

207



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA

**CARTOGRAFIA MORFOGENETICA JERARQUICA A  
TRES ESCALAS DEL AREA DEL MICROBLOQUE  
"EL COLORADO" CHAMELA, JALISCO**

**T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN GEOGRAFIA  
P R E S E N T A :  
RAMON RODRIGUEZ HERNANDEZ**

**ASESOR: Dr. JORGE LOPEZ BLANCO**

**MEXICO, D.F.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

2126916 1999



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Quiero dedicar esta tesis a mi familia:

A mis Padres.

*Elodia y Ramón, gracias por su apoyo, paciencia y dedicación.*

A mis Hermanos:

*María, Elodia e Hilario, gracias por todo.*

A mis abuelos:

*Tito, Eulogia, Aristeo y Mercedes.*

---

---

Quiero agradecer a todas y cada una de las personas, que me han apoyado desinteresadamente, aun sin darse cuenta, en mi formación personal y académica, ya que esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de ustedes:

En primer lugar agradezco al Dr. Jorge López Blanco, por la asesoría, el interés y el apoyo que me ha brindado para la realización de esta tesis, por permitirme estar en sus proyectos, trabajos de campo y clases, que han enriquecido mi formación académica. Y por su valiosa amistad, Gracias.

A los sinodales:

Dr. José Lugo Hubp, por sus atenciones para con mi persona, por sus invitaciones a sus trabajos de campo, en estos años que he estado en el Instituto. Gracias.

Dr. José Juan Zamorano Orozco, por compartir sus enseñanzas geomorfológicas, tanto en el Colegio de Geografía como en el Instituto, por permitirme el acceso a su biblioteca particular. Gracias.

Dr. Felipe García Oliva, por permitirme participar en el proyecto "Cuencas", por sus valiosos comentarios entorno a esta tesis y por las salidas a campo. Gracias.

Dr. Arturo García Romero, por sus comentarios y observaciones realizadas a esta tesis, por su apoyo y amistad. Gracias.

A las siguientes instituciones:

- Instituto de Geografía de la UNAM, por permitirme el uso de sus instalaciones y equipo. Por el apoyo económico del programa de becas (PBÍg).

- CONACyT por el apoyo económico brindado para el desarrollo de este trabajo, que se enmarca dentro del proyecto 0200PT, "Estructura y dinámica del relieve en cinco cuencas hidrográficas en un ecosistema tropical estacional".

- PROBETEL-UNAM, por el apoyo económico.

---

---

- Estación de Biología de Chamela, por el apoyo logístico durante el trabajo de campo

A las siguientes personas:

A las familias Rodríguez Bolaños y Garrido Pérez, por su apoyo incondicional durante mi formación académica. Gracias

A los compañeros del colegio de Geografía, Oscar Josué Jurado (por su apoyo en la digitalización del mapa topográfico), Celia López, Guadalupe Tapia, Antonio Navarrete, Arturo Garrido (por compartir sus conocimientos en SIG y paquetes de computación), Miguel Angel Guillén, David Romero, Agustín Arellano, Jesús Díaz, Rodolfo Ruiz, y a todos los compañeros de generación 1993-1997, Gracias.

A Irma Rocio Hernández, por compartir momentos de felicidad y de tristeza, por su apoyo incondicional y por sus atenciones para mi persona. Gracias.

Finalmente, gracias a todas estas personas que ocupan un lugar importante en mi vida y en mi corazón. Nuevamente gracias.

---

## INDICE

**CAPITULO I INTRODUCCIÓN**

Introducción	1
Objetivos	3
Área de estudio	4
Antecedentes geomorfológicos en el área	6
Estructura del trabajo	7

**CAPITULO II ASPECTOS GEOGRÁFICOS**

Localización	10
Clima	12
Suelos	15
Vegetación y Uso del Suelo	21
Hidrología	25

**CAPITULO III METODOLOGÍA**

Metodología	27
Sistemas de Información Geográfica (SIG)	30
Captura de la información y procesamiento	32
Digitalización de la información básica	32
Rasterización de la información	32
Interpolación de las curvas rasterizadas	33
Modelo digital del terreno (MDT)	33
Aplicación de filtros para mapas específicos	34
Mapa de intervalos de altitudes (altimétrico)	34
Mapa de intervalos de pendientes	34
Mapa de relieve sombreado	35

**CAPITULO IV GEOLOGÍA Y TECTÓNICA**

Geología	36
Estratigrafía	38
Características generales de las rocas que conforman el área de estudio	39
Tectónica	45

Evolución tectónica a partir del Cretácico	47
Evolución tectónica en los últimos 6 Ma	48
<b>CAPITULO V CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA</b>	
<b>CARTOGRAFÍA 1:250 000</b>	51
Laderas de montañas bloque de origen endógeno modelado	52
Lomeríos de origen endógeno modelado	54
Planicies aluviales	56
Planicies costeras	58
<b>CARTOGRAFÍA 1:75 000</b>	62
Base topográfica	62
Mapa altimétrico	63
Mapa de pendientes	67
Laderas de montañas bloque altas de origen endógeno modelado	72
Laderas de montaña bloque bajas de origen endógeno modelado	75
Valles colgados	78
Lomeríos altos de origen endógeno modelado	80
Lomeríos medios de origen endógeno modelado	83
Lomeríos bajos de origen endógeno modelado	86
Superficies de nivelación	89
Lomeríos aislados altos de origen endógeno modelado	91
Lomeríos aislados bajos de origen endógeno modelado	94
Piedemontes	97
Planicies aluviales intermontanas	99
Planicies aluviales	101
Planicies aluviales relicto	103
Planicies costeras	105
Planicie fluvio costera	107
Planicie lagunar costera	109
<b>CARTOGRAFÍA 1:25 000</b>	112
Superficies de nivelación	113
Laderas de lomeríos bajos de origen endógeno modelado	113

---

Lomeríos bajos de origen endógeno modelado	114
Porciones caídas de microbloque tectónico	114
Piedemonte	115
Planicie aluvial intermontana	115
Planicie aluvial	116
<b>CONCLUSIONES</b>	118
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	123
<b>ANEXO 1</b>	129
<b>ANEXO CARTOGRÁFICO</b> (Contiene el mapa de Unidades Morfogenéticas a escala 1:75 000, ajustado al tamaño de la hoja -13 x 19 pulgadas, además un ejemplo de par estereoscópico utilizado para la confección del mapa a la misma escala)	

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Localización del área de estudio	10
Fig. 2. Localización geográfica del área de estudio	11
Fig. 3. Mapa de Climas	14
Fig. 4. Mapa de Suelos	20
Fig. 5. Mapa de Vegetación y Uso del Suelo	24
Fig. 6. Región hidrológica San Nicolás-Cuiztmala	26
Fig. 7. Diagrama de flujo de la metodología empleada	31
Fig. 8. Localización de la Sierra Madre del Sur	36
Fig. 9. Mapa Geológico	44
Fig. 10. Localización del área de estudio, dentro del contexto Tectónico Regional	45
Fig. 11. Modelo tectónico del sