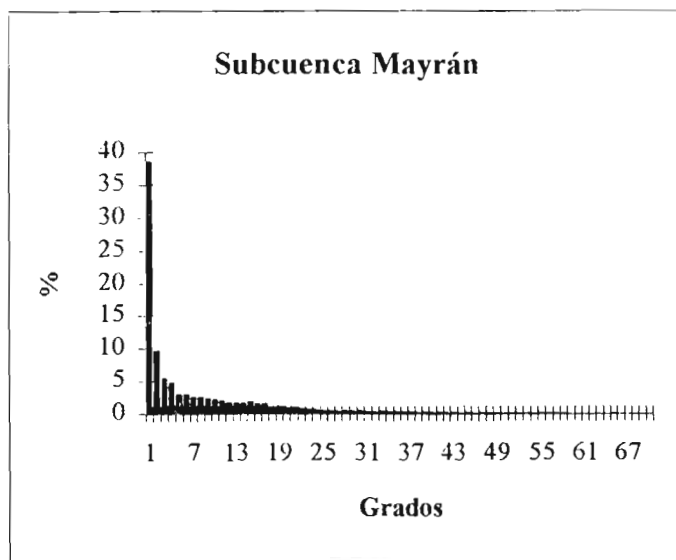
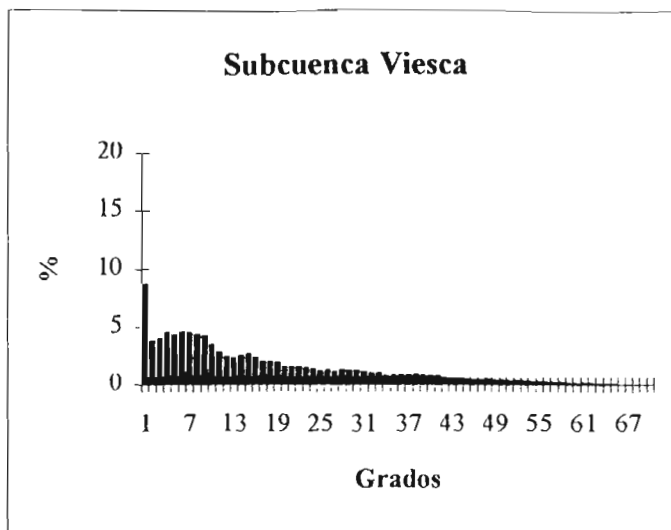


Figura 6. Repartición de las pendientes en las tres unidades de la parte Baja de la RH 36.

1.3 - CLASIFICACION DE LAS PENDIENTES.

En base a este análisis, considerando intervalos de un grado, se efectuó una primera clasificación conforme a siete clases, apoyándose a la vez en las principales topoformas encontradas en la RH36 así como en conocimientos subjetivos relativos a la funcionalidad y a la utilización potencial de estas unidades de pendientes.

Estos sistemas geomorfológicos fueron censados por el INEGI y estudiados en la primera fase del proyecto (Rivera, 1994).

El desglose que se presenta a continuación (Cuadro3), comprende las siete clases de pendientes seleccionadas.

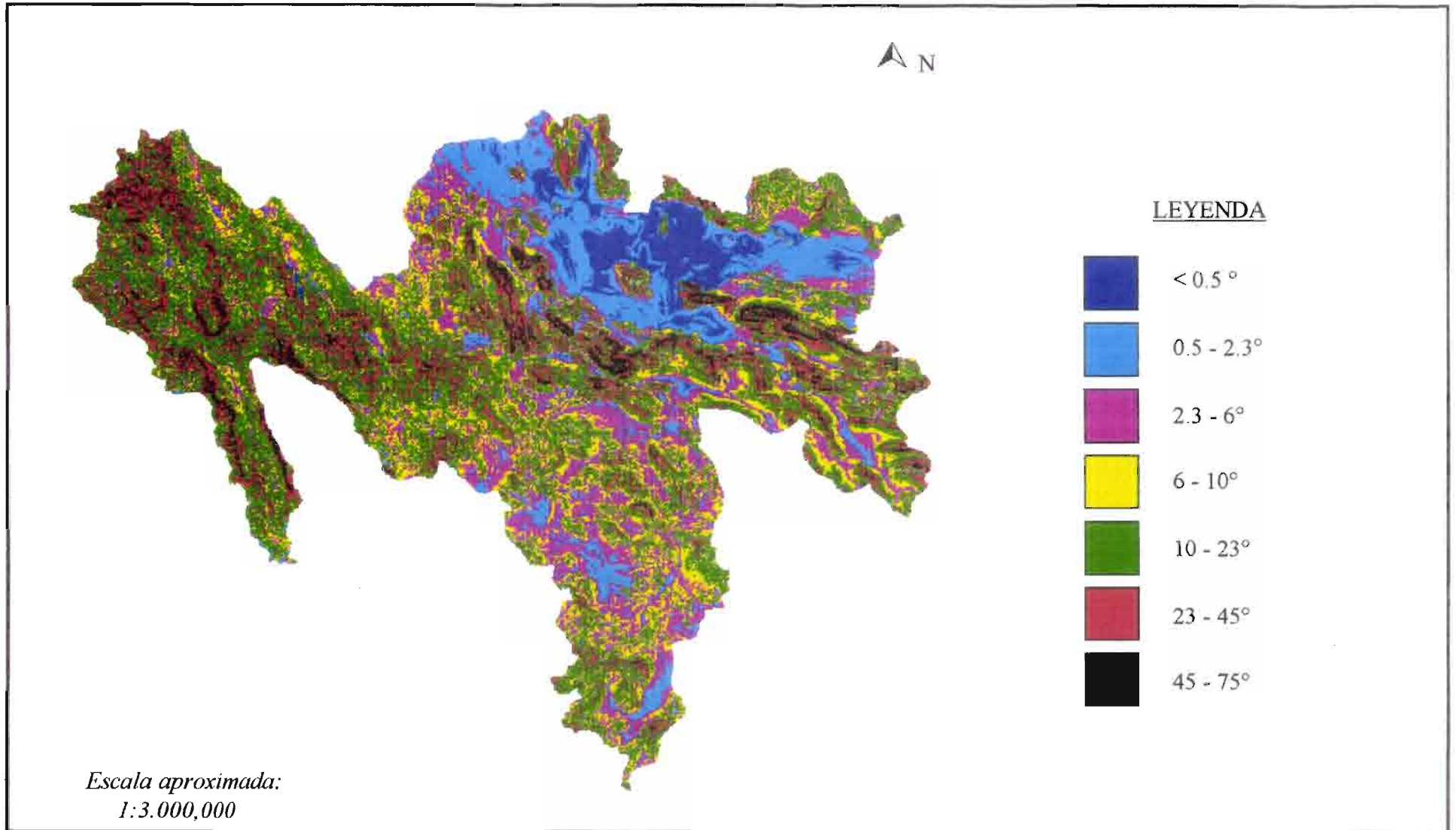
Cuadro 3.- Primera clasificación de las pendientes en la RH 36.

Clase	Inclinación en grados	Inclinación en porcentaje
1	0.0 < P < 0.5	0.0 < P < 0.8
2	0.5 < P < 2.5	0.8 < P < 4.3
3	2.5 < P < 6	4.3 < P < 10.5
4	6.0 < P < 10	10.5 < P < 17.6
5	10 < P < 23	17.6 < P < 42.4
6	23 < P < 45	42.4 < P < 100
7	45 < P < 72	100 < P < 307

La repartición por unidad hidrográfica de estos siete tipos aparece en las Figuras de la 7 a la 11, en tanto que su representación cartográfica se muestra en el Mapa 2. A continuación se analizan cada una de las clases seleccionadas.

- **Clase 1: La categoría inferior a 0.5 grados** cubre las unidades de paisaje planas que corresponden a vastas planicies, terraplenadas por aluviones recientes y por lagunas de decantación. Se localizan esencialmente en la parte baja de la RH36, dentro de la subcuenca Mayrán, donde su laguna representa la parte final del cauce del río Nazas. El 25 por ciento de la superficie de esta unidad hidrográfica tiene esta clase de pendiente, la cual es casi inexistente en la parte alta de la RH36.

- **Clase 2 y 3: Las dos clases de pendiente siguientes, de 0.5 a 2.5 y de 2.5 a 6 grados,** definen importantes conjuntos morfológicos comúnmente llamados *bajadas*, que se caracterizan por pendientes poco pronunciadas o medias. Sin abordar aquí el difícil problema de la génesis de estas toposformas, en la que el agua desempeñó un papel primordial; lo que resulta importante es comprender el papel actual de estas unidades en relación a los escurrimientos superficiales.



Mapa 2. Primera clasificación de las pendientes en la RH 36.

Es evidente que en esta amplia gama de pendientes, escalonadas de 0.5 a 6 grados, pueden diferenciarse diversas inclinaciones del terreno que van desde las más pronunciadas, situadas en la parte alta, hasta las de menor inclinación, que continúan hacia abajo. Los escurrimientos en estos interfluvios tienden, en general, a desorganizarse, pasando de un drenaje superficial concentrado a un drenaje superficial difuso. Un cierto número de factores externos a la pendiente, como las lluvias en sí mismas por su cantidad y su intensidad, los estados de superficie de las bajadas y las características del suelo y de la vegetación, pueden provocar perturbaciones en este comportamiento.

Las dos clases de pendiente que fueron diferenciadas en esta gama, corresponden a las siguientes morfologías particulares:

a) Las bajadas de menor inclinación, las cuales constituyen el punto de enlace con las planicies (categoría inferior a 0.5 grados), y que fueron agrupadas en la categoría **de 0.5 a 2.5 grados**, representan topofomas de recubrimiento. Estas topofomas se componen del esparcimiento de materiales finos que son originados a partir de los escurrimientos difusos, encontrándose bien representadas en la parte baja de la RH36 (subcuenca del Bolsón y de Mayrán, Figura 11). Generalmente estas topofomas presentan una apariencia lisa, sin rugosidad cuando no son cultivadas; en ocasiones pueden ser transformadas por los vientos y moldeadas en forma de pequeñas dunas como en el Suroeste de la Laguna de Mayrán. Se encuentran arroyadas a una cierta profundidad por los escurrimientos y terminan temporalmente allí. Esas incisiones parecen tener una cierta regularidad de espaciamiento, siendo de algunos centenares de metros. Las 74 mediciones realizadas por ejemplo entre Torreón y Parras y al Norte de Gómez Palacio, muestran un espaciamiento promedio de 340 metros entre cada incisión, con una desviación estándar de 137 metros y un coeficiente de variación de 40 por ciento.

b) Las pendientes agrupadas en la categoría **de 2.5 a 6 grados** están formadas por bajadas de abrasión y de desnudación, sobre todo si presentan costras de carbonato de calcio (*caliche duro*). Son fuente de escurrimientos laminares que arrastran los elementos finos de la capa superficial de los suelos. Abundan en la subcuenca del Aguanaval y sobre todo en las subcuencas de San Francisco y La Flor, en donde representan entre el 30 y 40 por ciento de sus superficies.

- **Clase 4:** Las topofomas más pronunciadas se sitúan en las partes más altas, y fueron agrupadas en **una categoría de pendiente que oscila entre 6 y 10 grados**. Estas integran el pie de monte de enlace con el derrame de los relieves y están formadas por acumulaciones de materiales detríticos alógenos de espesor variable. Este tipo de topofomas se encuentra principalmente en las subcuencas intermedias del río Nazas y, de una manera general, en toda la cuenca del Aguanaval.

- **Clase 5 y 6:** Las dos clases de pendientes pronunciadas, **10 a 23 grados y 23 a 45 grados**, se encuentran bien representadas en toda la RH36, en particular la categoría de 10 a 23 grados que predomina en toda la parte alta con el 35 por ciento de su superficie, teniendo también cierta importancia en la parte baja (20 por ciento de su superficie). Estas dos categorías ocupan respectivamente el 40 y el 23 por ciento de la superficie de la cuenca del Nazas, en donde cinco subcuencas están dominadas por la categoría de 10 a 23 grados, en oposición a la subcuenca Los Angeles, cuya superficie es ocupada principalmente por pendientes de la categoría de 23 a 45 grados (Figura 9).

Las subcuencas del Aguanaval presentan una distribución más regular de pendientes, con excepción de la subcuenca El Sauz, en la que el 45 por ciento de la superficie se encuentra ocupada por la categoría de 10 a 23 grados (Figura 10).

En la parte baja de la RH36, la subcuenca Viesca donde predominan estas pendientes pronunciadas (10 a 45 grados), se opone a las subcuencas de Mayrán y Bolsón, con pendientes menos pronunciadas (0.5 a 2.5 grados).

Desde el punto de vista morfológico, estas dos clases pertenecen a vertientes de rocas duras, (*calizas, basaltos, granitos*), o a desprendimientos por gravedad constituidos por materiales blandos y rocas heterogéneas (provenientes de *toba*, por ejemplo).

En una secuencia topográfica, estas unidades son secundadas de pendientes menos pronunciadas (10 a 23 grados), las cuales generalmente representan unidades morfológicas más suaves, redondeadas, como una continuación en lomeríos de los macizos montañosos; están constituidas por diversos *conglomerados* de origen eruptivo en la parte alta de la RH36, o sedimentario en las partes medias y bajas. Estas vertientes son comúnmente continuadas por pie de montes inclinados (10 a 23 grados), que los unen a las bajadas.

Algunos autores han buscado establecer relaciones entre las pendientes de estas vertientes y la naturaleza y dimensión de los bloques que constituyen los desprendimientos. La única regla de dependencia que ha quedado bien establecida es la que determina que las mayores pendientes están formadas por fragmentos gruesos provenientes de las rocas más endurecidas, y que el tamaño de los bloques disminuye en función de la pendiente. Las vertientes formadas por materiales blandos como la *lutita* son generalmente menos inclinadas que aquellas formadas por materiales endurecidos. El buzamiento de los estratos geológicos puede dar lugar a varios casos particulares; de manera específica si dicho buzamiento es normal o inverso con la pendiente, éste resulta determinante (caso de los buzamientos oblicuos o verticales).

Desde el punto de vista del comportamiento hidrológico, estas clases de pendientes pronunciadas tendrían una función relacionada con el clima. Dichas pendientes serían producto de un escurrimiento y de un abarrancamiento activos en la parte subhúmeda de la RH36, ya que se encuentran petrificadas y son poco funcionales en la parte semiárida. Ciertas unidades similares, que han sido reconocidas en otras regiones áridas y semiáridas como al noroeste del África (Sahel), parecen tener una mayor funcionalidad. Esto podría ser resultado de la intensidad de la lluvia, la cual presenta una menor intensidad en el norte de México que en África (B. Pouyaud, comunicación personal) o bien, a menos que se considere que la intervención del hombre sea el motivo de esta diferencia, como parecería demostrarlo la sedentarización de rebaños alrededor de los puntos de agua permanente (presas, presones, bordos), que desencadena actualmente una degradación activa y visible de estas vertientes por escurrimientos superficiales (presa Indé, presa Palmito).

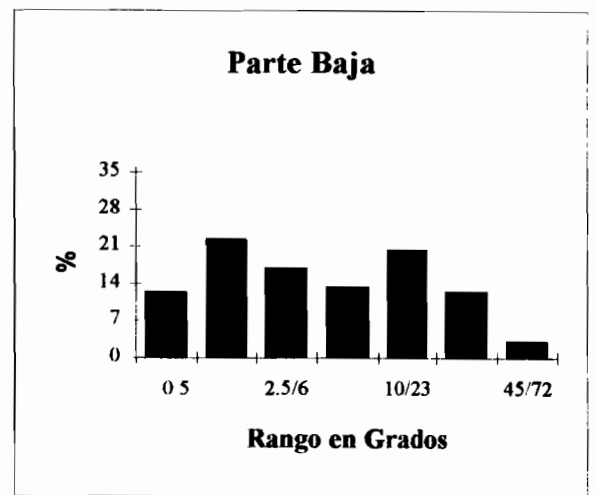
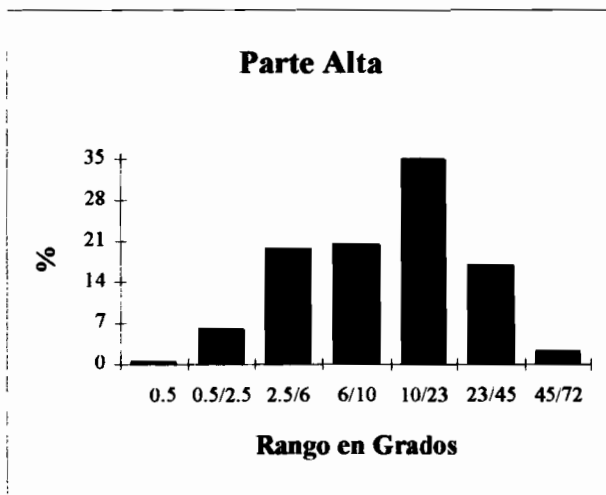
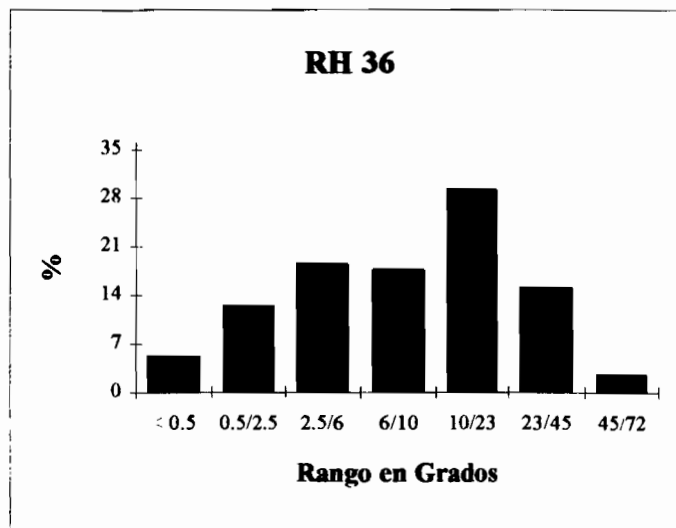


Figura 7. Primera clasificación de las pendientes en la RH 36, partes Baja y Alta.

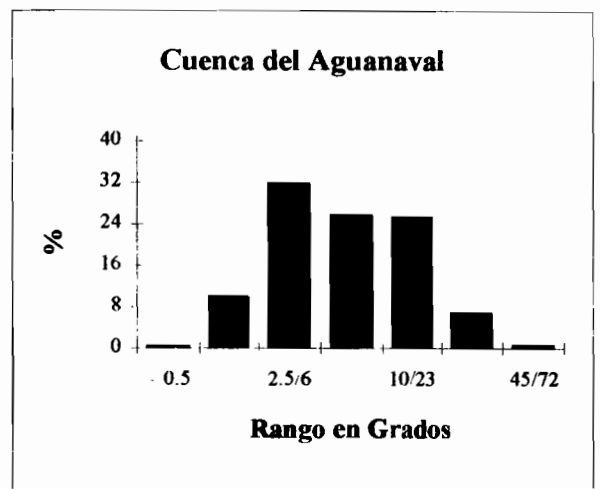
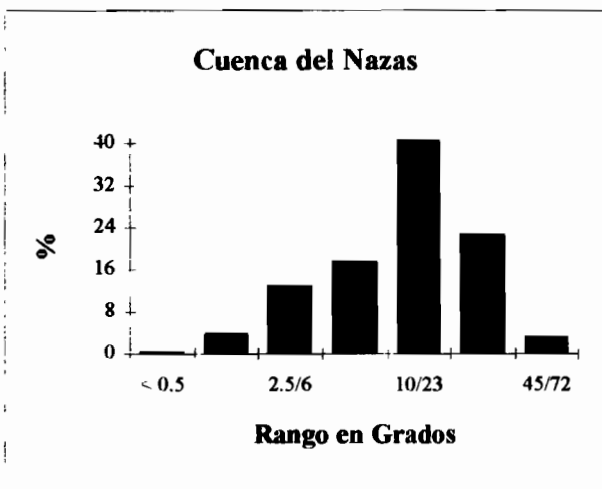


Figura 8. Primera clasificación de las pendientes en las cuencas del Nazas y del Aguanaval.

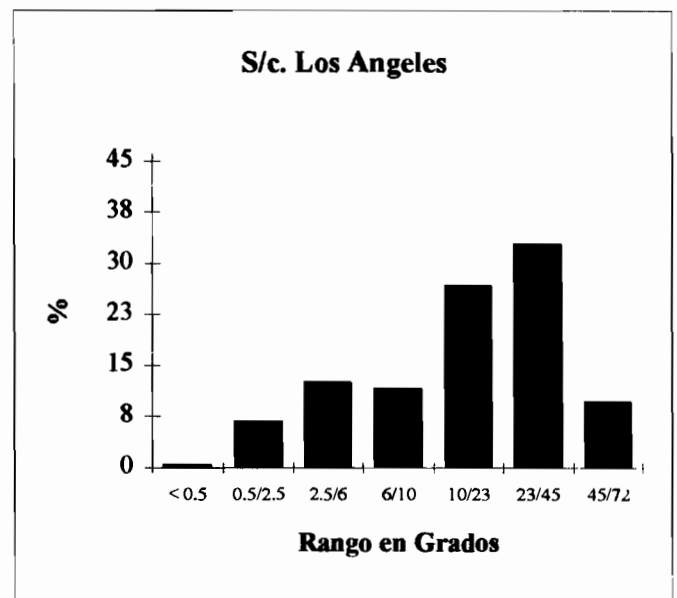
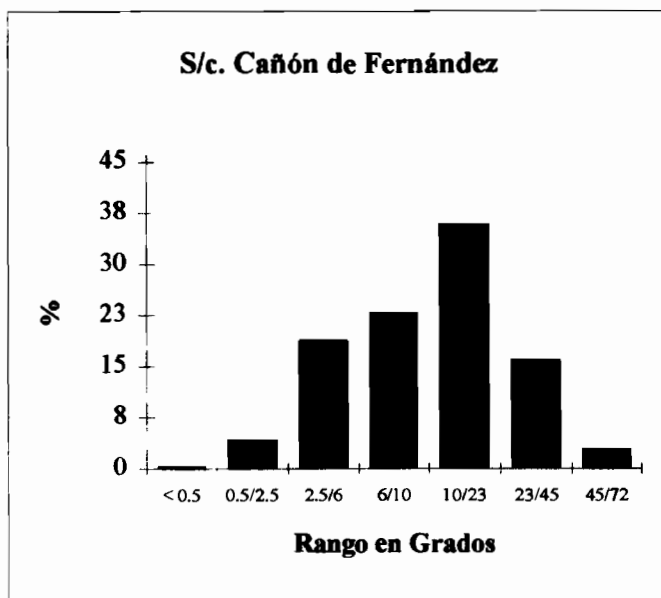
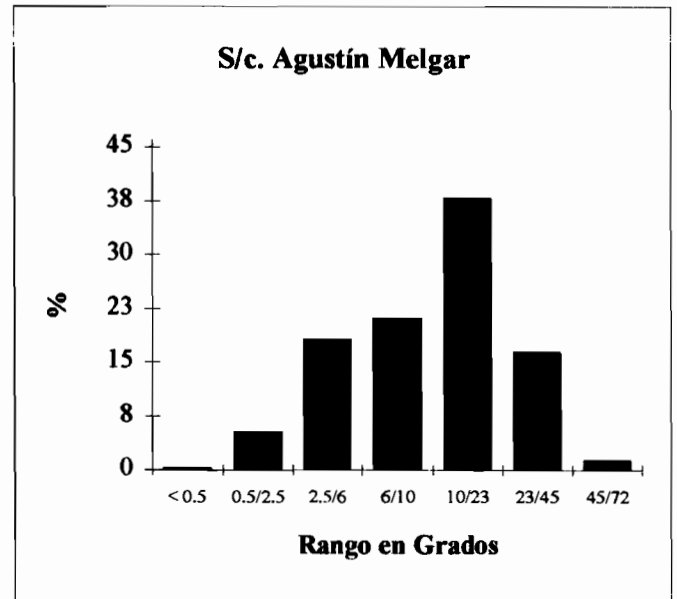
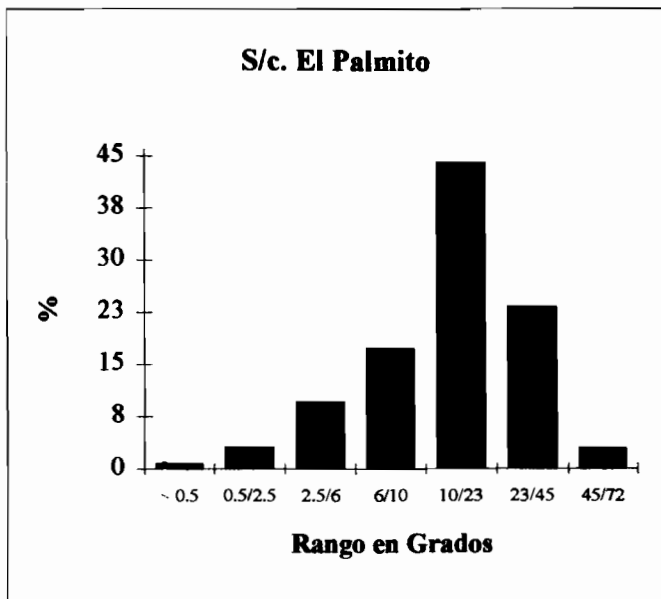
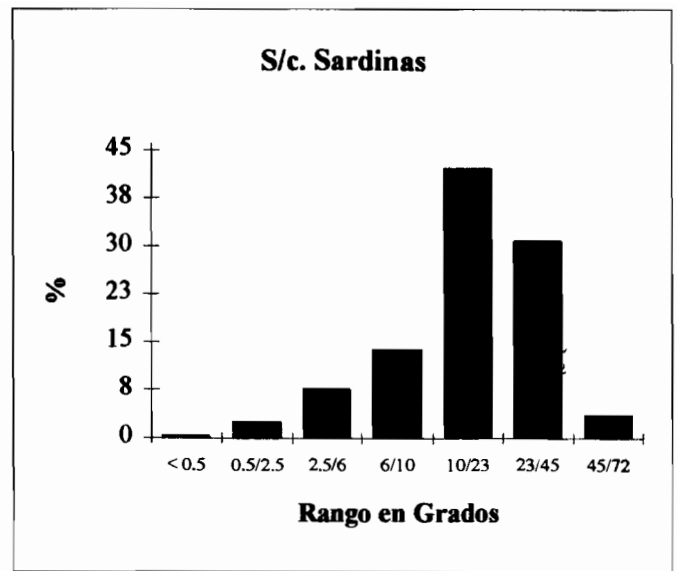
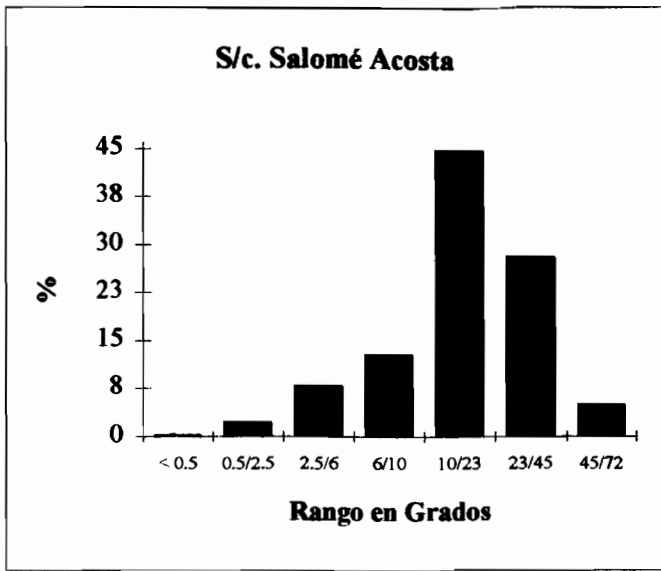


Figura 9. Primera clasificación de las pendientes en las seis subcuencas del Nazas.

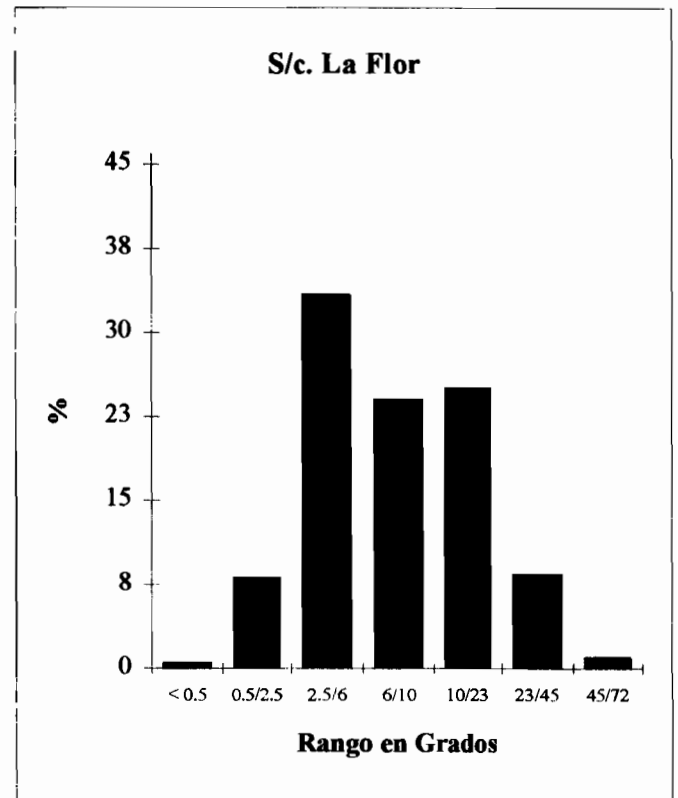
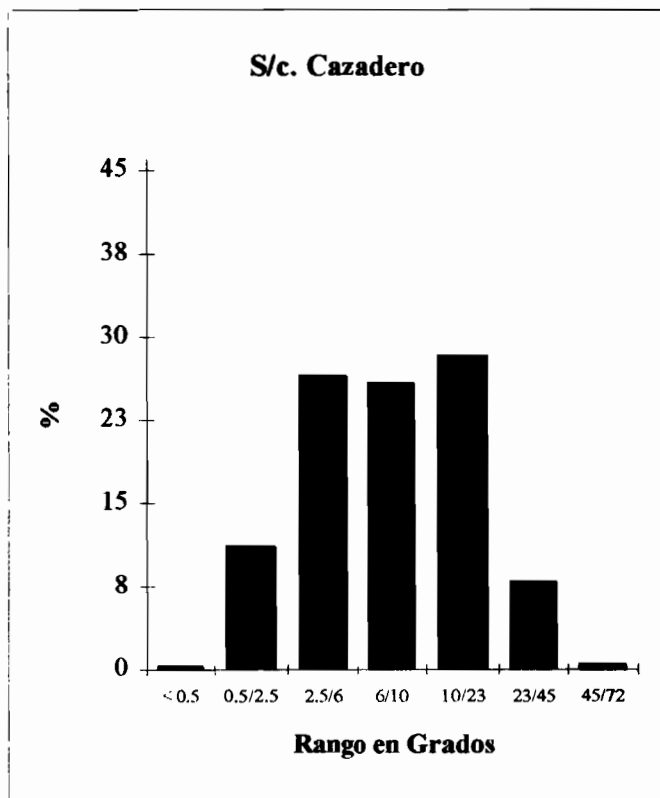
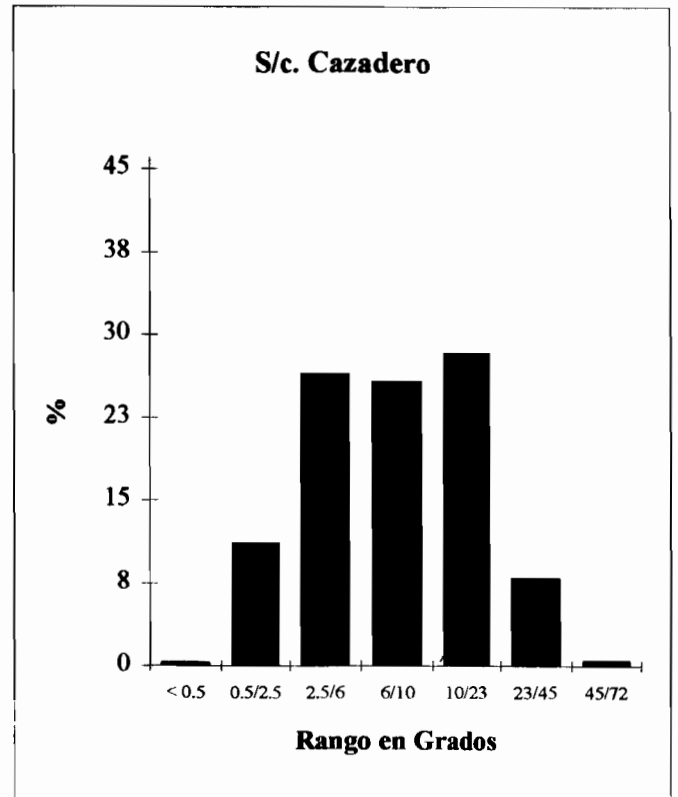
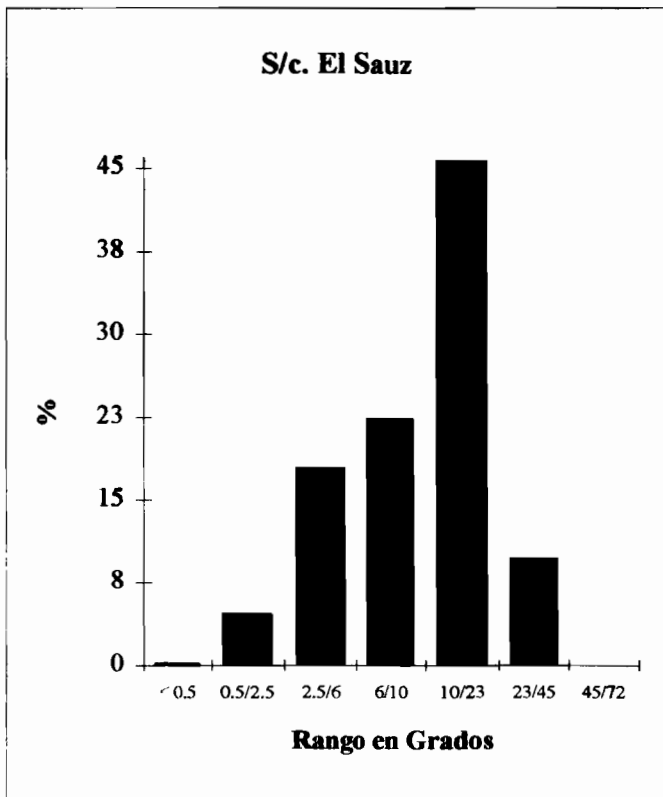


Figura 10. Primera clasificación de las pendientes en las cuatro subcuencas del Aguanaval.

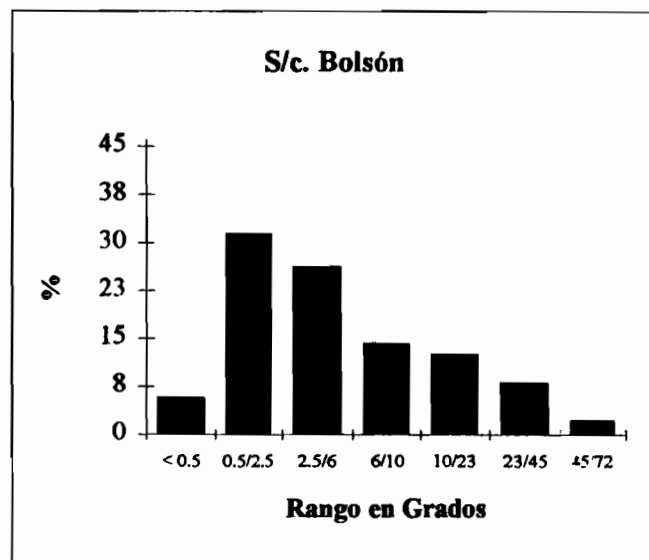
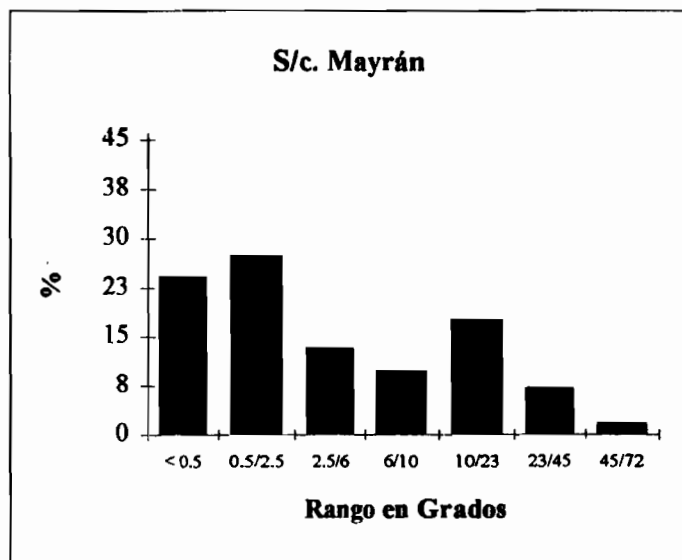
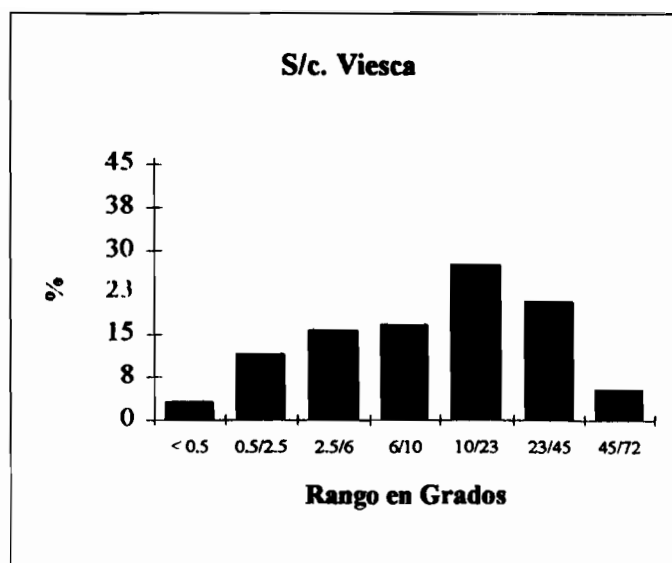


Figura 11. Primera clasificación de las pendientes en las tres unidades de la parte baja de la RH 36.

- **Clase 7:** Las pendientes más pronunciadas que han sido medidas en la región alcanzan hasta 72 grados de inclinación. Estas han sido reunidas en una séptima categoría que queda comprendida entre los 45 y 72 grados. Esta categoría se encuentra en todas las unidades hidrográficas de la RH36 (excepto en la subcuenca de El Sauz):

Está mejor representada en la cuenca del río Nazas (principalmente en la subcuenca Los Angeles), que en la del Aguanaval.

En la parte baja, la subcuenca de Viesca más montañosa presenta una superficie mayor de esta clase que las subcuencas Mayrán y Bolsón.

Esta clase de pendiente corresponde a cornisas, escarpaduras y graderías de rocas muy duras, las cuales pueden estar formadas por *riolitas*, *basaltos* y *calizas* que afloran en macizos con desprendimientos subyacentes unidos generalmente mediante un ángulo bien definido.

El mapa geológico a escala 1:1 000 000 no hace distinción, en lo que corresponde a la parte eruptiva de la RH36, entre los esparcimientos riolíticos y la *toba* misma. Esta clase de pendiente debería permitir diferenciar los materiales riolíticos que afloran en cornisas, de aquellos que están formados por tufos y fragmentos eruptivos que constituyen las vertientes con pendiente inferior a 45 grados.

A esta categoría de pendientes (45 a 72 grados) pertenecen también algunas formaciones de *inselbergs* que surgen diseminados sin un orden determinado en toda la región, tanto en los materiales eruptivos como en los sedimentarios, siendo mayor su importancia al contacto entre estos dos tipos de materiales. Se trata de relieves residuales de rocas duras, ligadas a fallas o a accidentes tectónicos (*filones*, *dykes*, *estratos*). El buzamiento de las capas puede ser vertical, recto u horizontal. Su entorno morfológico es también muy variado; pueden emerger de bajadas o de inmensas planicies aluviales en la parte baja e incluso de valles (La Flor de Jimulco). En base a lo anterior, su entorno puede estar constituido por largas bajadas como la que presenta el Cerro de la Muerte, en la subcuenca del Bolsón, o bien, por materiales aluviales de recubrimiento a los cuales se unen abruptamente los islotes escarpados, formando un ángulo muy marcado (cerros de San Marcos y San Lorenzo en la planicie de Matamoros, Coahuila).

Las rocas cristalizadas más friables, como los *granitos*, *areniscas* y *dioritas*, son más sensibles a los fenómenos de desagregación que a los de disolución, lo que les permite liberar arenas. Estas formaciones presentan crestas más redondeadas, con pendientes más convexas y suaves, tanto en zonas áridas y semiáridas (macizo de Dinamita), como en zonas subhúmedas de la RH36.

2 - LAS ROCAS Y MATERIALES GEOLOGICOS

2.1 - CLASIFICACION

En base al mapa geológico de escala 1:1 000 000, es posible diferenciar 19 tipos de materiales en el conjunto de la RH36. Así, 32.5 por ciento de la superficie son de origen ígneo intrusivo o extrusivo, en tanto que 31.8 por ciento son de origen sedimentario (Loyer, 1993). En el caso de los materiales de origen metamórfico, estos se encuentran escasamente representados (0.3 por ciento). Los suelos cuaternarios cubren por su parte el 35.4 por ciento del conjunto de la RH36.

Con el fin de llevar a cabo una clasificación de dichos materiales en función de su grado de endurecimiento se efectuó un primer **reagrupamiento** de las rocas metamórficas (*pizarras, esquistos y gneis*). Por su parte, los conglomerados colindantes a relieves de calizas y que son cimentados por carbonato de calcio fueron separados de aquellos que provienen de materiales eruptivos y que no se ven generalmente sometidos al proceso de endurecimiento.

De este reagrupamiento se obtuvieron **16 claves originadas a partir de los tipos de rocas y diferentes materiales geológicos** (origen eruptivo o sedimentario), pero sobre todo a su comportamiento en relación a los escurrimientos superficiales, considerando para ello las características físicas y estructurales que podrían favorecer la infiltración o, por el contrario, el escurrimiento.

Su distribución en la RH36 y en cada una de sus 13 subunidades hidrográficas (subcuencas), aparece en el Cuadro 4. Los materiales más ampliamente representados son los *suelos cuaternarios, la toba y las calizas*.

En base a esos 16 tipos litológicos, se estableció una primera clasificación tomando en cuenta dos criterios: el de **endurecimiento** y el de **estructura**. Dicha clasificación permite un reagrupamiento en **8 tipos de rocas y materiales** de características físicas y estructurales similares, las cuales determinan un comportamiento frente al agua que es de antemano juzgado como análogo. A continuación se enlista esta clasificación y los tipos de rocas que se agruparon.

1 - Rocas endurecidas masivas: (REM)

lgia : *igneas intrusivas ácidas*, (granito y granodiorita)

lgii : *igneas intrusivas intermedias*, (diorita)

lgei : *igneas extrusivas intermedias*, (traciandesita)

lgeb : *igneas extrusivas básicas*, (basalto)

complejo metamórfico, (pizarra, esquistos, gneis)

- 2 - Rocas endurecidas en bancos: (REB)
lgea : *extrusivas ácidas*, por parte, (riolita)
sedimentarias, (arenisca, caliza, caliza-yeso)

- 3 - Conglomerados: (CG)
cg, *sedimentarias detríticas*, por parte.

- 4 - Conglomerados cimentados: (CGc)
cg, *sedimentarias detríticas*, por parte

- 5 - Alternancias estratificadas: (AE)
lu-ar, *sedimentarias detríticas*, (lutita-arenisca)
cz-lu, *sedimentarias químicas y detríticas*, (caliza-lutita)
cz-lu-ar, *sedimentarias químicas y detríticas*, (caliza-lutita-arenisca)

- 6 - Materiales eruptivos muy heterogéneos: (MEH)
lgea, *extrusivos ácidos*, por parte, (toba)

- 7 - Materiales sedimentarios blandos: (B)
lu, *sedimentarios detríticos*, (lutita)

- 8 - Suelos cuaternarios: (Suel)
sQ, aluviales, coluviales.

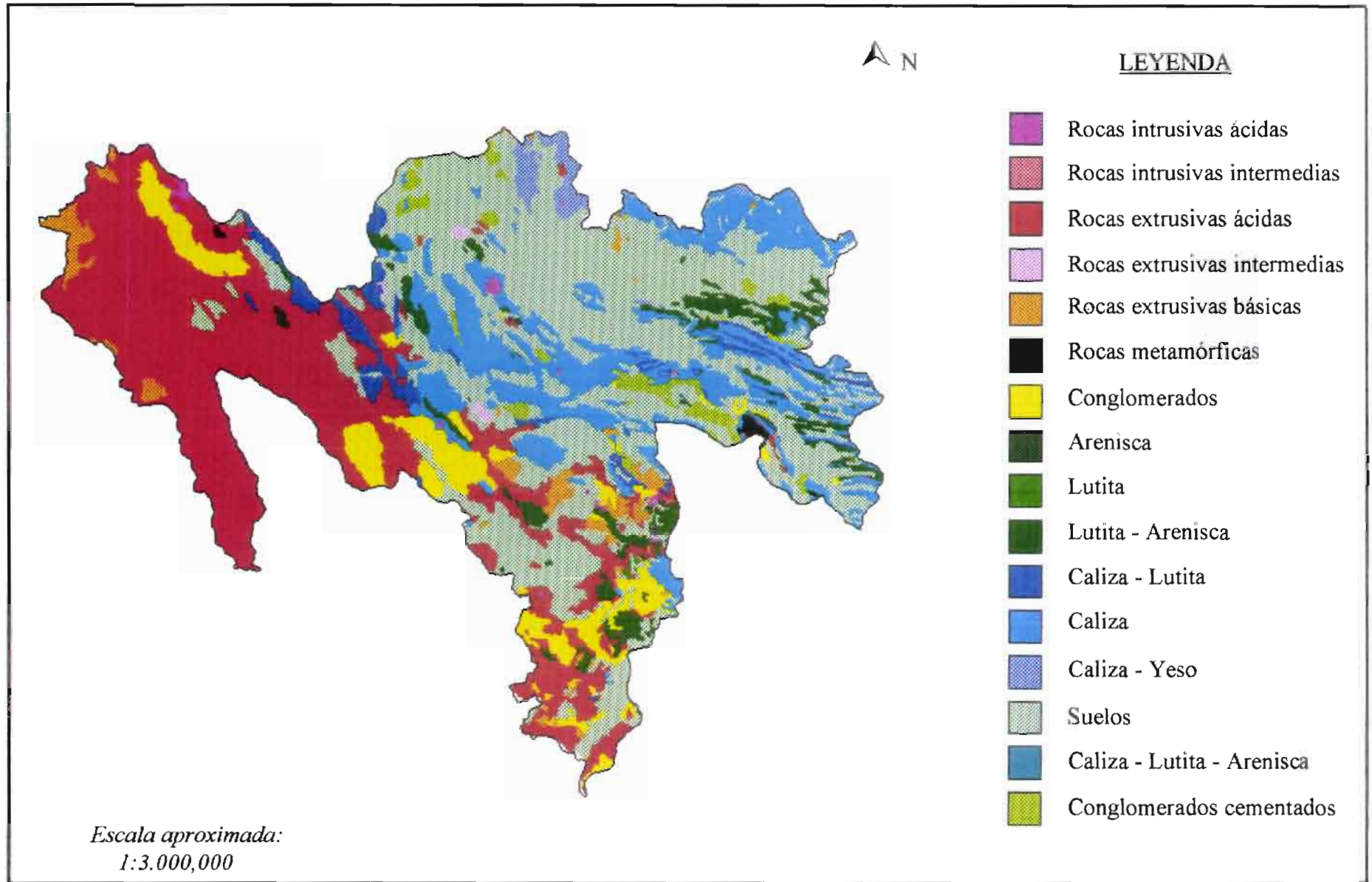
Su distribución en la RH36 y las diferentes subunidades hidrográficas se encuentran representadas en el Cuadro 5 y en el Mapa 4. Los materiales eruptivos así como las rocas endurecidas en banco y los suelos son, de manera global, las unidades que dominan en la región.

En el mapa geológico original a escala 1:1 000 000, la *toba* aparece como un extenso conjunto eruptivo muy heterogéneo que se encuentra constituido por cenizas, toba conglomerática, lavas, brechas volcánicas, rocas piroclásticas y riolita, aflorando abundantemente en toda la cuenca alta del río Nazas. Dicho mapa no diferencia a la riolita, material endurecido en banco, cuyo comportamiento hidrológico es totalmente diferente de la toba misma. La riolita aflora generalmente en cornisas abruptas, siendo la pendiente comprendida entre 45° y 72° la que puede establecer una separación con la toba propiamente. Esta última aflora sobre todo en las pendientes menos pronunciadas (subcuencas de Sardinias y Salomé Acosta), (Mapa 2 y 8).

Por otra parte, el término de *toba ácida* utilizado en los mapas geológicos no corresponde siempre a una naturaleza ácida de este material, en particular cuando se trata de un vulcanismo sedimentario. Un carácter más calcáreo puede manifestarse en dicho material por contaminación.

Cuadro 4. Principales unidades de rocas y materiales geológicos en la RH 36 y sus 13 unidades hidrográficas.

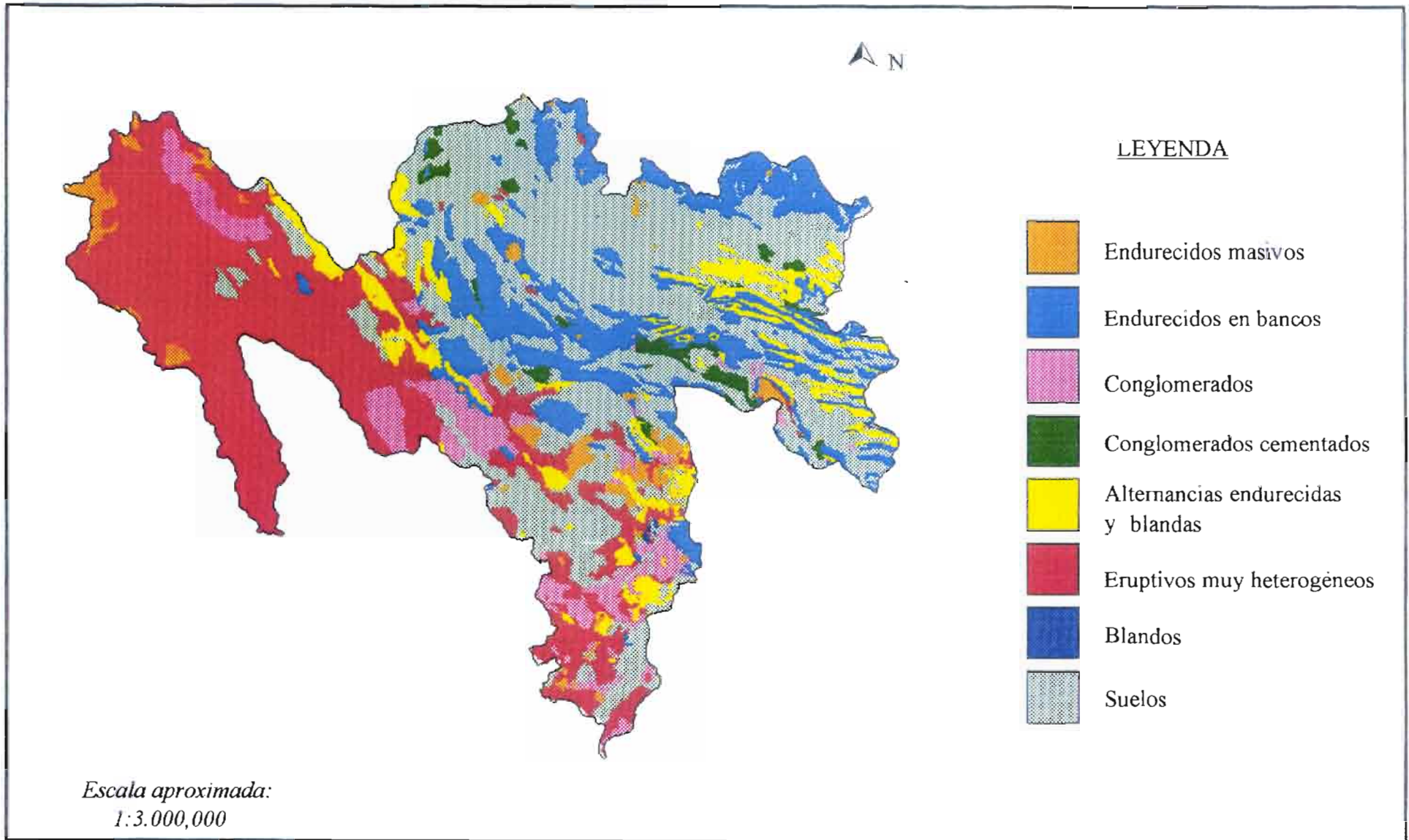
	Sal. Aco.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles	El Sauz	Cazadero	S. Fco.	La Flor	Viesca	Mayrán	Bolsón	RH36
	Superficie en km²													
<i>lgia</i>	0,0	78,1	54,1	18,0	0,0	73,5	0,0	0,0	38,1	84,1	17,4	12,0	7,4	387,3
<i>lgii</i>	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	45,4	0,0	0,0	62,1
<i>lgea</i>	6699,3	3331,3	5118,1	5290,4	534,2	29,4	890,7	1471,7	1046,3	1293,4	68,8	29,4	61,4	25983,7
<i>lgei</i>	0,0	0,0	0,0	6,0	92,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	93,5	192,3
<i>lgeb</i>	267,1	678,4	0,0	18,7	127,5	0,0	76,1	56,8	108,8	877,4	0,0	98,8	6,7	2341,7
<i>pz,gn,e</i>	0,0	0,0	32,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	163,6	0,0	0,0	198,3
<i>cg</i>	0,0	446,7	827,3	2080,0	267,1	7,4	128,9	952,8	895,4	261,1	181,0	0,0	0,0	6060,2
<i>ar</i>	0,0	0,0	7,4	62,8	0,0	22,7	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	18,7	117,5
<i>lu</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,8	3,3	14,7	0,0	0,0	70,8
<i>lu,ar</i>	0,0	0,0	29,4	247,1	71,5	15,4	0,0	170,3	691,1	536,9	799,9	1105,8	263,8	3936,9
<i>cz,lu</i>	0,0	0,0	191,6	1234,0	46,1	0,0	0,0	9,4	5,3	258,4	626,3	113,5	306,5	2811,1
<i>cz</i>	0,0	0,0	0,0	862,7	1161,8	679,1	0,0	20,0	335,9	1663,3	4621,3	2968,0	879,4	13255,6
<i>cz,y</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	888,1	255,1	1165,8
<i>s</i>	0,0	0,0	618,3	1762,8	899,4	533,5	168,3	908,1	1862,9	4311,5	6190,5	9158,5	5150,1	31624,0
<i>cz,lu,ar</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	3,3
<i>cgci</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	140,9	0,0	0,0	0,0	0,0	307,2	669,7	224,4	484,1	1829,6
TOTAL	6966,3	4534,5	6882,2	11582,3	3341,3	1360,8	1264,0	3589,0	5036,6	9608,5	13407,2	14598,4	7526,6	90040,3
	Porcentaje													
<i>lgia</i>	0,0	1,7	0,8	0,2	0,0	5,4	0,0	0,0	0,8	0,9	0,1	0,1	0,1	0,4
<i>lgii</i>	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1
<i>lgea</i>	96,2	73,5	74,4	45,7	16,0	2,2	70,5	41,0	20,8	13,5	0,5	0,2	0,8	28,9
<i>lgei</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,2
<i>lgeb</i>	3,8	15,0	0,0	0,2	3,8	0,0	6,0	1,6	2,2	9,1	0,0	0,7	0,1	2,6
<i>pz,gn,e</i>	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,2
<i>cg</i>	0,0	9,9	12,0	18,0	8,0	0,5	10,2	26,5	17,8	2,7	1,3	0,0	0,0	6,7
<i>ar</i>	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1
<i>lu</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
<i>lu,ar</i>	0,0	0,0	0,4	2,1	2,1	1,1	0,0	4,7	13,7	5,6	6,0	7,6	3,5	4,4
<i>cz,lu</i>	0,0	0,0	2,8	10,7	1,4	0,0	0,0	0,3	0,1	2,7	4,7	0,8	4,1	3,1
<i>cz</i>	0,0	0,0	0,0	7,4	34,8	49,9	0,0	0,6	6,7	17,3	34,5	20,3	11,7	14,7
<i>cz,y</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	3,4	1,3
<i>s</i>	0,0	0,0	9,0	15,2	26,9	39,2	13,3	25,3	37,0	44,9	46,2	62,7	68,4	35,1
<i>cz,lu,ar</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>cgci</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	5,0	1,5	6,4	2,0



Mapa 3. Principales unidades de rocas y materiales en la RH 36.

Cuadro 5. Repartición de las 8 clases de rocas y materiales geológicos en la RH 36 y sus 13 subcuencas hidrográficas.

	Salomé A.	Sardinas	Palmito	Agustín M.	C. de Fdz.	L. Angeles	El Sauz	Cazadero	S. Fco.	La Flor	Viesca	Mayrán	Bolsón	RH 36
	Superficie en km²													
<i>REM</i>	267	757	90	43	220	73	76	57	147	974	226	111	108	3182
<i>REB</i>	0	0	7	925	1162	702	0	20	336	1663	4627	3856	1153	14539
<i>CG</i>	0	447	827	2080	267	7	129	953	895	261	181	0	0	6060
<i>CGc</i>	0	0	0	0	141	0	0	0	0	307	670	224	484	1830
<i>AE</i>	0	0	221	1481	118	15	0	180	696	795	1429	1219	570	6751
<i>MEH</i>	6699	3331	5118	5290	534	29	891	1472	1046	1293	69	29	61	25984
<i>Blandos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	53	3	15	0	0	71
<i>Suelos</i>	0	0	618	1763	899	534	168	908	1863	4311	6190	9159	5150	31624
TOTAL	6966	4535	6882	11582	3341	1361	1264	3589	5037	9609	13407	14598	7527	90040
	Porcentaje de Superficie													
<i>REM</i>	3,8	16,7	1,3	0,4	6,6	5,4	6,0	1,6	2,9	10,1	1,7	0,8	1,43	3,5
<i>REB</i>	0,0	0,0	0,1	8,0	34,8	51,6	0,0	0,6	6,7	17,3	34,5	26,4	15,32	16,1
<i>CG</i>	0,0	9,9	12,0	18,0	8,0	0,5	10,2	26,5	17,8	2,7	1,3	0,0	0,00	6,7
<i>CGc</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	5,0	1,5	6,43	2,0
<i>AE</i>	0,0	0,0	3,2	12,8	3,5	1,1	0,0	5,0	13,8	8,3	10,7	8,4	7,58	7,5
<i>MEH</i>	96,2	73,5	74,4	45,7	16,0	2,2	70,5	41,0	20,8	13,5	0,5	0,2	0,82	28,9
<i>Blandos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,00	0,1
<i>Suelos</i>	0,0	0,0	9,0	15,2	26,9	39,2	13,3	25,3	37,0	44,9	46,2	62,7	68,43	35,1
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



Mapa 4. Primera clasificación de las rocas y materiales en la RH 36.

3 - DIVISION EN SUBREGIONES GEOCLIMATICAS

En esta fase del estudio se pudo observar que la distribución de los diferentes **materiales geológicos** y del **relieve** en la RH36, refleja grandes diferencias entre sus 13 subcuencas hidrográficas (Cuadros 1 y 4).

- Desde el **punto de vista litológico**, los materiales eruptivos predominan prácticamente de manera exclusiva en la parte alta de la RH36 (subcuencas Sardinias, Salomé Acosta, Palmito y El Sauz), y de manera parcial en la cuenca media, (subcuencas Agustín Melgar y Cazadero). Este predominio continúa hasta que entran en contacto con los materiales sedimentarios que, por su parte, afloran en toda la zona baja de la región.

- Por otra parte, existe un fuerte contraste de **altitud** entre la parte baja (subcuencas de Bolsón, Viesca y Mayrán), y la parte media de la RH36. A este criterio de altitud puede asociarse, de manera indirecta, la precipitación pluvial anual, cuyo gradiente altitudinal fue calculado para toda la región en base a la siguiente relación (Estrada *et al.* 1993):

$$\text{Altitud en m} = 2.48 \text{ Pluviometría en mm} + 662$$

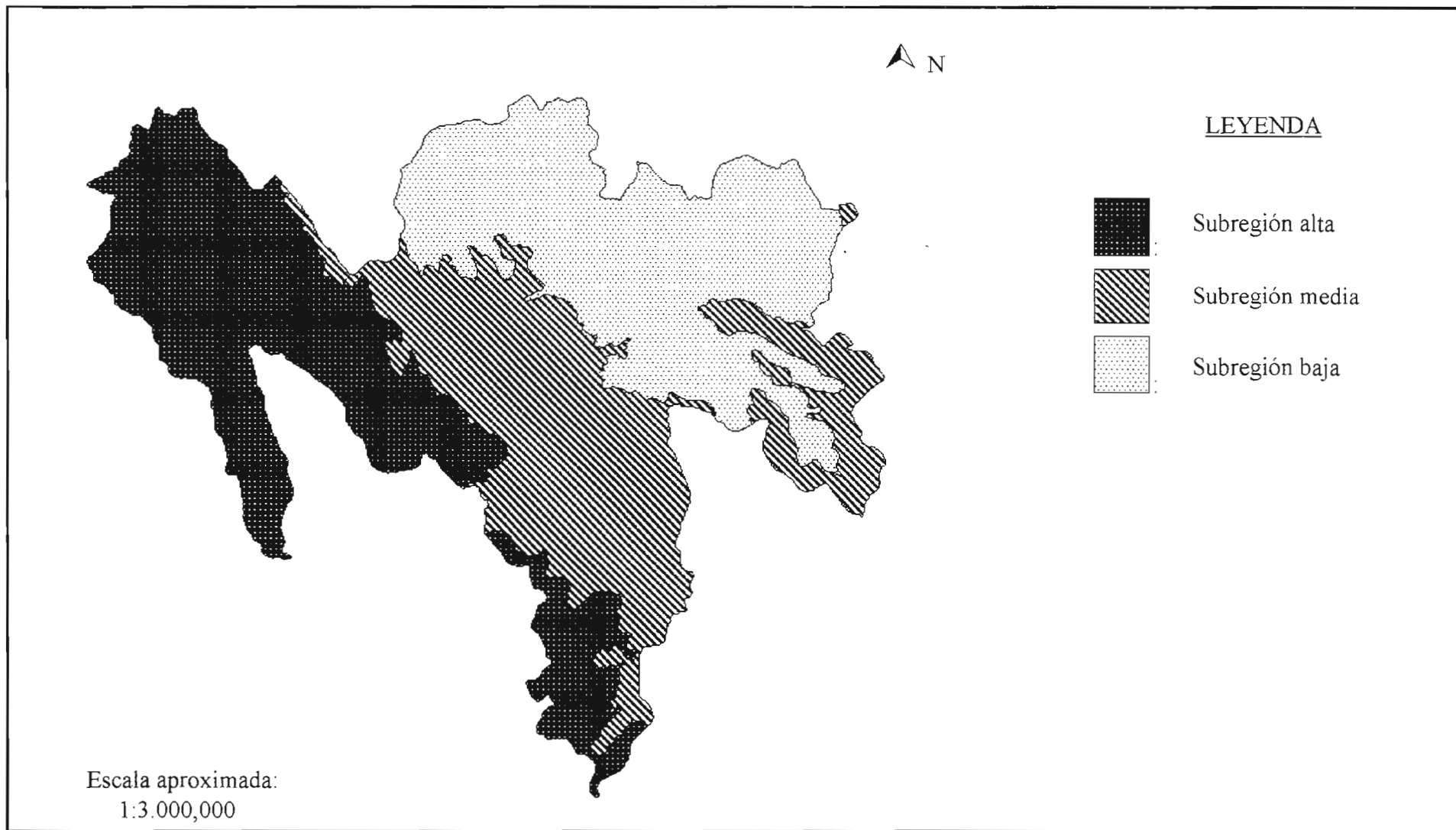
Estos dos criterios, petrografía por una parte y relieve-pluviometría por la otra, fueron utilizados de manera independiente con el fin de dividir la RH36 en **tres conjuntos geoclimáticos** relativamente homogéneos (Mapa 5):

- El contacto eruptivo-sedimentario permitió establecer una separación entre una subregión alta (subhúmeda) y una subregión media (semiárida).
- La colindancia de esta última con la subregión baja (zona árida) se situó a 1,400 metros de altitud, lo que corresponde a una pluviometría anual calculada de 300 mm.

A continuación se presenta la superficie en km² de cada una de estas tres subregiones:

RH 36 :	subregión alta	subregión media	subregión baja
91,204	30,937	30,696	29,571

Esta división geoclimática será la que se utilice en lo sucesivo en este estudio, con el objeto de establecer la distribución de las diferentes unidades de paisaje que resultan de la sobreposición de la información.



Mapa 5. División de la RH 36 en tres subregiones.

4 - LOS SUELOS

4.1 - SELECCION DE LOS ATRIBUTOS EDAFOLOGICOS

El análisis del tema edafológico se realizó durante la primera etapa (Rivera y Viramontes, 1993).

Este primer estudio espacial, que considera únicamente la unidad de suelo principal, constituye una primera aproximación. Dicho estudio permitió diferenciar las 13 principales unidades de suelos reconocidos en la RH36, con referencia a la clasificación de la FAO/UNESCO 1976 modificada por la Dirección General de Geografía (DGG), (Cuadro 6).

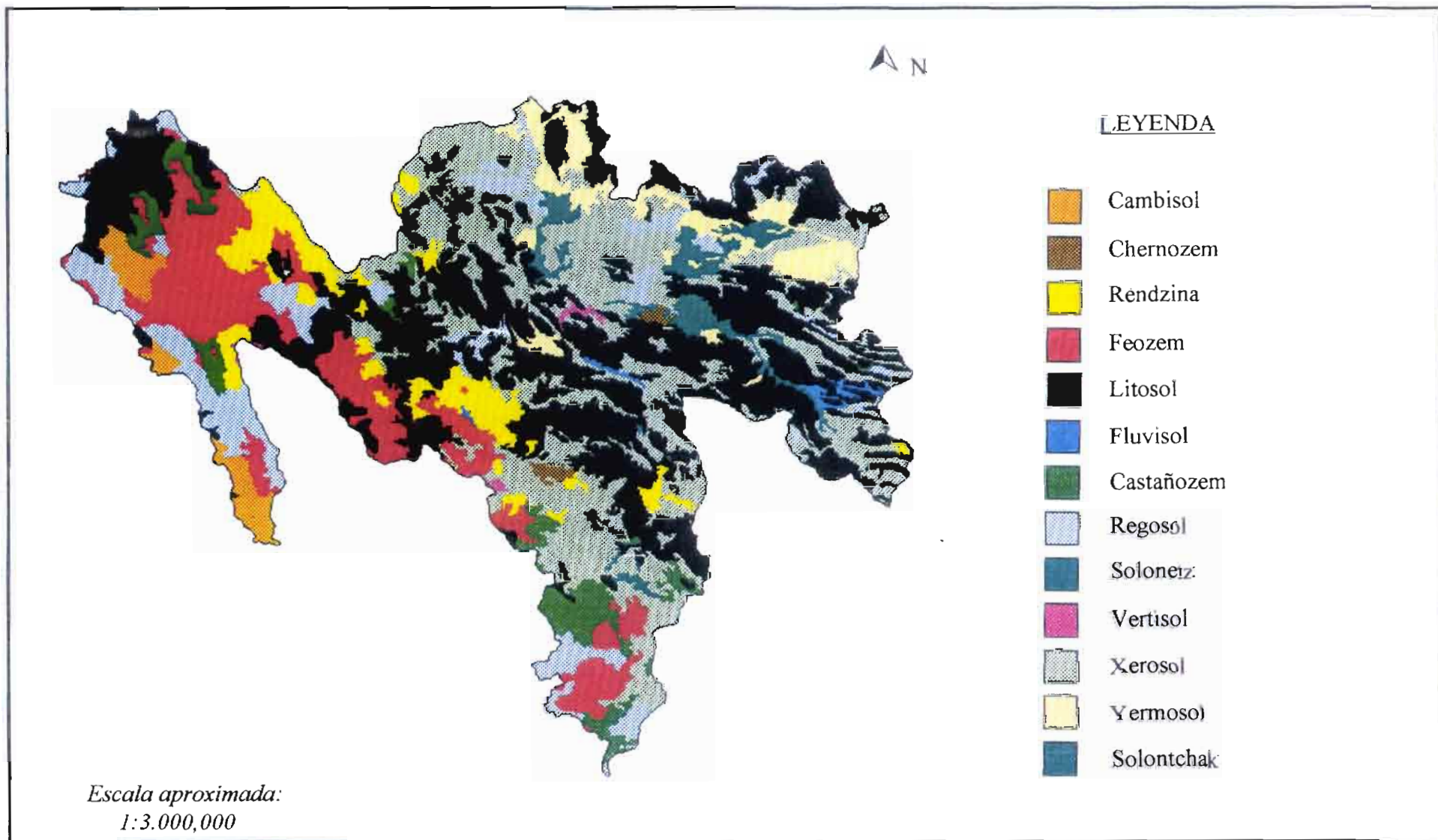
El presente análisis, siendo más detallado, considera las **13 unidades principales** además de **13 suelos secundarios**, los cuales ocupan por lo menos el 20 por ciento de la unidad cartográfica. Asimismo, se consideran **13 tipos de suelos terciarios** que aparecen en los mapas originales a escala 1:1 000 000 (INEGI, 1981), (Mapa 6).

Las subunidades que presentan caracteres secundarios o tendencias evolutivas fueron igualmente seleccionadas, contribuyendo también a la interpretación y a la clasificación posterior. De esta forma se obtuvieron **18 subunidades** que están representadas en los suelos de la Región: *vértico, éutrico, lúvico, cálcico, háplico, gléyico, calcáreo, gélico, districo, mólico, órtico, álbico, crómico, pélico, gypsico, húmico, solódico y takirico*.

Desde el punto de vista de la *textura* se establecieron tres tipos: *fina, media y gruesa*.

Dentro de las nueve **fases físicas** que aparecen en los mapas, ocho fueron reconocidas en la región. En estas fases las que más intervienen son: el endurecimiento rocoso (*fase litica*), las que reflejan la presencia de una costra calcárea o gypsica (*fase petrocálcica o gypsica*) y los elementos gruesos de diferentes tamaños (*fase pedregosa, gravosa o concrecionaria*).

Estos últimos atributos, *textura* y *fases físicas* desempeñan una función primordial en la dinámica hídrica interna y superficial, determinando en particular la capacidad total de reserva de agua y el agua útil en los diferentes suelos.



Mapa 6. Principales unidades de suelos en la RH 36.

En total **68 atributos edafológicos** fueron seleccionados, permitiendo retener **24 atributos principales** para la caracterización de los suelos: 13 unidades de suelos, 3 texturas y 8 fases físicas.

Las superficies representadas en cada uno de estos atributos de la RH36 y de las tres subregiones aparecen en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Principales características de los suelos en la RH 36.

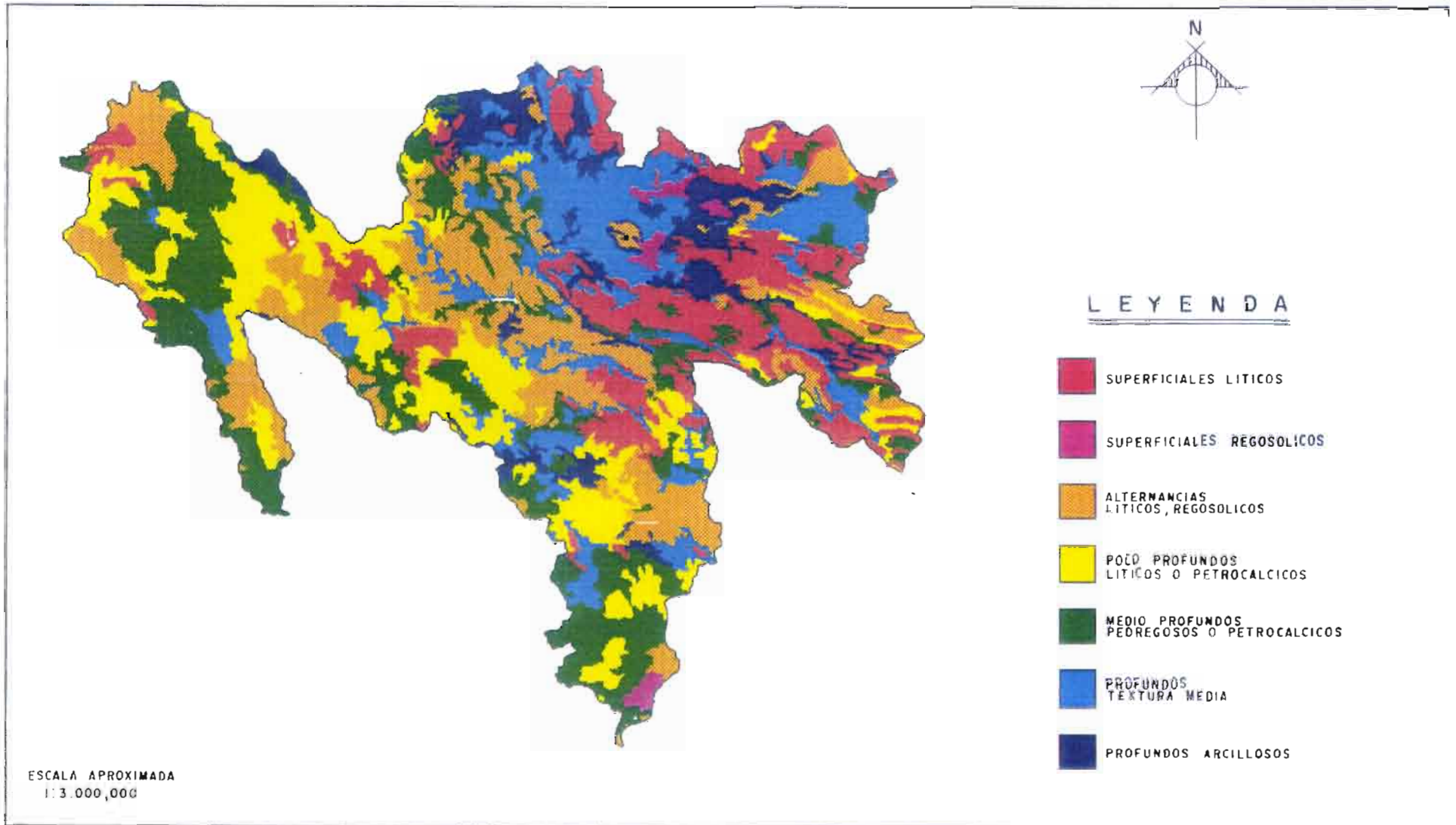
Unidades principales		Superficie	
		en km ²	en por ciento de la superficie total
<i>Cambisol</i>	(B)	2,060	2.3
<i>Chernozem</i>	(C)	364	0.4
<i>Rendzina</i>	(E)	5,043	5.6
<i>Feozem</i>	(H)	10,871	12.0
<i>Litosol</i>	(I)	31,286	34.6
<i>Fluvisol</i>	(J)	407	0.6
<i>Castañozem</i>	(K)	3,966	4.4
<i>Regosol</i>	(R)	6,933	7.7
<i>Solonetz</i>	(S)	191	0.2
<i>Vertisol</i>	(V)	284	0.3
<i>Xerosol</i>	(X)	22,140	24.5
<i>Yermosol</i>	(Y)	4,106	4.5
<i>Solonchak</i>	(Z)	2,767	3.1
Texturas			
<i>Gruesa</i>	(1)	757	0.8
<i>Media</i>	(2)	85,298	94.3
<i>Fina</i>	(3)	4,363	4.8
Fases Físicas			
<i>Concrecionaria</i>	(1)	31	0.0
<i>Dúrica</i>	(2)	27	0.0
<i>Gravosa</i>	(4)	1,481	1.6
<i>Lítica</i>	(5)	18,618	20.6
<i>Pedregosa</i>	(6)	4,546	5.0
<i>Petrocálcica</i>	(7)	15,718	17.4
<i>Petrogypsica</i>	(8)	197	0.2
<i>Sin Fase</i>	(9)	49,800	55.1
Total		90,418	100

4.2 - CLASIFICACION

La primera sobreposición de estos 24 atributos edafológicos dio como resultado 312 combinaciones y 295 realmente posibles. Estas integran, de manera intrínseca, un cierto número de características edafológicas diversas tales como la *profundidad de los suelos*. El análisis detallado de cada una de estas 295 combinaciones permitió realizar la siguiente clasificación de **siete clases de suelo**, para la cual se tomó en cuenta sobre todo el espesor del suelo, *textura* y la presencia de un *endurecimiento lítico o petrocálcico*:

- **suelos superficiales líticos**
- **suelos superficiales regosólicos**
- **alternancias de suelos líticos y regosólicos**
- **suelos poco profundos**
- **suelos semiprofundos**
- **suelos profundos de textura media**
- **suelos profundos arcillosos**

Su distribución geográfica en la RH36 y en las tres subregiones geoclimáticas se muestra en el Mapa 7 y en el Cuadro 7.



Mapa 7: Primera clasificación de los suelos en la RH 36

5 - EL USO DEL SUELO

5.1 - CLASIFICACION

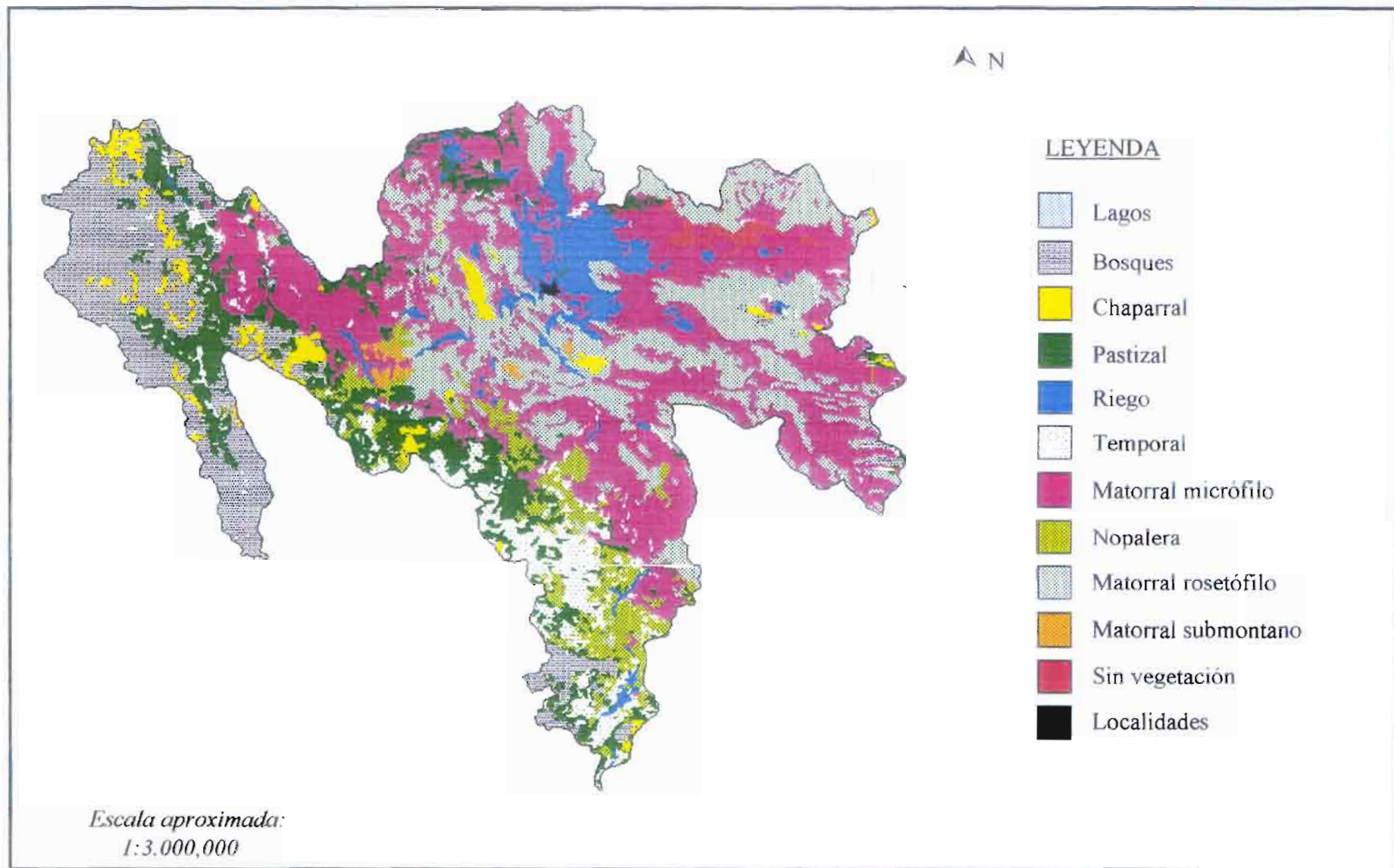
Un primer análisis del mapa de uso del suelo de la RH36 (INEGI, 1981), refleja que dicha Región contiene **33 unidades diferentes**. Estas unidades fueron descritas de manera detallada en el informe de inventario del proyecto general (Tarin, 1993; Voisin y Orona, 1993).

Estas 33 unidades iniciales fueron reagrupadas en base a criterios de similitud de ocupación de suelo y recubrimiento, en **12 unidades** (Mapa 12). La superficie de estas 12 unidades reagrupadas se calculó en cada una de las tres subregiones de la RH36 con el fin de concluir el primer análisis (Cuadro 7). A continuación se describen las cinco unidades más representativas:

- El **matorral desértico micrófilo**, que es la unidad más representada con 30,465 km², cubre vastas superficies principalmente en las zonas semiáridas y áridas de la región. Se trata de una vegetación arbustiva ramificada en la base, generalmente de hojas pequeñas, espinas, o inerme. Es poco densa y de poca cobertura, pudiéndose diferenciar varios subtipos en función de las especies presentes.
- Un tipo de **matorral rosetófilo** (17,813 km²), fue considerado por separado debido a la morfología de las especies en las que predominan las plantas de hojas en forma de rosetas (*Lechugilla, Agave*). Estas presentan una mejor cobertura del suelo que los subtipos del *matorral* anteriormente mencionados.
- La vegetación arbórea de **bosque** (13,308 km²), está limitada a las regiones montañosas de la parte alta del río Nazas, en la Sierra Madre Occidental. Esta reagrupa varias especies como *el pino y el encino*), variando el grado de ocupación del suelo en función de la altitud, la orientación, su explotación y la presión ejercida por el ganado que puede, en ocasiones, favorecer la regeneración de ciertas especies arbóreas (Viramontes, 1995).
- Se diferenció igualmente a la **nopalera** (4,524 km²), debido a la morfología específica de las *Opuntia*, pero sobre todo a causa de la macroporosidad provocada al pie de dichas formaciones por roedores y de la importancia de este factor en el proceso de la infiltración.
- Las áreas de **pastizal** (10,121 km²), están generalmente constituidas por herbáceas de la familia de las gramíneas, las cuales pueden tener una buena cobertura del suelo durante una parte del año. Su fisionomía es muy diversa dependiendo de la especie dominante que puede ser una halófito, del tipo de asociación vegetal en la que se desarrollan (*bosque, matorral*), y sobre todo de la tasa de cobertura que depende de la carga de ganado y de la temporada del año (Anaya y Barral, 1995). Estas zonas de pastizales están distribuidas en una franja NO-SE, ubicada en la colindancia de la subregión subhúmeda con la semiárida (Barral et al, 1993).

Cuadro 7. Repartición de los cuatro principales temas del medio natural en la RH 36 y en sus tres subregiones.

	REGION RH 36	SUBREGIONES			REGION RH 36	SUBREGIONES		
		ALTA	MEDIA	BAJA		ALTA	MEDIA	BAJA
Pendiente (grados)	Superficie Lambert (km²)				Porcentaje			
1 < 0.5	4582	93	75	4415	5	0	0	15
2 0.5 / 2.5	11252	1049	2264	7939	12	3	7	27
3 2.5 / 6.0	16865	4049	7162	5655	18	13	23	19
4 6.0 / 10	16042	5659	6505	3878	18	18	21	13
5 10 / 23	26648	12644	8913	5091	29	41	29	17
6 23 / 45	13816	6763	4757	2296	15	22	15	8
7 45 / 72	2319	844	1124	350	3	3	4	1
Total	91525	31102	30799	29624	100	100	100	100
Litología								
1 End. masivos	3241	1319	1678	243	4	4	5	1
2 End. en banc.	14663	78	8236	6349	16	0	27	21
3 Conglomerad.	6082	4474	1481	126	7	15	5	0
4 Conglo. ciment.	1858	0	357	1501	2	0	1	5
5 Alternancias	6847	198	4547	2101	8	1	15	7
6 Erup. heterog.	26483	22835	3544	103	29	74	12	0
7 Blandos	73	0	73	0	0	0	0	0
8 Suelos	31856	1924	10770	19162	35	6	35	65
Total	91101	30829	30686	29586	100	100	100	100
Edafología								
1 Sup. líticos	15118	2085	5466	7567	17	7	18	26
2 Sup. regos.	984	258	48	678	1	1	0	2
3 Alternancias	18099	5515	10027	2557	20	18	33	9
4 Poco prof.	16465	9273	6029	1163	18	30	20	4
5 Medios prof.	19115	11950	3771	3395	21	39	12	11
6 Prof. text. mcd.	14052	1623	3732	8697	15	5	12	29
7 Prof. arcillosos	7592	318	1671	5603	8	1	5	19
Total	91423	31020	30744	29659	100	100	100	100
Vegetación								
- Lagos	61	33	28	0	0	0	0	0
1 Bosque	13308	12886	422	0	15	41	1	0
2 Chaparral	2500	1825	658	17	3	6	2	0
3 Pastizal	10121	7041	2155	925	11	23	7	3
4 Riego	4854	233	827	3794	5	1	3	13
5 Temporal	6481	3214	3049	218	7	10	10	1
6 Mat. mic.	30465	3859	11608	14998	33	12	38	51
7 Nopalera	4524	1665	2859	0	5	5	9	0
8 Mat. rosetóf.	17813	169	8731	8913	20	1	28	30
9 Mat. submont.	436	130	306	0	0	0	1	0
10 Sin veget.	665	0	5	660	1	0	0	2
- Ciudades	75	0	3	72	0	0	0	0
Total	91303	31054	30652	29598	100	100	100	100



Mapa 12. Principales unidades de Uso del Suelo en la RH 36.

6 - ELABORACION DEL S.I.G.

6.1 - PRIMER CRUCE PENDIENTES - LITOLOGIA - EDAFOLOGIA

Las primeras clasificaciones efectuadas en relación a los **tres temas físicos** y la **ocupación del suelo**, permitieron la siguiente diferenciación:

- **7 clases de pendientes** relacionadas a diferentes morfologías.
- **8 clases litológicas** basadas en criterios de estructura y de endurecimiento de rocas y materiales geológicos.
- **7 clases de suelos** basados en criterios físicos de profundidad, textura, pedregosidad y endurecimiento.
- **12 tipos de uso de suelo**, que fueron reducidos a 10 debido a la exclusión de "los lagos", constituidos por los embalses de presa, (principalmente: Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco), y de las "localidades" constituidas por los tres núcleos urbanos más importantes en la RH36 (Torreón, Gómez Palacio y Lerdo).

El cruce de los dos primeros temas dio lugar a una división de la Región Hidrológica en **56 unidades de Litotopografía**, las cuales se muestran en el Cuadro 11.

Mediante transposición de dichas unidades con los 7 tipos edafológicos se diferenciaron **392 combinaciones** posibles de paisajes (Cuadro 11).

Una primera selección en la que se eliminan las combinaciones de superficies menores a 0.7 km^2 , permite tener **286 combinaciones representativas** del medio físico de la RH36, antes de integrar el tema uso del suelo y vegetación.

La importancia de este número de unidades diferentes, descarta evidentemente la posibilidad de efectuar en cada una de ellas experimentaciones hidrológicas. Sin embargo, dichas unidades fueron catalogadas y analizadas estadísticamente para el conjunto de la RH36 y para cada una de sus tres subregiones. En este caso se consideraron las siguientes variables:

- superficie total de cada combinación,
- número de unidades,
- superficie media,
- desviación estándar,
- superficies mínima y máxima de cada unidad.

La interpretación detallada de todos estos datos anteriores así como el establecimiento de ciertas analogías o diferencias permitieron efectuar reagrupamientos que sirvieron a la elaboración de un segundo nivel de clasificación.

6.2 - SEGUNDA CLASIFICACION

1 - Pendientes: las siete clases iniciales de pendiente fueron reagrupadas en las siguientes cuatro grandes categorías (Mapa 8 y Cuadro 8):

- Clase 0 - 0.5 grados: ésta representa los valles y las bajadas de escasa pendiente.
- Clase 0.5 - 6 grados: comprende la mayoría de las bajadas hasta su fusión con el pie de monte.
- Clase 6 - 45 grados: están comprendidas todas las vertientes y las lomas.
- Clase 45 - 72 grados: las cornisas y pendientes abruptas de rocas que afloran.

2 - Rocas y materiales geológicos: en base a criterios de endurecimiento, las siete clases iniciales fueron reagrupadas en tres grandes categorías (Mapa 9 y Cuadro 8):

- Rocas endurecidas (rocas endurecidas cimentadas masivas, en bancos y conglomerados cimentados).
- Materiales heterogéneos (alternancias estratificadas, materiales eruptivos muy heterogéneos, conglomerados).
- Materiales blandos (suelos y materiales geológicos blandos).

Es posible referirse a la clasificación anterior con el fin de conocer las proporciones de un determinado tipo de estructura (masiva, en banco, heterogénea), que se encuentre al interior de cada una de estas tres nuevas categorías.

3 - Suelos: las siete clases iniciales fueron reagrupadas en las tres siguientes categorías al considerarse el criterio de profundidad (Mapa 10 y Cuadro 8):

- Suelos superficiales, (superficiales líticos, regosólicos y alternancias).
- Suelos semi profundos, (poco profundos, semi profundos, líticos, pedregosos y petrocálcicos).
- Suelos profundos, (profundos, textura media o arcillosa).

La proporción de la superficie representada por una determinada característica física (tal como la textura, pedregosidad, presencia de una costra calcárea, *caliche*, etc.), puede igualmente encontrarse en la clasificación anterior.

Cuadro 8. Repartición de los tres temas físicos del medio natural en la RH 36 y en sus tres subregiones.

	Región	Subregiones				Región	Subregiones		
	RH 36	Alta	Media	Baja		RH 36	Alta	Media	Baja
Pendientes (grados)	Superficie en km ²					Porcentaje de superficie			
0.0 - 0.5 °	4559	81	71	4406		5,0	0,3	0,2	14,9
0.5 - 6.0 °	28036	5066	9397	13573		30,8	16,4	30,6	45,9
6.0 - 45.0 °	56428	24946	20203	11279		61,8	80,6	65,8	38,1
45.0 - 72.0 °	2181	843	1025	313		2,4	2,7	3,3	1,1
Total	91204	30937	30696	29571		100	100	100	100
Materiales geológicos									
Endurecidos	23006	2483	11340	9183		25,4	8,0	37,0	31,1
Heterogéneos	39093	26563	9772	2758		42,5	85,9	31,8	9,3
Blandos	29105	1891	9584	17630		32,1	6,1	31,2	59,6
Total	91204	30937	30696	29571		100	100	100	100
Suelos									
Superficiales	25917	3055	12806	10056		28,4	9,9	41,7	34,0
Medios	43610	25947	12524	5139		47,8	83,9	40,8	17,4
Profundos	21676	1935	5366	14376		23,8	6,3	17,5	48,6
Total	91204	30937	30696	29571		100	100	100	100

6.3 - SEGUNDO CRUCE Y DEFINICION DE LAS UNIDADES FISICAS

En base a esta segunda clasificación se pudo obtener tres planos de información del medio físico que comprenden en total 10 grandes clases: 4 clases de pendiente, 3 clases litológicas y 3 clases edafológicas (Cuadro 8).

El cruce de dichas clases debe, en teoría, dar como resultado **36 unidades físicas de paisaje**. Sin embargo, en el SIG *Savane* esta transposición revela que 4 de ellas no están representadas en la RH36, por ejemplo algunas unidades con pendientes de 45 a 72 grados, que corresponden a situaciones físicamente imposibles para el desarrollo de suelos profundos (Cuadro 9). A continuación se presentan estas 4 unidades que no fueron encontradas en la RH36 en la escala de este estudio:

- La unidad de pendiente de 0.5 a 6 grados, con suelos superficiales sobre materiales blandos (**F1**).
- La unidad de pendiente de 45 a 72 grados, con suelos profundos sobre materiales endurecidos (**J3**).
- La unidad de pendiente de 45 a 72 grados, con suelos superficiales sobre materiales heterogéneos (**K1**).
- La unidad de pendiente de 45 a 72 grados, con suelos superficiales sobre materiales blandos (**L1**).

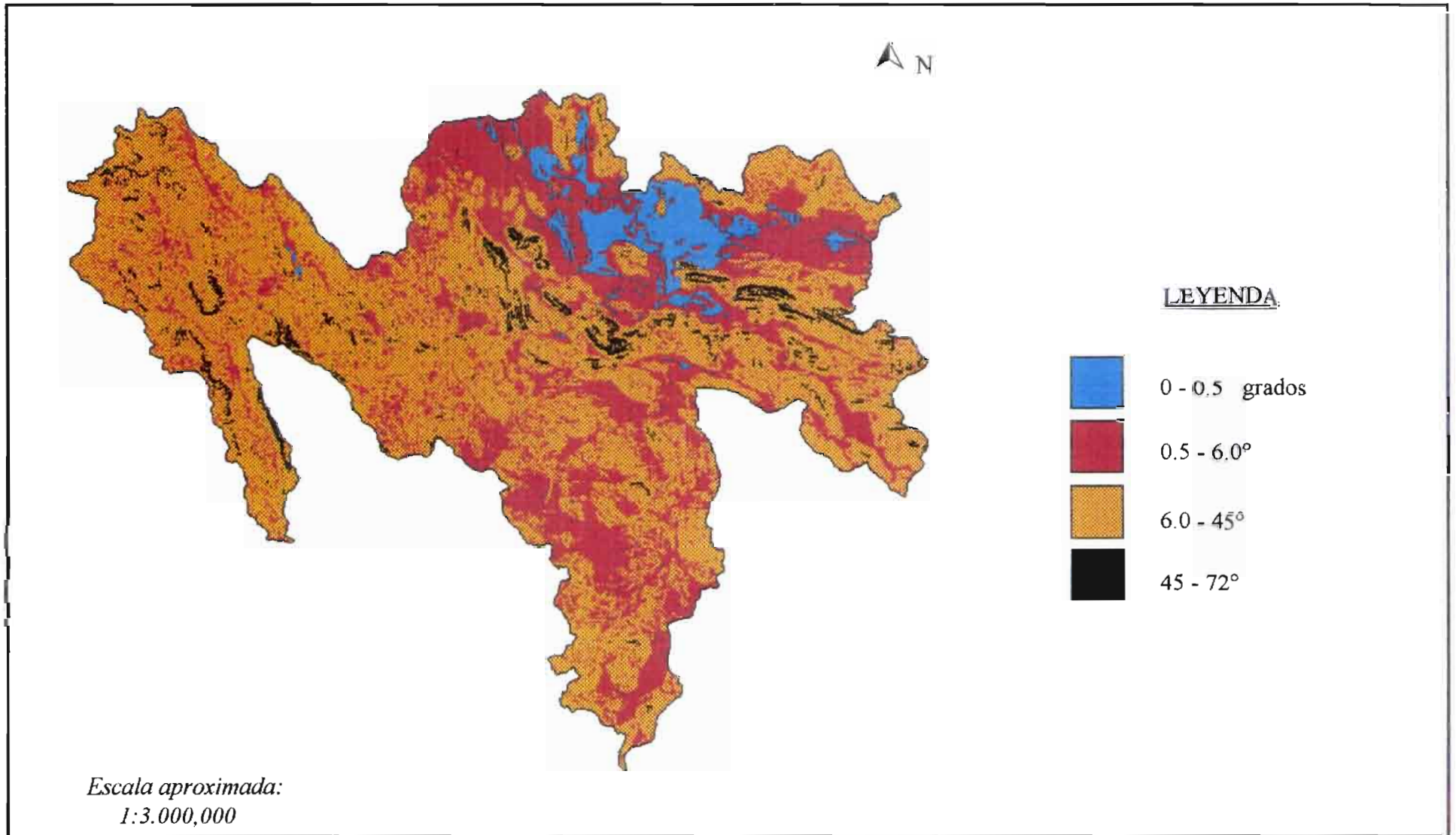
Las **32 unidades** restantes y realmente reconocidas en la RH36 aparecen en el Cuadro 9 y fueron numeradas desde **A1, A2, A3, B1, B2, B3...** hasta **L1, L2, L3**. Se realizó un análisis estadístico de estas unidades mismo que permitió establecer la siguiente información:

- la superficie global de cada una de ellas,
- el número de unidades del mismo tipo encontrado,
- la superficie media de cada unidad,
- la desviación estándar,
- los coeficientes de variación.

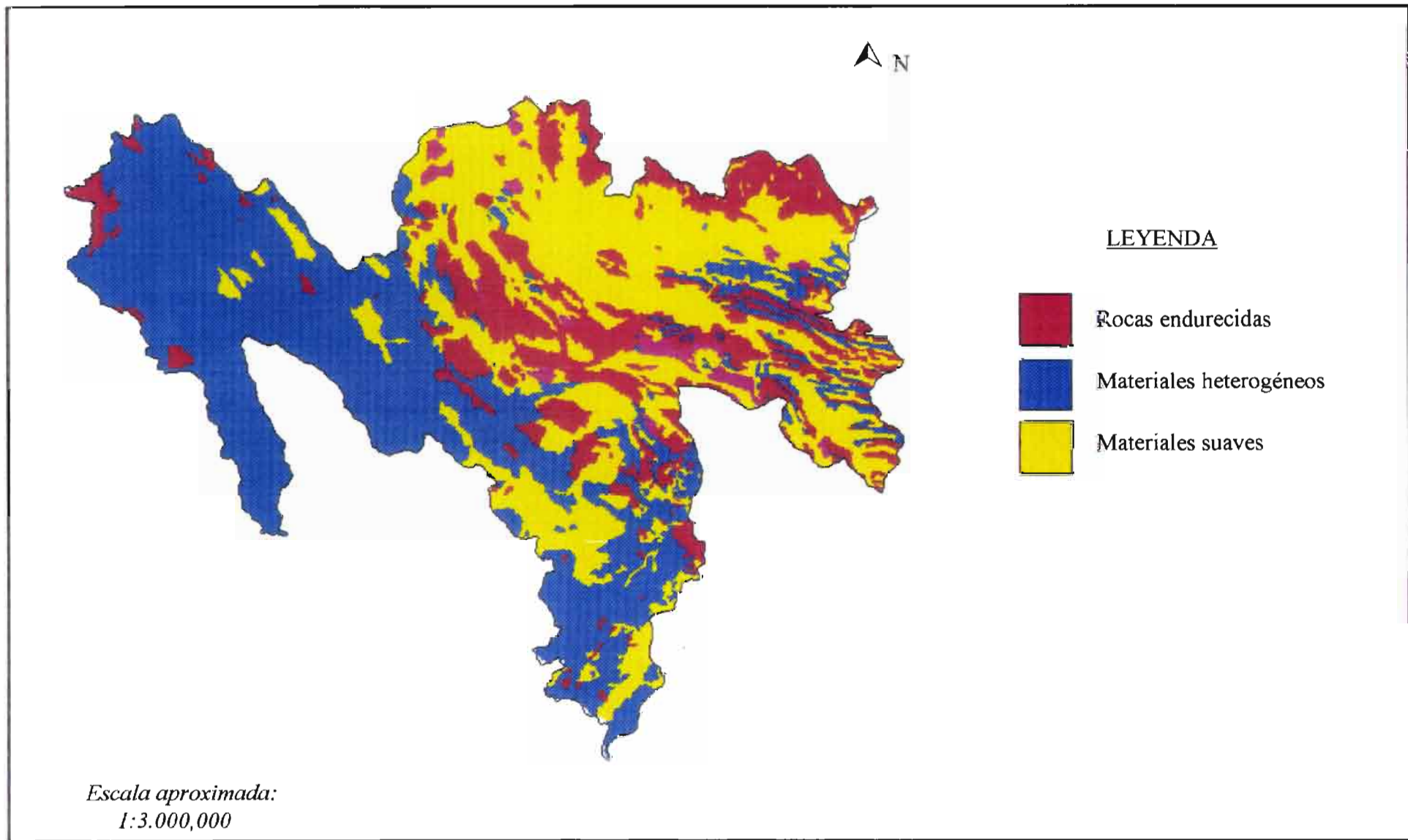
La clasificación de las diferentes unidades por superficies decrecientes (Cuadro 10), así como la interpretación de los datos estadísticos anteriores, revelan que algunas de estas 32 unidades son, de manera global, reducidas en lo que a superficie se refiere, encontrándose también muy fraccionadas. Debido a que su débil representatividad y por consiguiente al papel que desempeñan en el funcionamiento hídrico global de la RH36, dichas unidades no fueron consideradas en la tipología. El límite inferior de la superficie fue fijado de manera arbitraria en 100 km² acumulados en el conjunto de la RH36, lo que provocó la exclusión de 11 unidades del Cuadro 9, (**A2, B1, B3, L3, K3, L2, C2, J2, A1** e incluso la unidad **A3**).

Como consecuencia de esta primera selección, **21 unidades físicas** resultaron ser las más representativas de los paisajes de la región tal como se muestra en el Cuadro 10, describiéndose a continuación tres de las más sobresalientes:

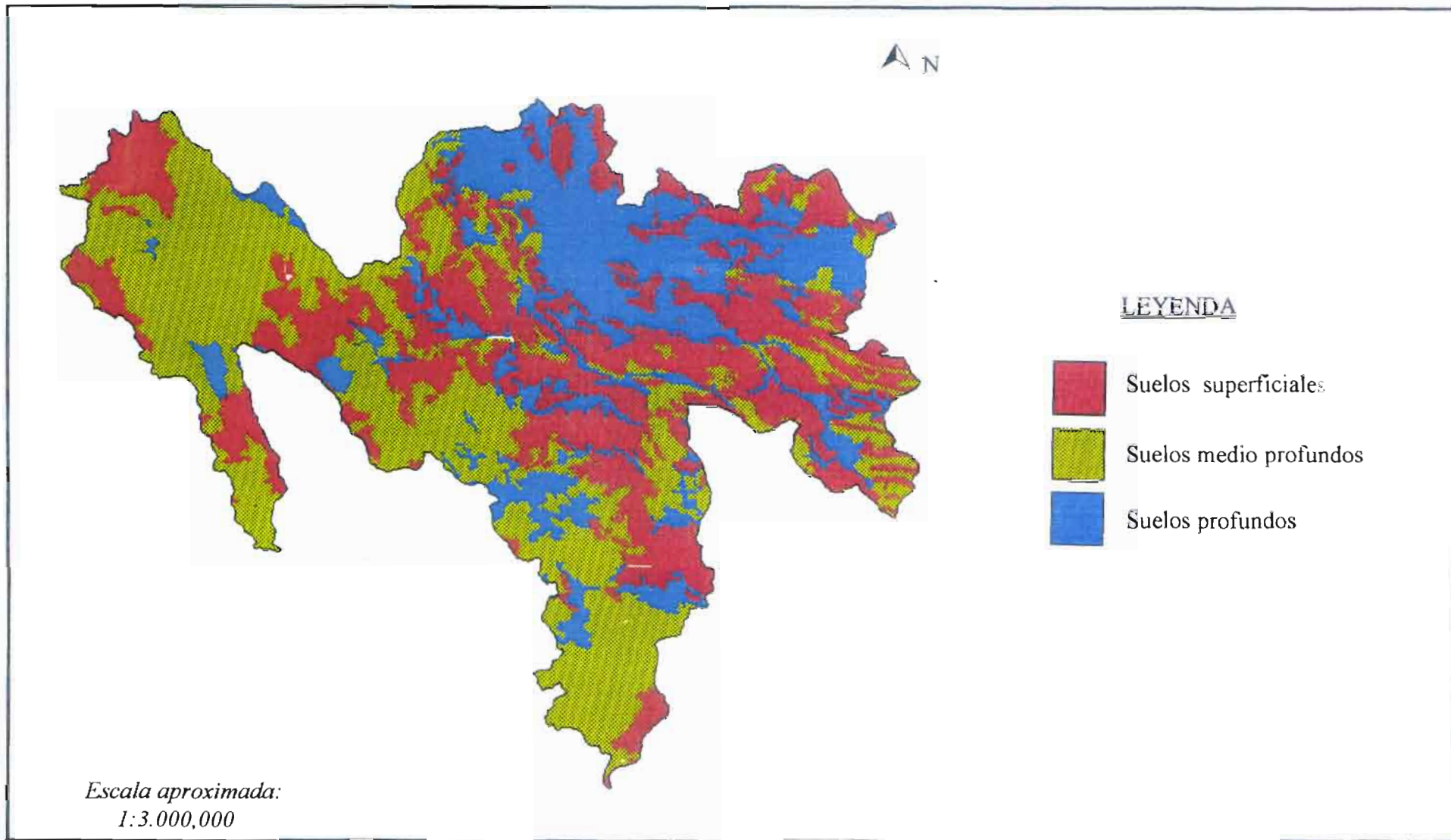
- **La unidad H2**, suelos de profundidad media sobre materiales heterogéneos diferenciados sobre vertientes de pendientes pronunciadas, es la más ampliamente representada en la RH36 con 22,984 km², en particular en la subregión alta con 19,197 km². Lo anterior debido a los importantes afloramientos de *toba* eruptiva muy heterogénea (cenizas, tobas, bloques, brechas, etc.).
- La distribución de cada una de estas unidades en las subregiones revela por otra parte que en la subregión media la **unidad G1** (6,234 km²), es por el contrario la que predomina (suelos superficiales sobre materiales geológicos endurecidos, *calizas, areniscas, granitos, dioritas, basaltos y riolitas*), diferenciados sobre vertientes de pendientes pronunciadas.



Mapa 8. Segunda clasificación de las pendientes en la RH 36.



Mapa 9. Segunda clasificación de las Rocas y Materiales en la RH 36.



Mapa 10. Segunda clasificación de los suelos en la RH 36.

- En la subregión baja, los suelos profundos, sobre materiales aluviales coluviales blandos y diferenciados sobre pendientes poco pronunciadas, son evidentemente los mejor representados (**unidad F3** con 7,882 km²).

Estos 21 conjuntos de paisaje fueron trazados en un mapa general a una escala aproximada de 1:3 000 000, pudiendose observar las grandes líneas de su distribución espacial en el marco de la RH36 (Mapa 11).

Cada una de estas unidades es por otra parte objeto de una localización por separado y de una descripción detallada una vez integrado el componente "*uso del suelo*"; el análisis de la distribución y de la organización de cada una de ellas dentro de la RH36 constituye la segunda parte del presente estudio.

El organigrama del Cuadro 11 resume el procedimiento global del trabajo de construcción de la base de datos, de la clasificación y de la transposición mediante enfoques sucesivos para la elaboración del Sistema de Información Geográfica de la RH36.

Cuadro 9. Presentación de las unidades físicas de paisaje en la RH 36.

MATERIALES	SUELOS	RANGOS DE PENDIENTES en grados			
		< 0.5	0.5 - 6	6 - 45	45 - 72
Endurecidos	superficiales	A1	D1	G1	J1
	semiprofundos	A2	D2	G2	J2
	profundos	A3	D3	G3	-
Heterogéneos	superficiales	B1	E1	H1	-
	semiprofundos	B2	E2	H2	K2
	profundos	B3	E3	H3	K3
Blandos	superficiales	C1	-	I1	-
	semiprofundos	C2	F2	I2	L2
	profundos	C3	F3	I3	L3

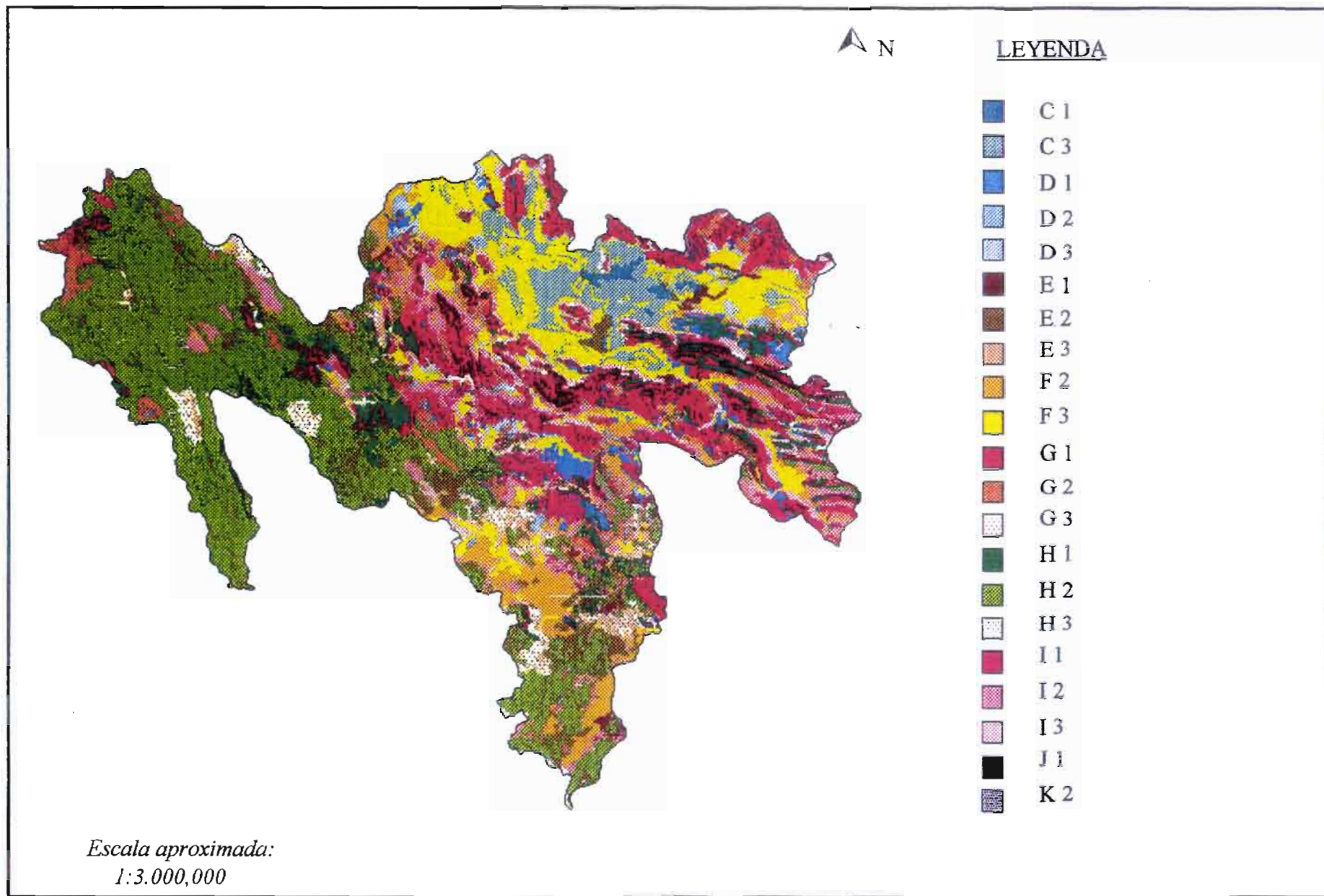
C1: superficie total > 100 km²

A1: superficie total < 100 km²

- : superficie nula

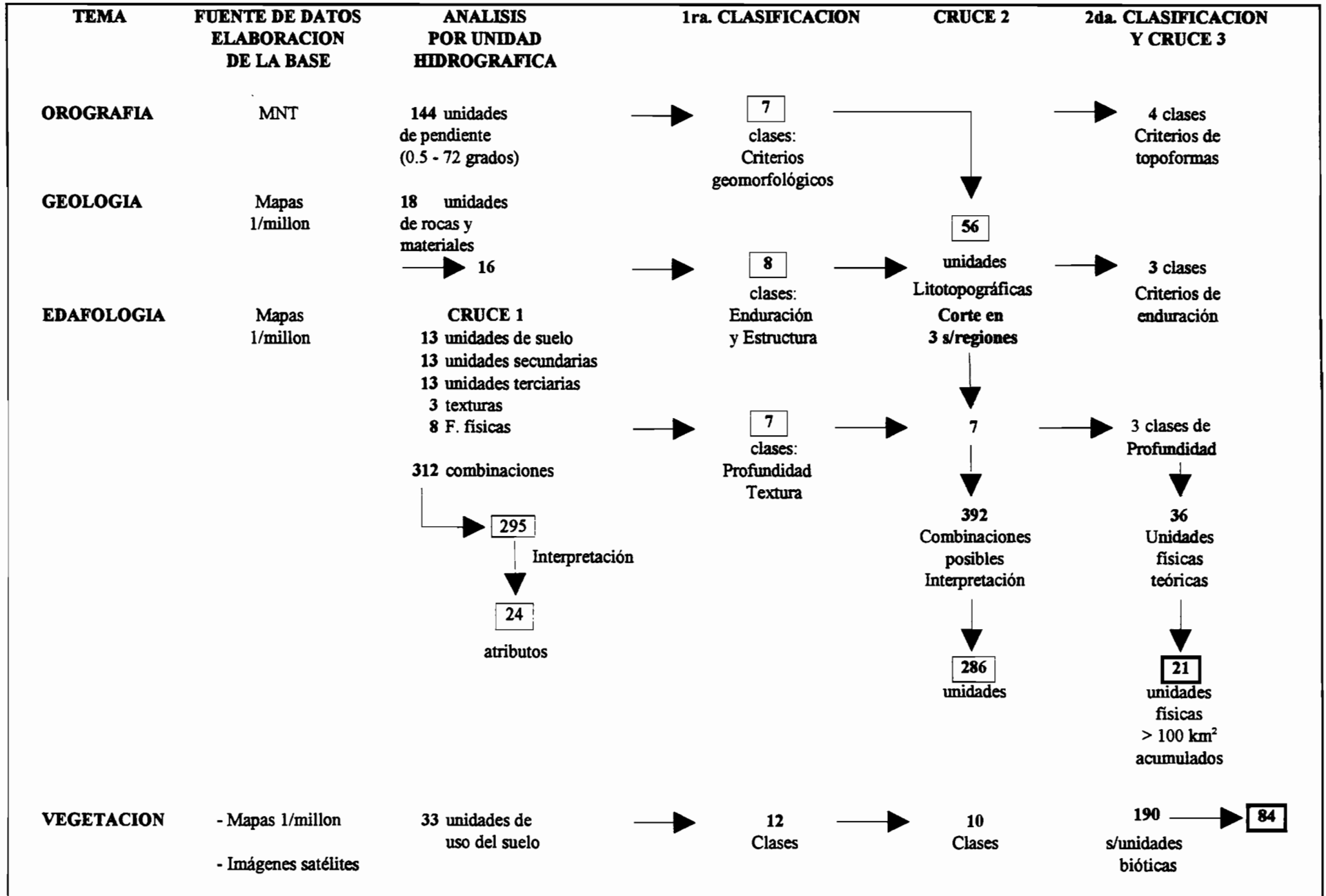
Cuadro 10. Superficies y porcentajes ordenados de las unidades de paisaje por subregión.

RH 36		Alta	Media	Baja	RH 36		Alta	Media	Baja		
Unidad	Superficie en km ²						Porcentaje %				
H2	22984	H2	19197	G1	6234	F3	7882	25,2	62,1	20,3	26,7
G1	12046	E2	3657	H2	3475	G1	4990	13,2	11,8	11,3	16,9
F3	9721	H1	1509	I2	2728	C3	3727	10,7	4,9	8,9	12,6
E2	5819	H3	1197	F2	2564	F2	1678	6,4	3,9	8,4	5,7
I2	5093	G2	997	H1	2210	D1	1600	5,6	3,2	7,2	5,4
F2	4786	I2	952	F3	1722	I2	1413	5,2	3,1	5,6	4,8
H1	4647	G1	823	E2	1612	I3	1236	5,1	2,7	5,3	4,2
C3	3743	F2	544	G2	1612	I1	1137	4,1	1,8	5,3	3,8
G2	3357	K2	416	I1	1480	H1	927	3,7	1,3	4,8	3,1
D1	3075	E3	410	D1	1378	G2	747	3,4	1,3	4,5	2,5
I1	2698	J1	400	H3	1073	D3	623	3,0	1,3	3,5	2,1
I3	2431	I3	172	I3	1022	E1	559	2,7	0,6	3,3	1,9
H3	2392	E1	121	J1	917	E2	550	2,6	0,4	3,0	1,9
J1	1597	F3	117	E3	786	C1	518	1,8	0,4	2,6	1,8
E3	1468	D2	117	E1	570	D2	410	1,6	0,4	1,9	1,4
E1	1250	D1	96	D2	421	G3	394	1,4	0,3	1,4	1,3
D3	970	I1	81	G3	369	H2	311	1,1	0,3	1,2	1,1
D2	948	B2	35	D3	344	J1	280	1,0	0,1	1,1	0,9
G3	782	A1	20	J2	42	E3	272	0,9	0,1	0,1	0,9
C1	522	G3	18	L2	26	H3	122	0,6	0,1	0,1	0,4
K2	439	C2	17	K2	23	A3	91	0,5	0,1	0,1	0,3
A3	104	K3	13	C3	16	A1	43	0,1	0,0	0,1	0,1
A1	73	J2	7	C2	14	C2	16	0,1	0,0	0,0	0,1
J2	52	L2	6	A3	13	L3	16	0,1	0,0	0,0	0,1
C2	47	B1	4	A1	10	L2	8	0,1	0,0	0,0	0,0
B2	43	D3	3	L3	10	K3	7	0,0	0,0	0,0	0,0
L2	39	B3	3	K3	8	B3	6	0,0	0,0	0,0	0,0
K3	28	A2	1	B2	8	J2	3	0,0	0,0	0,0	0,0
L3	26	C3	1	B1	4	B1	3	0,0	0,0	0,0	0,0
B3	11	L3	1	C1	4	A2	2	0,0	0,0	0,0	0,0
B1	11	C1	0	B3	2	B2	1	0,0	0,0	0,0	0,0
A2	4	A3	0	A2	1	K2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
K1,F1,L1,J3	0	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-
	91204	30937		30696		29571	100,0	100,0	100,0	100,0	



Mapa 11. Principales unidades de paisaje en la RH 36.

Cuadro 11. Diagrama de flujo para la elaboración del S. I. G.



6.4 - INTEGRACION DE LA VEGETACION AL S.I.G.

La primera clasificación obtenida como resultado de la reagrupación de **33 unidades** iniciales de vegetación, permitió señalar las **12 principales formaciones vegetales** representativas de la RH36 (Cuadro 7).

El *matorral desértico micrófilo* es el grupo vegetal más ampliamente representado, debido a que cubre una tercera parte de la superficie total de la RH36 con 30,465 km².

Por el contrario, las unidades *lagos*, con 61 km², que corresponden a los embalses de las presas y *localidades* (75 km²), esencialmente los núcleos urbanos de Torreón-Gómez Palacio y Lerdo, representan una superficie de escasa importancia, por lo que no fueron consideradas en los procedimientos.

El cruce de los **10 tipos de formaciones vegetales** restantes, con las 21 unidades físicas anteriormente catalogadas, da como resultado **210 posibilidades teóricas de conjuntos de paisaje**.

El análisis de los resultados de dicha transposición conduce, en primer lugar, a excluir todas las unidades de vegetación que no se encuentran representadas en la región y, posteriormente, a descartar todas aquellas cuya superficie total acumulada sea inferior a los 100 km² acumulados. El resultado de esta selección, para el conjunto de las 21 unidades físicas inventariadas, arroja **84 subunidades vegetales**, lo que corresponde -con arreglo a los casos- de 1 a 7 subunidades vegetales distintas para cada una de ellas.

Su distribución en cada una de las unidades físicas de paisaje para la RH36 y sus tres subregiones aparece en la segunda parte del estudio.

Segunda parte

DISTRIBUCION Y ORGANIZACION DE LAS UNIDADES DE

PAISAJE

EN LA REGION HIDROLOGICA 36

1 - INTRODUCCION

Las 21 unidades de paisaje identificadas en el conjunto de la RH36 (Cuadro 9), fueron trazadas por separado en un mapa distinto, lo que permite resaltar su importancia así como su ubicación en el espacio. Cada una de estas unidades será objeto, en esta segunda parte, de un análisis a nivel de su estructuración y de su organización particular. Las diferentes combinaciones espaciales jerarquizadas que puedan existir entre estas unidades simples serán igualmente abordadas. Se analizarán únicamente las 21 unidades más representativas, es decir, aquellas que cubren más de 100 km² de superficie acumulada dentro de la RH36. Estas 21 unidades, con una superficie total de 90,766 km², representan el 99.5 por ciento de la RH36. Las 12 pequeñas unidades restantes, que se encuentran escasamente representadas y que ocupan por su parte una superficie total de 437 km², se encuentran muy fragmentadas y no fueron tomadas en cuenta dentro de esta caracterización (Cuadro 10).

Este procedimiento analítico obligó a reconsiderar las diferentes características temáticas del medio, las cuales se sintetizaron cuando se llevaron a cabo las clasificaciones en base a los enfoques sucesivos y la traslapación de la información.

Debido a que en este análisis descriptivo se consideró la distribución espacial de los diferentes factores (pendientes, litologías, suelos y ocupación de los suelos), de manera muy detallada (análisis temáticos y clasificaciones preliminares), no existe siempre una correspondencia exacta entre los totales de las superficies de la región y subregiones para los diferentes temas analizados. De esta forma, pueden existir pequeñas diferencias que están vinculadas con la densidad de los límites del factor cartografiado, y cuyas superficies son posteriormente evaluadas en el sistema de procesamiento.

En lo que se refiere a los tipos de suelos representativos de las diferentes unidades de paisaje, se llevó a cabo una estimación de la humedad correspondiente a la capacidad de retención en función de su textura. De una manera general, existe una correlación significativa entre la textura y la tasa de humedad de un suelo con un pF determinado. Con el fin de establecer en laboratorio esta humedad, que corresponde a la capacidad de retención hídrica, se aplican generalmente diferentes valores:

- pF 2.5 para las texturas gruesas
- pF 2.7 para las texturas medianas
- pF 3.0 para las texturas más finas

En base a correlaciones establecidas por varios autores sobre los suelos en general (Dancette et Maertens, 1974; Jamagne, 1977; Baize, 1988; Bruand *et al*, 1996), se eligieron los siguientes valores promedio de la humedad correspondiente a la capacidad de retención para las tres clases de textura:

Textura	Humedad Ponderal %
Arcilloso	35
Arcilloso-limoso	31
Limoso-arcilloso fino	27
Limoso-arcilloso	23
Limoso	22
Arcillo-arenoso	21
Limoso-arcillo-arenoso	16
Limoso-arenoso	14
Areno-arcilloso	13
Areno-limoso	12
Muy arenoso	6

En base a una correspondencia establecida con los tres grandes tipos texturales identificados en el estudio edafológico original, los valores límites de humedad con capacidad de retención que fueron considerados son los siguientes:

Textura gruesa	< 14 % de humedad ponderal
Textura mediana	14 a 27 % de humedad ponderal
Textura fina	27 a 35 % de humedad ponderal

En base a estos datos, la **capacidad potencial de reserva de agua (RT)** y la **reserva útil (RU)** se calcularon en milímetros, considerando la capacidad de retención, CR, el PMP para cada tipo de suelo, y una de las **siete categorías de profundidad (z: de P1 a P7)**, en la que dicho suelo fue catalogado. La **densidad aparente** utilizada fue de 1.6 (promedio de 222 muestras en la RH36) en el caso de la tierra fina:

$$RT = \sum z (CR\% * da) \quad (1)$$

$$RU = \sum z (CR\% - PMP\%) * da \quad (2)$$

Esta capacidad máxima de reserva de agua de los diferentes suelos constituye un factor indicativo de su **comportamiento potencial** en relación a la dinámica hídrica interna. Resulta evidente que diversos factores intervienen en la distribución del agua, ya sea interna por infiltración, o externa por escurrimiento superficial (cantidades e intensidades de las lluvias, pendientes, permeabilidad de los suelos y materiales, estado de superficie y uso de los suelos...). Debido a esto, la información define una potencialidad máxima de los suelos para el agua que puede considerarse dentro del conjunto de factores internos que favorecen la infiltración, o por el contrario, los escurrimientos superficiales.

El problema principal en estas zonas montañosas es la presencia permanente de elementos pétreos, los cuales al mezclarse con la tierra fina de los suelos modifican, en función de su abundancia y de su naturaleza petrográfica, las características hídricas y térmicas de los suelos. En particular reducen su capacidad de reserva total en agua (RT) disminuyendo el volumen útil de almacenamiento (RU), y también incrementan la evaporación por recalentamiento del suelo (Gras, 1994; Bruand *et al.*, 1996).

2 - DESCRIPCION DE LAS 21 UNIDADES DE PAISAJE REPRESENTATIVAS.

UNIDAD C1

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES INFERIORES A 0.5 GRADOS

Esta unidad de paisaje cubre 522 km² en la RH36, localizados únicamente en la parte baja de la *Laguna* y divididos en un pequeño número de unidades espaciales:

RH 36:	Alta	Media	Baja
522 km ²	0	4	518

Los suelos representativos de esta unidad son *Regosoles* sobre esparcimientos arenosos que son transferidos, en ciertos lugares, por los vientos creando microtopoformas que semejan dunas.



Pueden estar asociados con algunos suelos más profundos de tipo *Yermosol*, o verse afectados en determinadas situaciones por manifestaciones salinas (*Solonchaks*), vinculadas con altos niveles freáticos. Estos suelos no presentan una fase física particular (*sin fase*), y su característica principal es su textura gruesa (arenosa, areno-limosa, areno-arcillosa).

Esta unidad de paisaje está representada principalmente en la región de San Pedro de las Colonias, al oeste de la Laguna de Mayrán, en donde se encuentra en prolongación con suelos aluviales más evolucionados (unidad C3).

En este caso, el material original y el suelo superficial, poco evolucionado, son muy similares y pueden compararse a un soporte continuo en lo que a sus capacidades hídricas se refiere. Se puede estimar que la capacidad de retención de estos suelos ligeros es de cerca de 10 por ciento de humedad ponderal, lo que le otorga una capacidad de almacenamiento total del orden de 16 mm por 10 cm de profundidad (RU de 5 mm). De esta forma, 1.50 metro suelo sería suficiente para el almacenamiento de la lluvia anual promedio en esta unidad de la zona árida (280 mm), esto sin tomar en cuenta una humedad residual -insignificante- y una distribución interna irregular debido a que está influida por la topografía de la superficie de los suelos.

Desde el punto de vista del uso del suelo, las formaciones vegetales más frecuentes son el *Matorral espinoso* y el *Matorral desértico arenoso* (Tarín, 1993) que se distribuyen en una superficie de 436 km², asimismo, se pueden encontrar áreas diseminadas sin vegetación debido al índice de salinidad y que representan 39 km². Finalmente, las escasas zonas de cultivos de irrigación ocupan 33 km².

En el terreno funcional se puede considerar que este modelo de paisaje no contribuye en modo alguno en la producción de escurrimientos superficiales, debido principalmente a la textura gruesa de los materiales y a la ausencia de pendiente. Estos dos factores privilegian las infiltraciones, a excepción de las escasas redistribuciones superficiales locales que pueden ser inducidas mediante la micro topografía de la superficie de los suelos.

Las observaciones hidrológicas no deben considerar este sistema debido a que su contribución a la formación de escurrimientos es nulo a la escala de la Región Hidrológica.

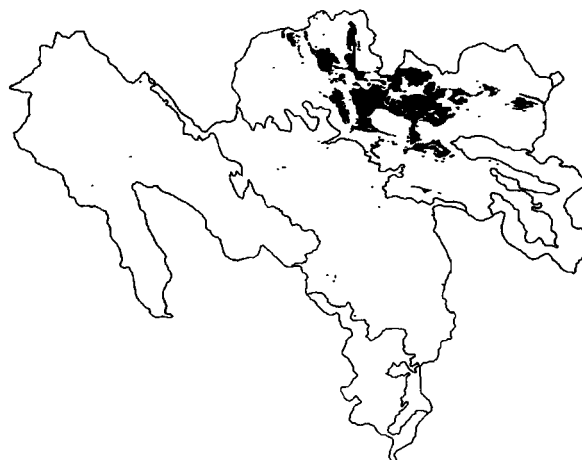
UNIDAD C3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES INFERIORES A 0.5 GRADOS

Esta unidad de paisaje, con superficie importante de 3,743 km² de la RH36, se encuentra igualmente representada en forma exclusiva en la subregión baja con 3,727 km² distribuidos en tan sólo dos grandes conjuntos espaciales.

RH 36:	Alta	Media	Baja
3,743 km ²	-	16	3,727

Se trata de suelos profundos (> 120 cm), representados por *Yermosoles* dominantes, *Xerosoles* y algunos *Solonchaks*.



Se desarrollan únicamente sobre aluviones cuaternarios en la parte baja de la Laguna, y no presentan fase física particular. Las únicas variaciones edafológicas se refieren a su textura compartida en 2,435 km² de suelos de textura media y 1,724 km² de suelos arcillosos. Esta característica debería influir en la capacidad de almacenamiento de agua.

En lo que a ocupación vegetal se refiere, esta unidad de paisaje se encuentra repartida entre el *Matorral desértico micrófilo subinerme*, los cultivos forrajeros irrigados, las áreas sin vegetación y el pastizal halófilo.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,850 km ²	0	2	1,848
<i>Riego</i>	1,526	0	6	1,500
<i>Sin vegetación</i>	244	0	0	244
<i>Pastizal</i>	123	1	4	118

Esta unidad de paisaje de planicie está representada al este de Gómez Palacio en la subcuenca hidrográfica de la Laguna de Mayrán.

Su función en la dinámica hídrica superficial debe ser muy limitada, teniendo únicamente una función interna como depósito de los escurrimientos que provienen de las escasas bajadas sobreyacentes. Se trata muy frecuentemente de una unidad poco funcional desde el punto de vista hidrológico.

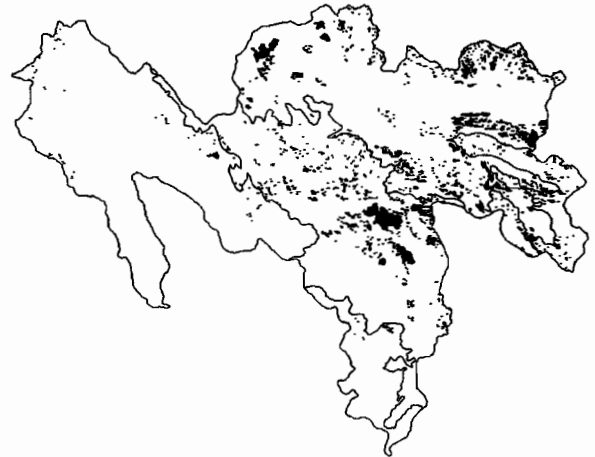
UNIDAD D1

SUELOS SUPERFICIALES DIFERENCIADOS SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS Y SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Esta unidad de paisaje cubre un total de 3,075 km² de la RH36, o sea el 3.4 por ciento de su superficie:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
3,075 km ²	96	1,378	1,600

Presenta un gradiente de repartición creciente desde la subregión más alta hasta la subregión baja, debido a la conjunción de dos factores.



Por una parte, el endurecimiento más pronunciado de las rocas, por la otra, una menor agresividad del clima con respecto a las alteraciones y evolución de los suelos en las zonas áridas y semiáridas.

Este conjunto, distribuido únicamente en las subregiones baja y media, se encuentra muy fragmentado. Sin embargo, algunas unidades pueden ocupar un espacio mucho más extenso, en particular en la región de Simón Bolívar (subcuenca La Flor).

Las superficies de las dos subcategorías de pendientes identificadas, reflejan un claro predominio de las bajadas más inclinadas, estando distribuidas en las tres subregiones de la manera siguiente:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente 0.5 a 2.5 grados</i>	778 km ²	47	280	451
<i>Pendiente 2.5 a 6.0 “</i>	2,289	51	1,088	1,150

Los materiales geológicos representativos de estos paisajes están divididos en rocas endurecidas masivas (*basaltos* principalmente), o en bancos (*calizas*) y *conglomerados cimentados* (El Jaralito, al noroeste de Gómez Palacio).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Conglomerados cimentados</i>	1,630 km ²	10	754	866
<i>Endurecidos en bancos</i>	1,104	0	437	667
<i>Endurecidos masivos</i>	334	86	197	51

Los suelos que les corresponden son de escasa profundidad (del orden de 20 cm), de tipo *Litosoles*, ya sea sobre roca dura (fase *lítica*), o sobre costra calcárea endurecida (fase *petrocálcica*).

En cuanto a la vegetación, dos formaciones principales ocupan estos paisajes: el *matorral micrófilo* (1,558 km²) y el *matorral rosetófilo* (1,231 km²). Este último permite, a igual densidad, una mejor cobertura del suelo debido a que la morfología de las especies presentes favorecen una mejor intercepción de las lluvias. Por otra parte, alrededor de 250 km² se encuentran ocupados por *cultivos de temporal*, *nopalera* o *pastizal*.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,558 km ²	33	855	670
<i>Matorral rosetófilo</i>	1,231	4	378	849

Desde el punto de vista de la organización secuencial estas topofomas de bajadas se encuentran, ya sea en contacto continuo con una vertiente y un pie de monte, prolongándose hacia la parte baja o bien, interrumpidas en su parte alta y desempeñando por sí solas la función de una formación de mando en lo que se refiere a los escurrimientos superficiales (como en la toposecuencia del cerro San Ignacio en la reserva de la Biósfera de Mapimí por ejemplo). En ambos casos estos conjuntos, a menudo poco permeables, deben tener una función importante debido a su probable velocidad de respuesta frente a los eventos pluviales y a su contribución en los escurrimientos.

Su capacidad de reserva hídrica es sumamente baja o nula debido al espesor de los suelos y a la gran cantidad de elementos gruesos.

UNIDAD D2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Se trata de una unidad de paisaje que representa 948 km² en el conjunto de la RH36, encontrándose principalmente en las subregiones media y alta. Su extensión promedio es de 30 a 40 km². Algunas veces con superficies más importantes (100 km²) y se localizan en la parte del Bolsón de Mapimí al noroeste de Gómez Palacio.



RH 36 :	Alta	Media	Baja
948 km ²	117	421	410

Estos conjuntos se ubican en su mayoría en la subcategoría de pendiente que tiene entre 2.5 y 6 grados de inclinación:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	175 km ²	20	70	85
<i>Pendiente 2.5 a 6.0 grados</i>	762	92	344	326

Los materiales geológicos más representados son calcáreos duros en bancos, frecuentemente recementados en superficie debido a una redistribución del carbonato de calcio (*fase petrocálcica*).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Rocas endurecidas en bancos</i>	373 km ²	3	210	160
<i>Rocas endurecidas masivas</i>	312	121	176	15
<i>Conglomerados cimentados</i>	279	0	37	242

Los suelos son básicamente *Xerosoles cálcicos*, coluviales, de profundidad media (entre 50 y 80 cm), de textura franca y con cierta pedregosidad. La presencia de elementos calcáreos gruesos disminuye notablemente su capacidad de reserva de agua. La capacidad de retención hídrica del suelo de textura media se estima en un máximo de 20 por ciento de humedad ponderal, lo que corresponde, en función de la profundidad de los suelos, de 160 a 250 mm de reserva hídrica total teórica y de 50 a 80 mm de reserva útil. Sin embargo, esta última debe ser corregida de manera significativa con la realidad, debido a la abundancia de elementos gruesos no porosos que pueden representar hasta un 50 por ciento del volumen del suelo.

Las coberturas vegetales más representativas son el *matorral desértico micrófilo* (424 km²) y el *matorral rosetófilo* (252 km²). Algunas áreas de *cultivos de temporal* (86 km²), son implantadas en esta unidad, en particular en la parte media de la Región:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	424 km ²	4	182	238
<i>Matorral rosetófilo</i>	252	1	91	160

Estos conjuntos se ubican frecuentemente en la parte alta, y son sustituidos hacia la parte baja por la unidad D3, que difiere de dichos conjuntos debido a una mayor profundidad de los suelos. Las unidades D2 cuentan con un buen drenaje lateral aun cuando su escasa capacidad de reserva debería limitar el proceso de transmisión de los flujos hídricos, mismos que deberían tener una respuesta menos inmediata que en la unidad D1. La base de los suelos, formada por una verdadera costra petrocálcica (*caliche duro*), o por una simple redistribución de carbonato de calcio, es generalmente de carácter impermeable que favorece las transferencias hídricas laterales cuando el suelo se encuentra saturado, caso poco frecuente en estas regiones, con excepción de los suelos menos profundos como los escasos *Rendzinas* de la subregión semiárida.

UNIDAD D3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Esta pequeña unidad de paisaje cuya superficie total es equivalente a la superficie de la unidad anterior D2, se encuentra únicamente en las subregiones media y, principalmente, baja.



RH 36 :	Alta	Media	Baja
970 km ²	3	344	623

Está representada en cada una de ellas por una decena de pequeños conjuntos cuyas superficies varían entre 2 y 139 km² (la superficie promedio es de 33 km²).

Las pendientes topográficas están distribuidas de manera bastante homogénea entre las dos subcategorías que corresponden a morfologías de bajadas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	440 km ²	0	108	332
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	530	3	236	291

Los materiales geológicos mejor representados son, por una parte, rocas calcáreas endurecidas en bancos con pequeñas interestratificaciones de *lútila* y en ocasiones de arenisca, como al sur de la Laguna de Mayrán, y por la otra, conglomerados cimentados por carbonato de calcio, adyacentes a relieves de *calizas*. Estos materiales geológicos se encuentran distribuidos en las subregiones de la siguiente manera:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Conglomerados cimentados</i>	320 km ²	0	45	275
<i>Rocas endurecidas en bancos</i>	546	0	222	324
<i>Rocas endurecidas masivas</i>	107	3	80	24

Los suelos representativos son relativamente profundos, del orden de un metro, y se desarrollan sobre coluviones de textura media y pedregosos. Un determinado número de ellos, constituido por coluviones de *lutita*, presenta una textura más arcillo-pedregosa:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Textura media</i>	618 km ²	0	284	334
<i>Textura arcillosa</i>	355	3	60	292

Se trata de *Yermosoles* y de *Xerosoles* en la subregión baja, y únicamente de *Xerosoles* más evolucionados en la subregión media.

La capacidad de reserva total de agua estimada sobre un metro de profundidad en suelos de textura equilibrada, es teóricamente del orden de 320 mm y la reserva útil del orden de 110 mm (C.R. : 20 por ciento de humedad ponderal). Debe ser ponderada en relación con la proporción de elementos gruesos y con la capacidad de absorción del agua que estos puedan presentar, sobre todo cuando se trata de arenisca porosa. Desde el punto de vista hídrico, la baja pluviometría anual de estas regiones debería permitir el control de la parte seca de estos suelos a una profundidad no mayor de un metro, excepto si existen aportaciones internas y laterales provenientes de la parte alta.

A nivel de la cobertura vegetal predominan por un amplio margen: el *matorral desértico micrófilo*, sobre más del 60 por ciento de la superficie y el *matorral rosetófilo*. El resto de las asociaciones se encuentran muy escasamente representadas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral desértico micrófilo</i>	603 km ²	1	221	382
<i>Matorral rosetófilo</i>	183	0	36	147

Desde el punto de vista de la organización espacial, esta unidad reúne las mismas características que la unidad D2 a la cual sucede de manera secuencial, y que se encuentra a su vez ligada generalmente con la unidad D1, situada en la parte más alta sobre las bajadas.

UNIDAD E1

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Este conjunto de paisaje cubre un total de 1,250 km² de la RH36, distribuidos principalmente en las subregiones media y baja; en esta última se encuentran menos fragmentadas y sus dimensiones son más importantes.

RH 36 :	Alta	Media	Baja
1,250 km ²	121	570	559

Se trata de unidades localizadas sobre bajadas cuya distribución, en las dos subcategorías de pendientes representativas, es la siguiente:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	456 km ²	6	140	310
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	798	114	434	250



Los materiales geológicos más representados son coluviones heterogéneos, conglomerados y lutitas en alternancia con bancos arenosos, sobre los cuales los suelos son de poco espesor, de tipo *regosólicos* que se encuentran a menudo erosionados. La parte alta del glacis, situado al pie del cerro de San Ignacio en la reserva de la Biósfera de Mapimí, es representativa de esta unidad (Delhoume, 1995).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Materiales blandos</i>	1,007 km ²	4	453	550
<i>Materiales eruptivos heterogéneos</i>	165	112	53	0
<i>Alternancias</i>	40	0	30	10
<i>Conglomerados</i>	40	6	34	0

Desde el punto de vista del uso del suelo, estos paisajes reflejan un predominio del *matorral desértico micrófilo* compuesto por la subcategoría *subinerme*, es decir, está compuesto de elementos arbustivos de pequeños foliolos. El *matorral desértico rosetófilo* se encuentra menos representado. Esta vegetación tiene una mayor cobertura del suelo y por ende mayor capacidad de intercepción de las lluvias. En la subregión semiárida algunas de estas unidades pueden incluir *cultivos de temporal* :

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	694 km ²	35	275	384
<i>Matorral rosetófilo</i>	175	1	82	91
<i>Cultivos de temporal</i>	105	10	91	4

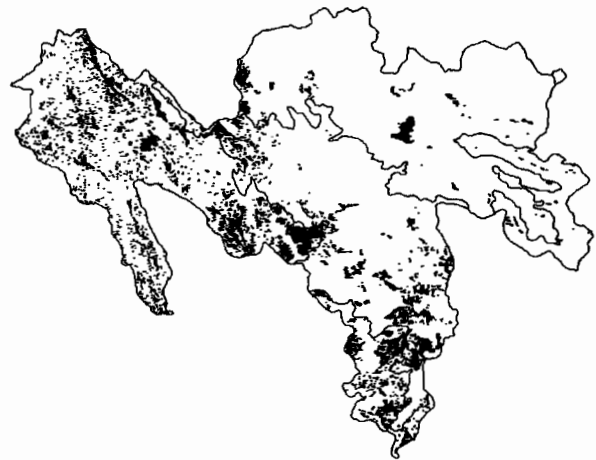
La diferencia entre esta unidad y la unidad D1 obedece a la existencia de un material más heterogéneo y de endurecimiento menos regular, el cual debería presentar un comportamiento hídrico de mayor capacidad de infiltración, retención y reserva de agua. Debido a la gran heterogeneidad de estos materiales, resulta difícil evaluar las características a esta escala de trabajo.

UNIDAD E2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Es una unidad importante, que ocupa el cuarto lugar en relación con la superficie total de la RH36. Cubre principalmente la subregión alta con 3,657 km², y en menor grado la media y la baja :

RH 36 :	Alta	Media	Baja
5,819 km ²	3,657	1,612	550



Dentro de la categoría de pendiente en la que se encuentra catalogada, la subcategoría de 2.5 a 6 grados predomina por amplio margen en relación con la subcategoría de 0.5 a 6 grados de manera global, y en particular en las subregiones alta y media.

En estas zonas la clase de 2.5 a 6 grados corresponde a la parte alta de las bajadas de conexión con las vertientes. Por el contrario, en la subregión baja predomina la subcategoría de 0.5 a 2.5 grados, la cual representa las bajadas de la pendiente menos inclinada:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	1,270 km ²	736	239	295
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	4,550	2,915	1,375	260

Este conjunto de paisaje está muy vinculado con la presencia de materiales eruptivos heterogéneos, que forman parte de la *toba* y que caracterizan a la subregión alta (2,149 km²):

	RH 36	Alta	Media	Baja
<i>Materiales eruptivos heterogéneos</i>	2,869 km ²	2,149	682	38
<i>Conglomerados</i>	1,740	1,455	278	7
<i>Alternancias estratificadas</i>	926	14	658	254
<i>Materiales blandos</i>	263	0	6	258

La característica principal de los suelos de esta unidad es su profundidad media, de 50 a 80 cm, limitada por un substrato encostrado (fase *petrocálcica*), o un endurecimiento rocoso (fase *lítica*). La textura es de tipo equilibrado con presencia de varios elementos gruesos entre guijosos y pedregosos.

- Se trata de *Feozems* y *Castañozems* en la subregión alta (valle del río Sextín, márgenes de la presa Palmito y región de Peñón Blanco); que presentan una coloración roja debida a la expresión de los óxidos de hierro que les confiere una estructura desarrollada y estable. Estos suelos son a menudo más arcillosos en sus horizontes de profundidad, debido sin duda a los aportes que resultan de un lavado y acumulación lateral (Viramontes, 1995).

- En la subregión semiárida, se trata ya sea de *Xerosoles* encostrados en profundidad, o de *Rendzinas* de fase *lítica* sobre conglomerados cimentados en mayor o en menor grado.

- En la subregión baja, una unidad de cierta importancia situada al este de Matamoros, Coahuila, se desarrolla sobre materiales de recuperación eólica superficial (*Regosoles*); los suelos presentan una textura arenosa en la parte superior y descansan sobre un material aluvial coluvial muy heterogéneo. Los suelos no tienen por sí solos una función en relación con los escurrimientos, excepto en zonas muy localizadas, y tienen una capacidad de retención muy baja (entre 5 y 10 por ciento de humedad ponderal).

Los *Feozems*, *Rendzinas*, *Castañozems* y *Xerosoles* de la parte media y alta de la RH36, tienen una capacidad de retención del orden de 20 a 30 por ciento de humedad ponderal en función de su textura. Su capacidad de reserva en suelos de textura fina oscila en función de su profundidad (de 50 a 80 cm), de 160 a 260 mm (RU de 50 a 90 mm) para las texturas medias y de 240 a 280 mm (RU 80 a 130 mm) para las texturas más finas (*Feozems* y *Castañozems*). Estas cifras aproximadas deben ajustarse en función de la proporción y de la naturaleza de los elementos gruesos presentes, algunos emanados de la *toba* son porosos e intervienen en el almacenamiento y la redistribución del agua en los suelos (Gras, 1994 y Viramontes, 1995).

La ocupación del suelo en estos paisajes se encuentra dividida y relacionada con las subregiones, en siete asociaciones vegetales principales, en las que predominan el *matorral micrófilo*, el *pastizal* y los *cultivos de temporal*. La *nopalera*, en la que domina la *Opuntia* a menudo en unidades densas y puras, tiene por lo general un comportamiento que favorece de manera particular la infiltración. Esto debido a la alta macroporosidad por la presencia de roedores (Delhoume, 1995):

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,370 km ²	396	585	389
<i>Pastizal</i>	1,298	1,028	260	10
<i>Cultivos de temporal</i>	1,141	889	245	7
<i>Bosque</i>	922	912	9	0
<i>Nopalera</i>	668	280	388	0
<i>Matorral rosetófilo</i>	195	19	87	89
<i>Cultivos de riego</i>	131	74	22	34

UNIDAD E3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Se trata de una pequeña unidad de paisaje de 1,468 km² bien representada en la subregión media:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
1,468 km ²	410	786	272

Los conjuntos más importantes fueron identificados en las partes alta y baja de Santiago Papasquiario, en las riberas del río Santiago, aguas arriba del río Santa Clara, al este de la ciudad de Río Grande.



En las tres subregiones, la mayoría de estos conjuntos fue diferenciada sobre pendientes topográficas de 2.5 a 6 grados:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	303 km ²	75	137	91
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	1,164	334	649	181

Los materiales geológicos más representativos son los materiales eruptivos heterogéneos, las alternancias estratificadas de calcáreos y lutitas, así como algunos conglomerados no cimentados:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Materiales eruptivos heterogéneos</i>	588 km ²	252	323	13
<i>Alternancias estratificadas</i>	592	6	330	256
<i>Conglomerados</i>	284	149	132	3

Los suelos característicos están relacionados con el clima de la siguiente manera:

En la zona subhúmeda se trata de *Castañoszems*, *Chernozems* y de algunos *Vertisoles* de profundidad superior a un metro; estos últimos tienen una fuerte capacidad de reserva en agua debido a que son de textura más pesada sobre todo en profundidad (limoso-arcillosa). La pedregosidad se manifiesta principalmente en la parte superior de los perfiles. La capacidad de retención estimada para estas texturas es del orden de 25 por ciento de humedad ponderal, lo que les confiere, sobre un metro de profundidad, una capacidad de reserva total de 400 mm (RU del orden de 130 mm), inferior al promedio de pluviometría anual de esta subregión.

En la parte media, los suelos representativos son *Castañoszems* y *Xerosoles*; generalmente menos profundos que los anteriores y ocasionalmente encostrados en profundidad. Su capacidad de reserva hídrica total sobre un metro es un poco más baja, del orden de 320 mm para texturas finas (RU 110 mm) siendo por otra parte suelos muy pedregosos.

En la parte baja y árida de la RH36, los suelos son *Xerosoles* profundos sobre coluviones; fueron identificados en la parte más baja de los relieves calcáreos que limitan la región hidrológica en su parte este.

En la ocupación de estos medios predominan el *matorral desértico micrófilo*, el *pastizal*, algunos *cultivos de temporal* en el valle del río Santiago, y finalmente la *nopalera* que presenta algunas unidades pequeñas en la subregión media:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	623 km ²	31	426	165
<i>Pastizal</i>	302	175	127	0
<i>Cultivos de temporal</i>	233	138	72	22
<i>Nopalera</i>	121	26	95	0
<i>Matorral rosetófilo</i>	96	1	16	80

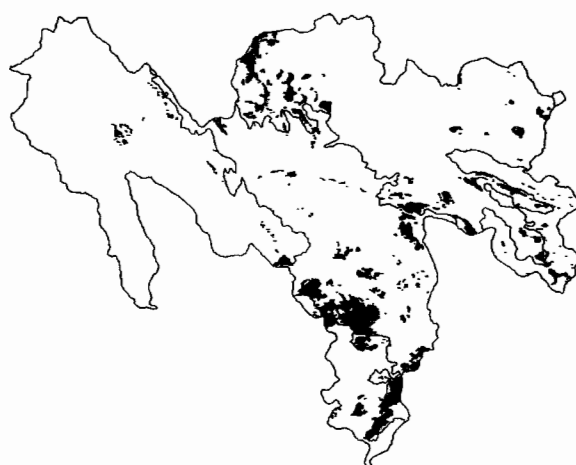
UNIDAD F2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Este importante modelo de paisaje de 4,786 km² se encuentra distribuido entre las tres subregiones de la siguiente manera:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
4,786 km ²	544	2,564	1,678

La superficie de las unidades espaciales alcanza algunos centenares de km², que incluyen principalmente dos grandes conjuntos representados en la parte alta y media de la cuenca del río Aguanaval (subcuenca El Cazadero y San Francisco).



Se trata de morfologías de bajadas cuyas pendientes dominantes, en el caso de las tres subregiones, se encuentran dentro de la gama que va de 2.5 a 6 grados de inclinación :

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	1,440 km ²	120	840	480
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	3,345	420	1,721	1,204

Con excepción de algunos afloramientos poco comunes de lutitas (31 km² en total), los materiales originales pertenecen exclusivamente a coluviones cuaternarios.

Los suelos que se desarrollaron en estos últimos están representados en la subregión semiárida por un complejo de *Feozems*, *Xerosoles* y *Rendzinas* de profundidad media (50 a 80 cm), a menudo encostrados en profundidad (*caliche duro*), de textura media y con gravas. La capacidad de reserva hídrica total en texturas finas es del orden de 160 a 260 mm en función de la profundidad (RU de 50 a 90 mm).

En la subregión baja y árida, los *Xerosoles* encostrados predominan en asociación con algunas *Rendzinas* sobre los extensos glaciares ubicados al noroeste de Gómez Palacio, y sobre los que fueron diferenciados entre los ramales calcáreos que afloran al sur de la carretera Bermejillo-La Zarca, en el estado de Durango.

La vegetación más abundantemente reconocida en la parte árida es el *matorral desértico micrófilo*, en tanto que en la zona semiárida prácticamente subhúmeda, estas unidades se encuentran ocupadas en gran medida por *cultivos de temporal*:

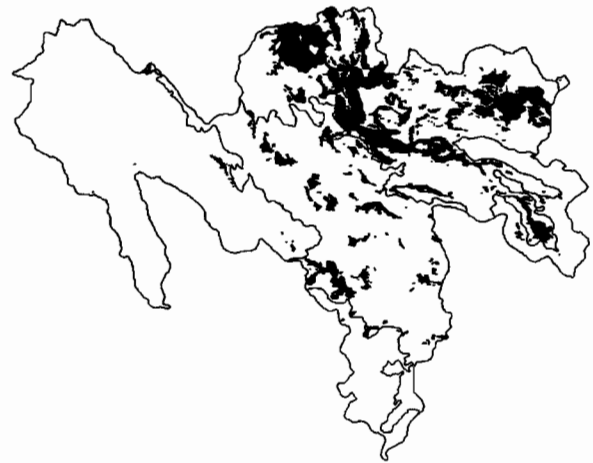
	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	2,044 km ²	39	613	1,392
<i>Cultivos de temporal</i>	1,565	330	1,232	3
<i>Pastizal</i>	468	117	285	66
<i>Nopalera</i>	268	17	251	0
<i>Cultivos de riego</i>	211	24	141	46

Hacia la parte alta, estos conjuntos de paisaje se encuentran ubicados en los relieves a los que se encuentran generalmente conectados por medio de un pie de monte; las bajadas que los forman son a menudo muy alargadas en la parte baja, hasta una zona de planicie de extensión reducida (región de Juan Aldama, Zacatecas).

UNIDAD F3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 0.5 A 6 GRADOS

Tiene en la parte baja una extensión de 7,882 km², y es la unidad de paisaje más representativa de esta subregión (subcuencas de Mayrán y del Bolsón). Su superficie decrece de manera gradual hacia la parte alta de la Región 36 en donde el relieve es más accidentado:



RH 36 :	Alta	Media	Baja
9,721 km ²	117	1,722	7,882

La subcategoría de pendiente menos pronunciada (0.5 a 2.5 grados), característica de las bajadas inferiores, es la más representada en la parte árida de la Región.

Por el contrario, la subcategoría de 2.5 a 6 grados, es decir, la más representativa de las bajadas altas, predomina en las otras dos subregiones:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 0.5 a 2.5 grados</i>	6,463 km ²	30	462	5,971
<i>Pendiente de 2.5 a 6 grados</i>	3,255	87	1,260	1,908

Estos conjuntos constituyen inmensas superficies de bajadas que están generalmente en discontinuidad con los relieves altos, como el Bolsón de Mapimí, y que son secundados hacia la parte baja por la unidad C3, que representa los suelos de planicie propiamente dichos.

En lo que se refiere a los materiales geológicos originales de los suelos, la totalidad de estas unidades están diferenciadas sobre aluviones y coluviones cuaternarios.

Los *Yermosoles* y *Xerosoles* que se desarrollaron en ellos se encuentran divididos en texturas medias y gravosas (63 por ciento de las superficies), y en texturas finas (33 por ciento) sobre arcillas de decantación, pudiendo en ocasiones estar ligadas a afloramientos de *lutita* :

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Texturas medias</i>	6,159 km ²	84	1,200	4,875
<i>Texturas finas</i>	3,562	42	520	3,000

Para estos dos tipos texturales, las capacidades de retención hídrica de los suelos se estiman respectivamente en 20 y 30 por ciento de humedad ponderal. Su capacidad de reserva hídrica hasta un metro de profundidad en suelos de textura fina, es del orden de 320 a 480 mm. de agua (RU de 110 a 160 mm).

La superficie de estos suelos generalmente sobrepastoreados están recubiertos por películas encostradas, características que tienen una función primordial en la redistribución de los escurrimientos superficiales. Estos son difusos y discontinuos en esta parte árida, y no tienen un eje de drenaje claramente señalado. Por el contrario, las formas de erosión en manto, que forman playas desnudas de tipo *peladeros*, son muy frecuentes en esta zona.

La asociación vegetal típica de estos conjuntos es el *matorral desértico micrófilo subinerme* (5,515 km²), a menudo invadido o sustituido por especies que representan un nivel de degradación más avanzado del medio (*Gobernadora*).

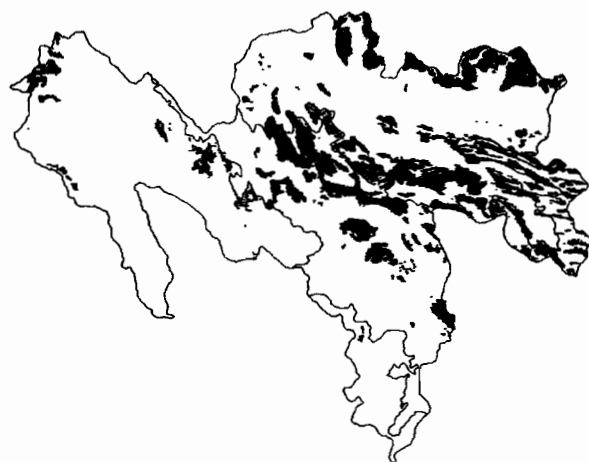
Son asimismo unidades en las que la vegetación se encuentra reducida a bandas o manchas cuya función en las redistribuciones hídricas superficiales e internas es primordial (Delhoume, 1995). Las áreas de *pastizal*, *cultivos de temporal* y *de riego* se encuentran representadas, en mayor o en menor grado, en función de las subregiones:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	5,515 km ²	24	727	4,763
<i>Cultivos de riego</i>	2,188	33	243	1,912
<i>Pastizal</i>	837	33	205	600
<i>Cultivos de temporal</i>	494	22	388	83
<i>Sin vegetación</i>	277	0	0	277
<i>Matorral rosetófilo</i>	267	0	74	193

UNIDAD G1

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Esta unidad de paisaje es una de las más importantes de la RH36 debido a que representa el 13 por ciento de su superficie. Fue ampliamente identificada en las subregiones baja e intermedia, cubriendo el 20 por ciento de esta última.



RH 36 :	Alta	Media	Baja
12,046 km ²	823	6,234	4,990

Se trata de una formación de vertiente sobre pendientes pronunciadas a muy pronunciadas (10.5 a 100 por ciento).

Reagrupa tres subcategorías de pendientes en las que la distribución refleja un predominio muy marcado de las pendientes pronunciadas (10 a 45 grados), siendo éste el caso en las tres subregiones geoclimáticas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	1,817 km ²	10	847	960
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	5,074	48	2,620	2,406
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	5,152	755	3,763	1,634

Desde el punto de vista litológico es una unidad estructural que se encuentra ligada a todos los macizos de rocas endurecidas en bancos, principalmente calcáreas de la zona semiárida y sobre todo árida. Las variaciones que se registran están relacionadas con el buzamiento de los estratos que, en relación con la pendiente, puede ser concordante, discordante, o incluso vertical, como en el Cañón de Fernández. Estas características estructurales tienen sin lugar a duda influencia sobre los escurrimientos superficiales y las infiltraciones.

Los demás materiales geológicos catalogados son conglomerados cimentados en las zonas de pie de montes calcáreos, rocas endurecidas masivas de tipo basáltico o diorítico en la parte semiárida, o muy localmente granítica (macizo de Dinamita, Durango), o incluso materiales eruptivos representados por riolitas (cuenca alta del río Sardinias y parte baja de la presa Lázaro Cárdenas):

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Rocas endurecidas en bancos</i>	9,700 km ²	0	5,480	4,220
<i>Conglomerados cimentados</i>	655	0	90	565
<i>Rocas endurecidas masivas</i>	651	196	415	40
<i>Materiales eruptivos heterogéneos</i>	628	586	38	4
<i>Materiales blandos</i>	406	22	204	180

Los suelos son poco desarrollados, de tipo *Litosoles*, de muy escaso espesor y guijosos, cubriendo la roca de manera irregular. Su capacidad de retención hídrica es insignificante.

La comunidad vegetal mejor adaptada a estos medios secos es el *matorral desértico rosetófilo*, distribuido de manera homogénea entre los medios áridos y semiáridos, pero con diferentes grados de cobertura:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral rosetófilo</i>	8,195 km ²	6	4,114	4,075
<i>Matorral micrófilo</i>	2,389	281	1,253	854
<i>Chaparral</i>	448	55	382	11
<i>Bosque</i>	435	350	85	0
<i>Nopalera</i>	238	43	195	0

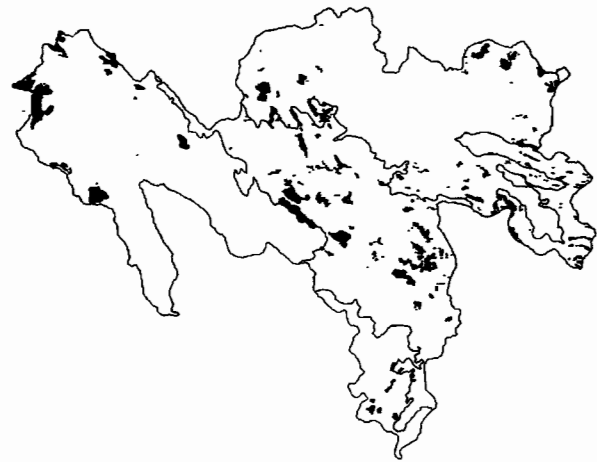
Debido a que están localizadas en zonas altas, estas unidades cuentan, por una parte, con pluviometrías más elevadas que el promedio, en tanto que por otra, las bajas capacidades de retención hídrica de los suelos esqueléticos y la impermeabilidad de las rocas constituyen los factores que permiten que estas vertientes sean las superficies de escurrimiento más importantes de la Región Hidrológica. En lo que se refiere a la impermeabilidad de los bancos calcáreos rocosos, resulta evidente que ciertos factores contribuyen a matizar dicho comportamiento: el buzamiento de los estratos, un carácter en ocasiones escasamente cárstico, el fracturado o agrietado por metamorfismo de contacto, etc... A pesar de todo, los procesos de disolución superficial que afectan a estos materiales, tanto calizas como basaltos, provocan que en el momento del afloramiento sean frecuentemente cimentados por una película superficial de redistribución del carbonato de calcio, no necesariamente continuo, pero que tiende a reforzar este carácter impermeable, en particular en los arroyuelos de escurrimientos preferenciales.

UNIDAD G2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Este conjunto que cubre el 3.7 por ciento de la superficie de la RH36 está principalmente representado en la subregión media semiárida (1,612 km²):

RH 36 :	Alta	Media	Baja
3,357 km ²	997	1,612	747



La subcategoría de pendientes de 10 a 23 grados que corresponde a vertientes de pendientes pronunciadas, predomina en las tres subregiones geoclimáticas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	1,021 km ²	185	535	301
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	1,762	575	831	356
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	562	230	240	92

Los tres grandes tipos de rocas y materiales geológicos identificados están divididos en:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Rocas endurecidas masivas</i>	1,700 km ²	919	726	55
<i>Rocas endurecidas en bancos</i>	1,408	75	766	567
<i>Conglomerados cimentados</i>	246	0	117	129

Estas rocas son principalmente calizas duras y basaltos en particular en la región semiárida, estando más diversificadas en la parte alta de la Región.

Los suelos desarrollados sobre estos materiales tienen una profundidad media (50 a 80 cm), son de textura media y generalmente muy pedregosos. Se trata, en la zona semiárida, de *Rendzinas* sobre vertientes calcáreas encostradas o basálticas y, en la zona subhúmeda, de *Feozems* y de algunos *Cambisoles* sobre materiales eruptivos endurecidos pertenecientes al complejo de *toba riolítica*.

Su capacidad de reserva total que varía entre 160 y 260 mm de agua dependiendo de la profundidad (RU entre 50 y 90 mm), debe verse reducida dada la abundancia de elementos gruesos sobre todas estas vertientes. Debido a esta baja capacidad de reserva y al endurecimiento de la parte profunda de los suelos, estas unidades deben favorecer en gran medida las transferencias hídricas superficiales o hipodérmicas.

Estos medios se encuentran principalmente ocupados por dos grupos vegetales de *matorral*, el *micrófilo* y el *rosotófilo*, en las subregiones media y baja, en tanto que el *bosque* (757 km²), predomina en estos conjuntos en la parte subhúmeda.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,077 km ²	94	679	304
<i>Matorral rosotófilo</i>	1,002	0	566	436
<i>Bosque</i>	757	753	4	0
<i>Pastizal</i>	124	59	65	0

UNIDAD G3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Es una de las unidades de paisaje representativas más pequeñas de las identificadas en la RH36; se encuentra distribuida en las subregiones media y baja o muy fraccionada en pequeñas unidades que siguen, de manera discontinua la alineación de los relieves.



RH 36 :	Alta	Media	Baja
782 km ²	18	369	395

Las pendientes se encuentran divididas de manera uniforme en dos subcategorías; las menos pronunciadas de 6 a 10 grados de inclinación que representan las vertientes bajas, y los pie de montes de enlace:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	345 km ²	6	145	194
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	312	11	150	151
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	117	0	70	47

De entre los materiales geológicos que están vinculados con estas formaciones, las rocas endurecidas en bancos predominan de manera prácticamente exclusiva (640 km²). Se trata de alternancias de *calizas* y de *lutitas*, desarrollándose sobre sus desprendimientos suelos coluviales profundos.

Debido a la presencia de las *lutitas*, y en función de su predominio en los desprendimientos sobre los elementos de calizas duras, las texturas de los suelos se dividen de manera desigual en texturas medias (530 km²) y texturas finas (250 km²). Los *Xerosoles* representativos tienen una profundidad de aproximadamente un metro y son abundantes en elementos calcáreos gruesos.

La reserva hídrica total, registrada a un metro de profundidad, oscila entre 320 y 480 mm en función de los tipos de textura (RU entre 110 y 160 mm). Bajo las condiciones climáticas en las que se encuentran representadas, estas unidades son más bien unidades de almacenamiento de agua.

En lo que a ocupación vegetal se refiere, las asociaciones de *matorral rosetófilo* y de *matorral micrófilo* predominan, en este orden, en zonas áridas y semiáridas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral rosetófilo</i>	348 km ²	0	138	210
<i>Matorral micrófilo</i>	329	1	165	164

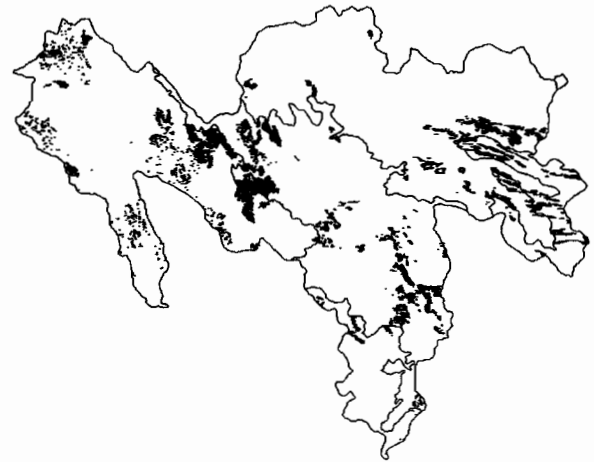
UNIDAD H1

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Es una unidad de paisaje importante que cubre 5 por ciento de la superficie de la Región, la cual la mitad está ubicada en la subregión intermedia:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
4,647 km ²	1,509	2,210	927

La categoría de pendiente topográfica que se encuentra con mayor frecuencia es la de 10 a 23 grados, misma que corresponde a vertientes pronunciadas:



	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	1,642 km ²	686	721	235
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	2,236	813	954	469
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	759	14	532	213

En la subregión baja, los materiales geológicos catalogados son principalmente alternancias estratificadas de *calizas* duras, de *areniscas* y de *lutitas*, provocando que las unidades de paisaje correspondientes sigan el alineamiento este-oeste de estos estratos sedimentarios (región de Parras de la Fuente).

En la zona de contacto de las subregiones semiárida y subhúmeda, los materiales geológicos corresponden a dicho complejo eruptivo de rocas y materiales piroclásticos no estratificados, conocidos bajo el término de *toba* y que reagrupan cenizas, tobas y diversos conglomerados que resulta imposible diferenciar a esta escala regional. Por otra parte, los afloramientos de conglomerados que bordean las grandes zanjas de desfondamiento que adoptan los ríos Santiago y Sextín, fueron cartografiados únicamente de manera parcial en los documentos geológicos originales. Estos diferentes tipos litológicos están distribuidos en las tres subregiones de la siguiente manera:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Alternancias estratificadas</i>	2,408 km ²	32	1,533	843
<i>Complejo eruptivo</i>	1,789	1,340	428	21
<i>Conglomerados</i>	441	125	246	70

Los suelos de estos conjuntos son muy superficiales; están compuestos por yuxtaposiciones de *Regosoles* y *Litosoles*. Son todos *calcáreos* en la parte baja sedimentaria, en tanto que en la parte alta eruptiva presentan características *eútricas* e importantes manifestaciones de erosión, a menudo debidas al sobrepastoreo provocado por la sedentarización del ganado en torno a los puntos de abrevadero.

En este conjunto la asociación vegetal que predomina ampliamente es el *matorral desértico*, ya sea *rosetófilo* o *micrófilo*; en la parte subhúmeda, alternancias o asociaciones *bosque-pastizal* ocupan esta unidad:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral rosetófilo</i>	1,602 km ²	31	805	766
<i>Matorral micrófilo</i>	1,508	477	887	145
<i>Bosque</i>	455	394	61	0
<i>Pastizal</i>	374	307	66	1
<i>Nopalera</i>	324	130	194	0
<i>Matorral subinermes</i>	141	49	92	0
<i>Cultivos de temporal</i>	139	52	78	9

La profundidad de los suelos de estos paisajes es generalmente baja; sin embargo, algunas zonas ubicadas sobre materiales geológicos suaves permiten infiltraciones en función del buzamiento de los estratos. Resulta por lo tanto difícil evaluar su capacidad de reserva de agua y de escurrimiento. Las pendientes pronunciadas sobre las que están diferenciadas así como el sobrepastoreo y la erosión provocada por este último, determinan que estas unidades deberían presentarse más como unidades de escurrimiento que como unidades de infiltración.

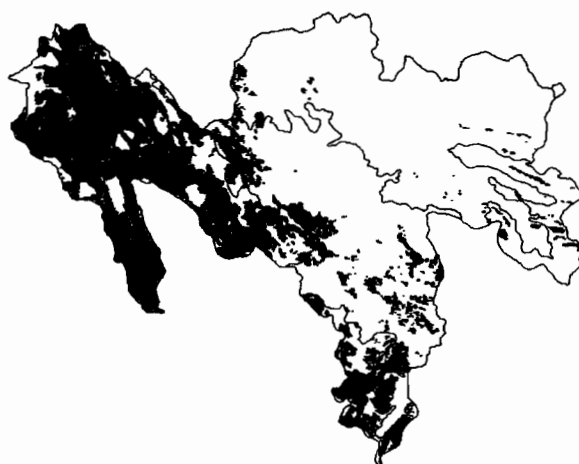
Desde el punto de vista topográfico, se encuentran frecuentemente unidas en la parte baja con la unidad H2 de suelos de profundidad media.

UNIDAD H2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Es el conjunto de paisaje más representado en la RH36, cubriendo el 25 por ciento de su superficie; este conjunto se encuentra principalmente localizado en la parte subhúmeda alta, de la que ocupa las dos terceras partes:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
22,984 km ²	19,197	3,475	311



Desde el punto de vista litológico se encuentra relacionado, casi de manera exclusiva, con el complejo eruptivo de *toba* no diferenciada que aflora en todas las cuencas altas del río Nazas y del río Aguanaval (subcuencas Salomé Acosta, Sardinias, El Sauz y Cazadero). Se trata de rocas y materiales ígneos extrusivos, producto de las erupciones volcánicas que proyectaron fragmentos piroclásticos de todo tipo, pero generalmente sueltos y posteriormente consolidados en mayor o en menor grado (cenizas volcánicas, arenas, *lapilli*, bombas, brechas, etc...), (INEGI, 1981).

Este complejo ígneo extrusivo comprende igualmente lavas ácidas consolidadas en forma de bancos, mismas que en los mapas originales no fueron diferenciadas de la *toba* misma. En este estudio, dichas lavas riolíticas ácidas pudieron, en parte, ser diferenciadas cuando presentaban un afloramiento abrupto en cornisa, lo que permitió clasificarlas en la categoría de pendiente extremadamente pronunciada, de 45 a 72 grados (unidad J1). Por consiguiente, las corrientes riolíticas consolidadas y de afloramiento no pertenecen en su mayoría a esta unidad H2.

Asimismo, el mapa geológico inicial registra poco los *conglomerados* que enmarcan, bajo forma de lomas, a la mayoría de los valles de hundimiento de la cuenca alta del río Nazas. Es probable que su extensión sea más importante que la que aquí aparece (2,667 km²), y que una parte del complejo eruptivo de *toba* esté representado por estos conglomerados no cementados (valle del río Santiago y del río Sextún). A pesar de todo, la *toba* sigue predominando ampliamente en este conjunto de paisaje.

Los escasos materiales duros y blandos que fueron catalogados en la parte media (1,369 km²), corresponden a sucesiones de bancos de *calizas* y *lutitas* (alternancias estratificadas).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Complejo eruptivo (toba)</i>	17,947 km ²	16,418	1,518	11
<i>Conglomerados</i>	3,232	2,667	554	11
<i>Alternancias estratificadas</i>	1,763	106	1,369	288
<i>Materiales blandos</i>	31	0	31	0

La pendiente topográfica de estos medios es generalmente muy pronunciada, de 10 a 23 grados, y corresponde ya sea a vertientes de macizos eruptivos o bien, a laderas de lomas conglomeráticas que se suceden hacia la parte baja. En la mayoría de los casos, estas dos unidades geomorfológicas funcionan de manera independiente desde el punto de vista hidrológico, debido a que no están unidas y no son contiguas. Las lomas alineadas en serie al pie de los macizos montañosos, representan por lo tanto interfluvios que deben funcionar de manera independiente y que tienen en sí mismas una dinámica hidrológica propia (valle del río Santiago al sur de Santiago Papasquiario, Durango).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	5,258 km ²	3,735	1,331	192
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	11,827	9,978	1,744	105
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	5,875	5,472	391	12

La cobertura edafológica de estos medios es muy variable, en función de la consistencia más o menos blanda de la roca de origen y la erosión hídrica superficial, misma que, bajo la influencia de diversos factores externos, trunca y rejuvenece un gran número de suelos de profundidad media (80 cm), de fase *pedregosa*. Los *Feozems*, de textura equilibrada y muy pedregosos, son los más representativos de la región montañosa. Se encuentran frecuentemente truncados y fueron por lo tanto clasificados en la categoría de suelos poco profundos (50 cm), de fase *lítica*.

En estos terrenos muy heterogéneos, las alternancias de *Litosoles* y *Regosoles* están así representadas, en función de la naturaleza endurecida o blanda del material original:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Suelos semi profundos</i>	9,137 km ²	8,424	536	177
<i>Suelos poco profundos</i>	8,773	6,600	2,051	122
<i>Litosoles y Regosoles</i>	4,836	3,941	880	15
<i>Regosoles</i>	225	215	10	0

Las características físicas de estos suelos, que influyen de manera determinante en el comportamiento hídrico de los mismos, son la profundidad útil muy variable para la infiltración, y la fuerte carga en elementos gruesos de todas dimensiones. Algunos de estos materiales que reúnen características inherentes a la *toba*, presentan además una porosidad (de hasta un 20 por ciento), misma que interviene en el almacenamiento y la redistribución del agua en los suelos y en los paisajes.

En este conjunto predomina una ocupación arbórea natural en la parte alta montañosa; existen pocas variaciones en las especies principalmente representadas por el *bosque de Pino* o *Encino* en función de la altitud, con densidades muy irregulares. En estos climas, las áreas naturales de pastizal (*Bouteloua gracilis*, *Bouchloe dactyloides*), tienen igualmente una presencia importante, ya sea en unidades puras, o más frecuentemente en asociaciones con los bosques bajos y abiertos.

La protección que estas coberturas ejercen sobre el suelo y que influye en los escurrimientos depende del grado de cobertura que varía en función de la temporada, así como de su explotación pastoral. Sobrecarga y pisoteo a menudo en pequeñas terrazas constituyen asimismo factores de degradación del suelo que intervienen en las dinámicas hídricas (Poulenard, 1995).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Bosque</i>	9,379 km ²	9,340	39	0
<i>Pastizal</i>	4,735	4,270	460	5
<i>Matorral micrófilo</i>	3,657	1,981	1,519	157
<i>Nopalera</i>	1,642	897	745	0
<i>Cultivos de temporal</i>	1,395	1,181	203	11
<i>Chaparral</i>	1,385	1,365	20	0
<i>Matorral rosetófilo</i>	622	82	401	139

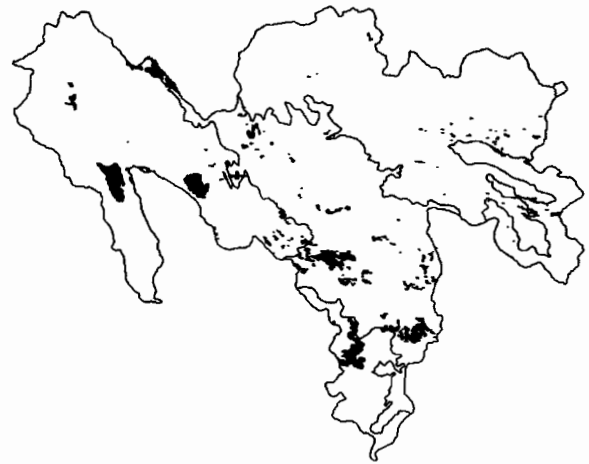
UNIDAD H3

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Se trata de un sistema de paisaje empalmado con el anterior, el H2, y distribuido de manera bastante homogénea entre las subregiones media y alta:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
2,392 km ²	1,197	1,073	122

Está diferenciado de igual manera, en cuanto a superficie se refiere, en la parte baja de vertientes, lomas y pie de montes de pendientes pronunciadas (de 6 a 10 y de 10 a 45 grados de inclinación) :



	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	1,146 km ²	468	618	60
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	1,055	600	408	47
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	190	126	51	13

Los materiales geológicos más representativos son los que pertenecen al complejo eruptivo de *toba* representado por materiales comúnmente conglomeráticos blandos, coluvionados, no endurecidos y con capacidad de infiltración en profundidad, (alrededores de Santiago Papasquiaro, Durango).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Complejo eruptivo, (toba)</i>	1,522 km ²	998	510	14
<i>Alternancias estratificadas</i>	503	25	374	104
<i>Conglomerados</i>	361	168	191	2

Los suelos tienen profundidades del orden de un metro y pertenecen a las categorías de los *Feozems*, *Castañozems* y, en las partes bajas de las pendientes de las vertientes, a la de los *Vertisoles* sobre materiales coluviales más arcillosos. Están todos cargados, en mayor o menor grado, de elementos gruesos, caracterizados por una fase *pedregosa* o *guijosa*.

La textura de estos suelos corresponde a dos tipos en función de su ubicación sobre las pendientes: las texturas medias predominan por un amplio margen (1,900 km²), excepto cuando corresponden a suelos ubicados al final de la pendiente, en donde las texturas arcillosas permiten la diferenciación de caracteres vérticos en los suelos:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Texturas medias</i>	1,900 km ²	1,060	770	70
<i>Texturas finas</i>	480	133	297	50

Las capacidades de retención en agua de estos materiales edafológicos son elevadas (25 a 30 por ciento en relación con la humedad ponderal), lo que les confiere una potencialidad importante de reserva total en agua. Esta capacidad de reserva en agua, en relación con un metro de profundidad de suelo, oscila entre 400 y 480 mm en función del grado de finura de la textura (RU de 130 a 160 mm).

Las principales asociaciones vegetales que cubren estos sistemas son el *pastizal*, que sustituyó al *bosque* sobre las lomas y las partes bajas de las vertientes de la subregión alta, y el *matorral micrófilo* en la subregión semiárida:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pastizal</i>	761 km ²	537	224	0
<i>Matorral micrófilo</i>	612	56	486	70
<i>Cultivos de temporal</i>	322	246	72	4
<i>Nopalera</i>	304	143	161	0
<i>Bosque</i>	231	183	48	0

UNIDAD II

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Es una unidad de subregiones áridas y semiáridas únicamente, en las que está presente bajo forma de pequeños conjuntos muy fragmentados desde el punto de vista espacial:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
2,698 km ²	81	1,480	1,137

Debido a que fue diferenciada sobre vertientes de inclinaciones pronunciadas (de 10 a 23 grados), pero a que no está registrada en la subcategoría de pendiente extrema, esta unidad corresponde a coluviones de pendientes que provienen de *lutitas*:



	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	788 km ²	21	333	434
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	905	66	1,131	708
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	0	0	0	0

Por su parte, los afloramientos geológicos corresponden generalmente a estratos de buzamiento discordante en relación con la pendiente topográfica, y están situados en la parte más baja de bancos de calizas, areniscas o conglomerados. La forma de estas unidades es generalmente alargada y paralela a la orientación de los estratos geológicos endurecidos.

Los suelos de tipo *Regosoles* y *Xerosoles* son de escaso espesor y se ven afectados por la erosión hídrica en capa y en barrancos.

El *matorral micrófilo* o *rosetófilo* con *lechuguilla*, que se encuentra en estos medios, es generalmente poco denso y ofrece una escasa protección antierosiva a los suelos, que se caracterizan por la presencia de una "costra de erosión" superficial discontinua:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,336 km ²	60	731	546
<i>Matorral rosetófilo</i>	1,139	0	590	549

Son unidades con gran capacidad de escurrimiento, mismo que puede, en función de las situaciones, ser contrarrestada por el buzamiento inverso de los estratos geológicos, como por ejemplo en el cerro de San Ignacio de la reserva de la Biósfera de Mapimí, Durango, en donde el coeficiente de escurrimiento promedio anual de estas *lutitas* es de tan sólo 5 por ciento aproximadamente (Delhoume, 1995).

UNIDAD 12

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Este modelo de paisaje, que cubre el 5.6 por ciento de la superficie de la RH36, es el más representado en la parte semiárida con 2,728 km²:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
5,093 km ²	952	2,728	1,413

En esta subregión, la pendiente topográfica más frecuente es de inclinación media, incluida dentro de la subcategoría de 6 a 10 grados.



Corresponde a zonas de conexión de las vertientes con las bajadas, es decir, de los pie de montes y de los conos de esparcimiento. Estas unidades están por consiguiente, de manera bastante generalizada, alineadas con la orientación de los estratos geológicos, y son particularmente visibles y marcadas en dirección este-oeste en la parte ubicada en el extremo oriente de la RH36 (sierra Playa Madero, sierra El Laurel, sierra Las Bocas).

En la subregión alta, se trata de unidades de vertientes sobre pendientes más pronunciadas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	2,709 km ²	408	1,439	862
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	1,577	482	713	382
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	810	65	576	169

Todos los materiales originales están agrupados dentro de la misma categoría, la de los *suelos cuaternarios* del mapa edafológico inicial. De hecho, se trata de materiales de origen coluvial constituidos por los desprendimientos y los esparcimientos pedregosos acumulados al pie de los macizos rocosos.

Los tipos de suelos que se desarrollaron en esta unidad varían en función de las subregiones y del gradiente pluviométrico creciente que los afecta de este a oeste: *Xerosoles*, *Rendzinas* y *Feozems*.

Tienen como características comunes una profundidad media (de 50 a 80 cm), y una alta pedregosidad. Una gran parte de los tipos de suelos fueron reconocidos en la subregión semiárida con predominio de rocas sedimentarias calcáreas, dicha profundidad está limitada por una costra de carbonato de calcio (fase *petrocálica*), que cementa los elementos gruesos y limita la profundidad y la reserva en agua de los suelos. Las texturas de estos suelos son siempre francas.

Su capacidad de reserva hídrica total es reducida debido a su pedregosidad siempre alta. Es posible estimar dicha capacidad, en el caso del suelo de textura fina, en 160 a 260 mm (RU de 50 a 80 mm), en función de las diferentes profundidades, pero con un coeficiente reductor importante según la proporción de elementos gruesos (del orden de 50 por ciento).

El *matorral micrófilo* así como el *rosetófilo* caracterizan la ocupación de estos medios semiáridos y áridos, aun cuando su extensión es más limitada que en las rocas endurecidas:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	2,748 km ²	307	1,403	1,038
<i>Matorral rosetófilo</i>	873	29	503	342
<i>Cultivos de temporal</i>	529	202	319	8
<i>Pastizal</i>	490	302	180	8
<i>Nopalera</i>	277	45	231	0

Algunos de estos pie de montes pueden también estar *cultivados*, o cubiertos por *pastizal*, en la parte subhúmeda; en la mayoría de los casos, no se realizan obras para la retención de agua de escurrimiento superficial sobre estas pendientes.

Es importante tomar en cuenta estos conjuntos debido a su participación potencial en el escurrimiento tanto superficial como hipodérmico.

UNIDAD 13

SUELOS PROFUNDOS SOBRE MATERIALES BLANDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 6 A 45 GRADOS

Este conjunto dividido entre las subregiones baja y media se encuentra repartido de la manera siguiente:

RH 36 :	Alta	Media	Baja
2,431 km ²	172	1,022	1,236

Se trata ya sea de pequeñas lomas o de unidades ubicadas en la parte baja de las vertientes o de los pie de montes de enlace, diferenciadas al pie de macizos de rocas duras.



La subcategoría de pendientes de 6 a 10 grados, la menos pronunciada de esta clase pero la mejor representada, cubre el 50 por ciento de este conjunto de paisaje:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Pendiente de 6 a 10 grados</i>	1,304 km ²	86	554	664
<i>Pendiente de 10 a 23 grados</i>	903	74	365	464
<i>Pendiente de 23 a 45 grados</i>	230	12	104	114

Los materiales originales pertenecen en su totalidad a coluviones cuaternarios y los suelos que se desarrollaron en ellos son básicamente *Xerosoles* y *Yermosoles*. Su profundidad es del orden de un metro, y presentan ocasionalmente en la base, una acumulación calcárea bajo la forma de costra endurecida o de encostramiento blando. Aquellos que están vinculados con las pendientes más pronunciadas son los más guijosos; sus texturas se dividen en medias, que son las que están mejor representadas, y algunas finas arcillosas, en particular en lo que se refiere a los escasos *Feozems* que se encuentran en la parte media.

La reserva hídrica total del suelo, estimada para un metro de profundidad, oscila entre 320 y 480 mm, en función de la textura media o fina (RU entre 110 y 160 mm).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Texturas medias</i>	1,540 km ²	126	634	780
<i>Texturas finas</i>	890	42	384	464

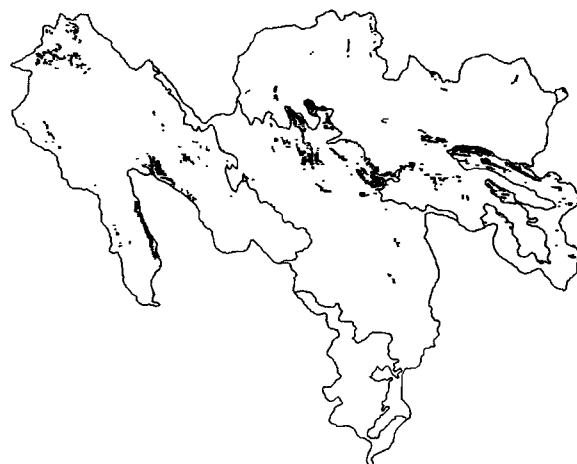
El *matorral micrófilo* ocupa la mayor parte de estos medios en los que la pequeña proporción cultivada corresponde a las pendientes de menor inclinación y a las texturas más finas (viñedos de la región de Parras, Coahuila).

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral micrófilo</i>	1,416 km ²	70	534	813
<i>Matorral rosetófilo</i>	301	0	98	204
<i>Cultivos de riego</i>	266	12	99	155
<i>Cultivos de temporal</i>	189	14	139	36
<i>Pastizal</i>	125	51	58	16

UNIDAD J1

SUELOS SUPERFICIALES SOBRE MATERIALES ENDURECIDOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 45 A 72 GRADOS

Aún cuando este sistema de paisaje se encuentre escasamente representado en la RH36, debe desempeñar por su situación geomorfológica una función de cierta importancia en las dinámicas hídricas. Es esencialmente representativo de los relieves rocosos de la partes semiáridas:



RH 36 :	Alta	Media	Baja
2431 km ²	172	1,022	1,236

Corresponde a las pendientes más pronunciadas, identificadas en la RH36, con un máximo de 72 grados de inclinación.

Están constituidas por rocas abruptas, cornisas, acantilados, y escarpaduras de rocas en afloramiento.

- En la parte semiárida, se trata casi exclusivamente de bancos de calizas del Cretáceo que afloran con buzamientos variables sobre todas las sierras de los alrededores de Gómez Palacio, así como en las sierras de Jimulco y de Parras, entre otras.

- En la parte subhúmeda, dichos acantilados están constituidos por lavas riolíticas consolidadas; sus pendientes extremadamente pronunciadas permitieron diferenciar 395 km² del complejo de *toba*: Sierra San Francisco, límite Este de la cuenca vertiente del río Santiago, y todos los picos rocosos de los alrededores de Guanaceví, Durango.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Calizas en bancos</i>	1,185 km ²	0	910	275
<i>Lava riolítica</i>	399	395	4	0
<i>Rocas masivas</i>	13	6	4	3

Los suelos son esqueléticos y están constituidos por *Litosoles* predominantes, de escaso espesor y asociados a algunos *Feozems*. Su reserva hídrica es baja.

El carácter cárstico de las calizas es poco acentuado. Por otra parte, se forma a menudo en la superficie del banco una película de redistribución de carbonato de calcio que tiende a colmar incluso las fisuras.

Estas formaciones constituyen por lo tanto las partes altas de cuencas hidrográficas que alimentan de agua las unidades subyacentes identificadas en la categoría de pendiente inferior, de 6 a 45 grados (unidades G1 a I3). Un buzamiento discordante en relación con la pendiente, o la presencia de fracturas o fallas vinculadas ocasionalmente con un metamorfismo de contacto, pueden provocar alteraciones en la continuidad secuencial de este conjunto.

El *matorral rosetófilo* es el que presenta mayor frecuencia en los medios más secos como los macizos de calizas en la subregión semiárida.

En la parte eruptiva más húmeda estas formaciones rocosas de una altitud superior a los 2,500 metros están ocupadas en forma dispersa por el *bosque de Pinus*.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Matorral rosetófilo</i>	816 km ²	0	565	251
<i>Bosque</i>	325	265	60	0
<i>Chaparral</i>	258	89	164	4
<i>Matorral micrófilo</i>	132	29	82	22

UNIDAD K2

SUELOS DE PROFUNDIDAD MEDIA SOBRE MATERIALES HETEROGENEOS DIFERENCIADOS SOBRE PENDIENTES DE 45 A 72 GRADOS

Con tan sólo 439 km² de superficie total acumulada, se trata de la unidad más pequeña de las 21 unidades seleccionadas como las más representativas de la RH36. Fue identificada, casi exclusivamente, en la subregión alta y, de manera más particular, en las subcuencas vertientes de los ríos Santiago y Tepehuanes:



RH 36 :	Alta	Media	Baja
439 km ²	416	23	0

Estos conjuntos están representados por desprendimientos conglomeráticos de pendientes muy pronunciadas ubicados a plomo de los macizos rocosos riolíticos. Las superficies en cada una de estas subregiones son las siguientes:

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Complejo eruptivo</i>	405 km ²	405	0	0
<i>Alternancias estratificadas</i>	21	5	16	0
<i>Conglomerados</i>	11	4	7	0

Los suelos que se desarrollaron en estos conjuntos son *Feozems* y *Luvisoles*, cuya extensión y profundidad se ven limitadas debido a la abundancia de elementos rocosos. Los suelos de profundidad media (del orden de 80 cm), cubren la mayor parte de la superficie (317 km² acumulados); los de menor profundidad (del orden de 50 cm), ocupan únicamente un total de 120 km².

La mayor parte de estos suelos son de carácter *lúvico*, es decir lavado, que, en función de la ubicación topográfica, se manifiesta ya sea por la presencia de un horizonte subsuperficial gris cenizo y desprovisto de arcilla por lavado, o por la presencia de una capa enriquecida de arcilla de lavado. La morfología de los perfiles se ve a menudo truncada por la erosión, a la que son muy sensibles debido a que están ubicados sobre pendientes excesivamente pronunciadas. Deben ser sede de escurrimientos superficiales e hipodérmicos importantes (Viramontes, 1995).

Desde el punto de vista de la ocupación, estas unidades, que tienen una altitud inferior a los 2800 metros, son esencialmente unidades de *bosque de Encino*, (*Quercus*), a veces en asociación con el *chaparral*.

	RH 36 :	Alta	Media	Baja
<i>Bosque</i>	247 km ²	245	1	0
<i>Chaparral</i>	86	85	1	0

3 - CONCLUSION

1 - Respecto a las características físicas (pendientes, litología, suelos) y como resultado de un primer enfoque, es posible señalar que entre las 21 unidades de paisaje, aquellas que fueron diferenciadas sobre las pendientes muy bajas (< 0.5 grados), y que están exclusivamente representadas en la subregión baja, no deben tener una función definida en relación con los escurrimientos. Se trata de las **unidades C1 (suelos superficiales sobre materiales arenosos)** y **C3 (suelos profundos sobre materiales blandos)**, (Cuadro 9).

Se puede asimismo señalar que una inclinación de 0.5 grados (0.8 por ciento) es suficiente para lograr que se produzcan flujos hídricos. Es por ejemplo el caso de ciertos ríos sahelianos de Africa, como el río Senegal, por ejemplo, cuyo lecho menor presenta, en su parte baja, pendientes ínfimas que no obstaculizan los escurrimientos; pero en este caso se trata de escurrimientos organizados en un lecho menor de un río y no de escurrimientos en la superficie de los suelos.

Aun cuando algunas otras unidades como la **F3 (suelos profundos sobre pendientes de 0.5 a 6 grados)**, cuya superficie pertenece, en su mayoría, a la subregión lagunar baja y al Bolsón, pueden generar escurrimientos locales, éstos resultan difíciles de cuantificar debido a que los escurrimientos que se producen son difusos y desordenados, a excepción de los eventos pluviométricos excepcionales que pueden ocurrir.

Las **19 unidades de paisaje**, que son en principio consideradas como realmente funcionales, ocupan $86,503 \text{ km}^2$ de la superficie total de $91,204 \text{ km}^2$ de la RH36, es decir cerca del 95 por ciento de la misma. Dichas unidades están catalogadas y ordenadas, en función de su superficie, y para cada una de las tres subregiones en el Cuadro 12.

En una siguiente fase de extrapolación, es importante establecer adecuadamente mediciones experimentales necesarias a hacer, de acuerdo con la manera en que dichos resultados podrán ser integrados, global o parcialmente, en el balance hidrológico general, en función de su representación espacial en cada una de las tres subregiones geoclimáticas.

Cuadro 12. Superficies de las 19 unidades de paisaje más representativas en la RH 36 y sus tres subregiones.

Superficie en km ²							
RH 36 :		Alta		Media		Baja	
H2	22984	H2	19197	G1	6234	F3	7882
G1	12046	E2	3657	H2	3475	G1	4990
F3	9721	H1	1509	I2	2728	F2	1678
E2	5819	H3	1197	F2	2564	D1	1600
I2	5093	G2	997	H1	2210	I2	1413
F2	4786	I2	952	F3	1722	I3	1236
H1	4647	G1	823	E2	1612	I1	1137
G2	3357	F2	544	G2	1612	H1	927
D1	3075	K2	416	I1	1480	G2	747
I1	2698	E3	410	D1	1378	D3	623
I3	2431	J1	400	H3	1073	E1	559
H3	2392	I3	172	I3	1022	E2	550
J1	1597	E1	121	J1	917	D2	410
E3	1468	F3	117	E3	786	G3	394
E1	1250	D2	117	E1	570	H2	311
D3	970	D1	96	D2	421	J1	280
D2	948	I1	81	G3	369	E3	272
G3	782	G3	18	D3	344	H3	122
K2	439	D3	3	K2	23		

2 - Estos conjuntos de paisaje reflejan variaciones a nivel de su ocupación vegetal. El primer cruce de las 10 unidades de vegetación con las 21 unidades físicas identificadas en la primera parte, había dado como resultado **84 subunidades biofísicas** diferentes cuya superficie acumulada era superior a los 100 km². El análisis de la distribución de las unidades de vegetación en las tres subregiones (Cuadro 13), indica lo siguiente:

- por una parte, que la categoría "*sin vegetación*" está únicamente representada en la subregión baja, en donde pertenece a la unidad F3 (debido a que la unidad C3 ya fue eliminada) y representa los suelos de las lagunas afectadas por una salinidad elevada;

- por otra parte que la categoría "*matorral subinermé*", con una superficie total de 244 km², en la Región está muy poco representada. Difiere además muy poco del grupo "*matorral desértico micrófilo*", al que puede estar asociada.

Cuadro 13. Superficies de las clases de uso del suelo más representadas en las 19 unidades de paisaje.

USO DEL SUELO	RH 36 :	ALTA	MEDIA	BAJA
	S u p e r f i c i e e n k m ²			
<i>Matorral micrófilo</i>	28,035	3,918	11,620	12,497
<i>Matorral rosetófilo</i>	17,195	173	8,596	8,626
<i>Bosque</i>	12,505	12,198	307	0
<i>Pastizal</i>	9,583	6,887	2,002	694
<i>Cultivos de temporal</i>	6,102	3,083	2,700	177
<i>Nopalera</i>	4,074	1,604	2,470	0
<i>Cultivos de riego</i>	2,623	132	503	1,988
<i>Chaparral</i>	1,643	1,455	184	4
<i>Matorral subinermes</i>	244	75	169	0
<i>Sin vegetación</i>	277	0	0	277

Las asociaciones vegetales, que deberán realmente ser consideradas en un primer enfoque desde el punto de vista biótico, se ven por lo tanto reducidas a **ocho subunidades**.

3 - Desde el punto de vista de las unidades de paisaje **más representativas**, después de la eliminación de los conjuntos C1 y C3 (pendientes < 0.5 grados y/o materiales blandos), se seleccionaron por lo tanto un total de **19 diferentes conjuntos de paisaje geomorfoedafológicos** en la RH36, y un total de **79 subconjuntos biofísicos** susceptibles de presentar un comportamiento hídrico particular debido a su ocupación vegetal.

CONCLUSION GENERAL

La finalidad de este estudio tipológico consiste en identificar las principales unidades geográficas que conforman una importante región hidrológica de 92,000 km². Dicho estudio apela al concepto de paisaje (Northcote, 1984), y su propósito es proporcionar información espacializada, cualitativa y cuantitativa sobre la geometría de los diferentes sistemas representativos en la Región Hidrológica 36. Esta entidad geográfica fue sujeto de estudio y análisis, definiéndose a partir de informaciones temáticas, zonas homogéneas en relación a sus aspectos físicos y bióticos (Hugget, 1975 ; Boulaine, 1978 ; Brabant, 1989).

Esta información relacionada con el paisaje debe, en una segunda etapa, verse complementada por experimentaciones destinadas a determinar la función en el terreno hidrológico. Así mismo, en relación a la hidrología, se definió en otros países el aptitud de diversas entidades naturales al escurrimiento poniendo de base la planificación de la red hidrométrica (Dubreuil et Guiscaffre, 1971; Nouvelot et Rassam, 1990; Chesry *et al.*, 1991; Jamagne *et al.*, 1993). Debido a la gran extensión geográfica de la Región, el enfoque a pequeña escala que se realizó deberá ser ampliado en cada uno de los sitios seleccionados para la experimentación posterior.

El método utilizado en este estudio, toma en consideración las disponibilidades y restricciones referentes a la información básica existente (Modelo numérico de terreno y mapas temáticos). El enfoque tipológico se efectuó en dos etapas:

1 - Una selección, a escala regional, de los principales factores más determinantes del medio, en relación con las transferencias hídricas. Esta identificación fue utilizada en **la elaboración de la base de datos espaciales** a partir de la cual se efectuaron **clasificaciones por aproximaciones sucesivas**. El cruce de los diferentes mapas de información permitió **elaborar el SIG y definir 21 conjuntos de paisaje** representativos.

Considerando la escala de trabajo, este enfoque tiene forzosamente un carácter reductivo en relación con la información original; resultaba indispensable para llegar a un número razonable de unidades destinadas a efectuar las experimentaciones, si consideramos además que siempre es posible recurrir a la información básica para analizar, las variaciones existentes en torno al modelo de paisaje tipo. Estas variaciones reflejan, en caso dado, la complejidad de estos medios montañosos naturales y la multiplicidad de los factores que el estudio de las dinámicas hídricas debe considerar.

Por otra parte, a escala regional, se consideraron únicamente los **factores mayores**, pero resulta evidente que muchos otros factores **secundarios**, que no aparecen en los mapas temáticos originales, intervienen en la determinación de las circulaciones y de las redistribuciones de las aguas superficiales:

- Desde el punto de vista orográfico, la forma y la longitud de las pendientes;
- desde el punto de vista geológico, el buzamiento de los estratos;
- desde el punto de vista edafológico, los estados de superficie de los suelos, etc.

Estos últimos intervienen como factores importantes de la circulación y de la distribución interna, en ocasiones irregular del agua en los suelos, en particular en los medios áridos y semiáridos, en los que las lluvias no son suficientes para saturar los suelos de manera homogénea (Cazenave et Valentin, 1989).

La **validez de la información** cartográfica original es uno de los puntos que pueden ser cuestionados. Con excepción de algunos detalles surgidos durante el análisis, la calidad de los mapas geológicos y edafológicos a escala 1:1,000,000 es buena. Las principales variaciones vinculadas con evoluciones recientes son muy probablemente debidas, por ejemplo, a la erosión de los suelos, que pudo en ciertos puntos haberse visto acelerada durante los últimos años. Este es **con mayor razón** el caso de la ocupación de estos suelos misma que, desde 1981 fecha de elaboración de los mapas, sufrió importantes transformaciones que tienden generalmente hacia una degradación. Se está llevando a cabo **una actualización** en base a imágenes de satélite (Descroix et Moriaud, 1995), y los resultados podrían integrarse al sistema de información actual.

Los problemas de rectificación que suscitó **el procedimiento de proyección**, diferente para el MNT y para los mapas temáticos, no deberían presentarse en la nueva versión del programa *Savane*, disponible actualmente. La conversión realizada en este estudio provocó forzosamente pequeños errores en las superficies de las unidades espaciales obtenidas.

A los principales factores, físicos y bióticos, identificados durante la elaboración del SIG, sería posible agregar el **factor humano** debido a que los datos de los dos últimos censos de población y vivienda, correspondientes a 1980 y 1990, están ya disponibles y han sido además parcialmente interpretados, en lo que se refiere a la RH36, en el marco de este proyecto (Orona, 1994). La integración de algunos de los 17 parámetros de información contenidos en dichos censos a las unidades de paisaje permitiría completar el modelo mediante la incorporación del componente social, mismo que debe necesariamente considerarse en el análisis y la gestión de las disponibilidades y el manejo de los recursos de agua.

2 - En una segunda etapa, se llevó a cabo el **análisis de cada uno de los conjuntos de paisaje** emanados del SIG, en términos de **composición** física y biótica, de **extensión** geográfica global, de **distribución** en las tres subregiones de la RH36, y de comprensión de las principales reglas que rigen su **organización** interna y sus **relaciones** con las unidades vecinas (INRA, 1991).

La definición del contenido requirió de un procedimiento analítico ascendente que llevó a estudiar las informaciones más detalladas que se conocen sobre cada uno de los temas antes de su clasificación. Este análisis de las unidades consideradas individualmente es relativamente sencillo y proporciona una información suficientemente detallada en relación con las pendientes, la litología, los suelos, así como la ocupación vegetal de cada una de ellas.

La estimación de la **capacidad de reserva hídrica** de los suelos proporciona por su parte parámetros que deben ser modulados principalmente con el fin de tomar en cuenta el alto contenido de elementos gruesos en los suelos.

La mayor dificultad que presenta este análisis consiste en que es preciso reportar los **vínculos** existentes entre estos diferentes conjuntos, mismos que regulan su **funcionalidad**. Estos pueden presentarse, ya sea bajo la forma de una *hidrosecuencia* continua que va de la parte alta a la parte baja (cornisa, vertiente, pie de monte, bajada, valle) (Brabant, 1992), o bajo forma de un conjunto discontinuo cuyos elementos funcionan de manera independiente, debido por ejemplo a la presencia sobre la misma toposecuencia de varios relieves de mando; este sistema discontinuo en el sentido longitudinal da por lo tanto lugar a empalmes laterales de interfluvios de escurrimiento y zonas de escurrimientos preferenciales.

Por otra parte, la yuxtaposición de materiales geológicos endurecidos y blandos, que no son diferenciables a esta escala de trabajo y cuyas respuestas hídricas son muy diferentes, puede también provocar complicaciones locales en el funcionamiento de ciertos sistemas debido a la rugosidad de su superficie.

La existencia de una determinada proporción de tierras cultivadas en los medios naturales, mismas que no pueden ser estudiadas por separado, provoca igualmente importantes discontinuidades a nivel de los escurrimientos superficiales.

Es posible medir los flujos derivados en la parte baja de manera global, pero resulta mucho más difícil definir la contribución respectiva de cada uno de estos conjuntos. Es preciso considerar las tres dimensiones de las unidades desde el punto de vista tanto descriptivo como funcional:

- **La dimensión vertical** es a menudo descrita por los edafólogos, pero los flujos internos son menos conocidos y su cuantificación resulta insuficiente. Es por otra parte difícil medir la contribución diferida que dichos flujos aportan al final de la pendiente.

- **Longitudinalmente**, la cartografía de las unidades espaciales es generalmente buena y los factores determinantes del escurrimiento se conocen con precisión; desde el punto de vista funcional las sucesiones o, por el contrario, las discontinuidades hidrosecuenciales son menos conocidas.

- **Perpendicularmente** a la línea de pendiente, no se mencionan generalmente las superficies respectivas de las zonas de escurrimientos y de las zonas de escurrimientos preferenciales; la densidad respectiva de cada una de ellas varía por otra parte en función de su ubicación en la línea de pendiente. Las divergencias o las convergencias que se manifiestan entre los dos tipos de flujos que de ellas se derivan no son generalmente medidas a diferentes niveles de la toposecuencia y se cuantifica, de manera global, únicamente el total captado en una salida situada en una parte más o menos baja.

En consecuencia, tanto en las tres dimensiones del espacio geográfico en lo que se refiere a los paisajes, como en las respuestas más o menos inmediatas o diferidas en el tiempo que de ellas resultan, deben intensificarse los análisis y las mediciones con el fin de recolectar el mayor número de datos confiables, mismos que permitirán comprender y posteriormente modelizar los funcionamientos de las diferentes situaciones representativas.

Esto refleja la dificultad de hacer patente la complejidad de los conjuntos de paisaje que no son en realidad sistemas sencillos, sino combinaciones diversas y más o menos ordenadas de factores determinantes del escurrimiento, numerosos, variados y en ocasiones evolutivos. Deben ser estudiados a gran escala en su calidad de sistemas hidrológicos funcionales.

BIBLIOGRAFIA

- Anaya N., E. y H. BARRAL. 1995. La ganadería y su manejo en relación con los recursos agua y pastizal en la zona semi árida de México. ORSTOM - CENID RASPA, INIFAP. Gómez Palacio, Dgo. 78 p.
- Baize, D. 1988. Guide des analyses courantes en Pédologie. INRA, Paris, 172p.
- Barral, H., I. Orona C., E. Anaya. 1993. "Manejo Ganadero en relacion con el recurso agua", pp. 287-304 en *Uso y Manejo del Agua en la Región Hidrológica 36*. Loyer *et al.* Editores. CENID RASPA-ORSTOM, 1993, México.
- Boulaine, J. 1978. Les unités cartographiques en Pédologie. Analyse de la notion de *Genon*. *Science du sol*, No 1 :15-29.
- Brabant, P. 1989. La connaissance de l'organisation des sols dans le paysage : Un préalable à la cartographie et à l'évaluation des terres. *In Actes du premier séminaire franco-africain de Pédologie tropicale*, Lomé, Togo. ORSTOM, Paris, 484p : 15-85.
- _____ 1992 - Pédologie et Système d'Information Géographique. Comment introduire les cartes de sols et les autres données sur le sol dans les SIG. *Cah. ORSTOM sér. Pédol.* vol. XXVII No 2, 1992, pp 315-346.
- Bruand, A., O. DUVAL., H. GAILLARD., R. DARTHOUT., M. JAMAGNE. 1996. Variabilité des propriétés de retention en eau des sols: Importance de la densité apparente. *Etude et Gestion des Sols*, France 3, 1, 1996 pp 27-40.
- Casenave, A., C. Valentin. 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Editions ORSTOM. Paris. 229 p.
- CENID RASPA y ORSTOM 1993. Estudio de los factores que influncian los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36. J.Y. Loyer, J. Estrada, R. Jasso y L. Moreno eds. Inifap, Orstom, México, 367 p.
- Chesry, P., Y. Le Bissonnais., D. King., J. Daroussin. 1991. Définition et délimitation des Unités Spatiales de Fonctionnement (USF) du ruissellement et de l'érosion. *in Gestion de l'espace rural et système d'information géographique*. Séminaire INRA, Florac, France 22-24 oct. 1991, pp 133-149.
- Chretien, J., D. King., R. Hardy., D. Meunier. 1993. Essai de modélisation de l'organisation spatiale des sols d'une région. Application aux plateaux calcaires bourguignons. *Science du Sol* 1993. Vol.31, pp. 171-191.

- Collet, Y. - 1992 - Systèmes d'informations géographiques en mode image. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. EPFL, Ecublens. Lausanne, Suisse, 186 p.
- Dancette, C. et C. Maertens. 1974. Méthode d'estimation de la capacité au champ pour l'eau à partir de pF 3. *Science du Sol*, France, 3 pp 109-118.
- Delhoume, J. P. 1995. Fonctionnement hydro-pédologique d'une toposéquence de sols en milieu aride, (Réserve de la Biosphère de Mapimi, Nord Mexique). Th. Univ. Poitiers, France, 293 p. et annexes.
- Descroix, L., St. Moriaud. 1995. Evolución de la cobertura vegetal en la Sierra Madre Occidental, Norte de México de 1972 a 1992. VII Simposio Latinoamérica de *Percepción Remota*. Puerto Vallarta, México.
- Dubreuil, P. et J. Guiscaffre. 1971. La planification du réseau hydrométrique minimale. *Cah. ORSTOM Hydrol.* vol. VIII, No 2.
- Estrada A., J., Ch. Bouvier., L. Descroix. 1993. "Régimen Pluviométrico", pp. 25-61 en *Uso y Manejo del Agua en la Región Hidrológica 36*. Loyer *et al.* Editores. CENID RASPA-ORSTOM, 1993, México.
- FAO - UNESCO. 1976. Mapa mundial de suelos 1:5.000.000. Volumen I, Leyenda. Volumen III, México y América Central. Unesco, Paris.
- Gras, R. 1994. Sols caillouteux et production végétale. INRA, Paris 175p.
- Hugget, R. J. 1975. Soil landscape systems: A model of soil genesis. *Geoderma*, vol. 13, pp. 1-22.
- INEGI, SPP. 1981. Cartas 1: 1 000 000 y Guías de Interpretación, *Geología, Edafología, Uso del Suelo*, de Chihuahua, Monterrey, Guadalajara, México.
- INRA 1991. Gestion de l'espace rural et système d'information géographique, Florac, France, 1991, 421 p.
- Jamagne, M. 1977. Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. *Bull. Tech. Inf.*, France 324, 325, pp 627-641.
- Jamagne, M., D. King., M. C. Girard., R. Hardy. 1993. Quelques conceptions actuelles sur l'analyse spatiale en pédologie. *Science du Sol* 1993. Vol.31, pp. 141-170.

Títulos publicados en la serie de los Folletos Científicos :

N° 1.- LOYER, J. Y., ESTRADA J., JASSO R., MORENO L. eds., 1994. *Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36.* 367 p.

N° 2.- ORONA, I., GALLARD D., 1994. *Organización y manejo del agua en la parte media de la cuenca Aguanaval.* 36 p.

N° 3.- VIRAMONTES, D., 1995. *Caracterización de los suelos y vegetación en la parte alta de la Cuenca Nazas.* 45 p.

N° 4 - SANCHEZ, I., 1995. *Erosión y productividad en la Comarca Lagunera.* 30 p.

N° 5 - ANAYA, E., BARRAL H. 1995. *La ganadería y su manejo en relación con los recursos agua y pastizal en la zona semi-árida de México.* 77 p.

**Esta publicación se terminó de imprimir en el mes
de abril de 1997 en los Talleres del
Centro Nacional de Investigación
Disciplinaria en Relación
Agua-Suelo-Planta-Atmósfera.
Km 6.5 margen Derecha
Canal Sacramento.
Gómez Palacio, Dgo.
Su tiraje consta de 150 ejemplares.**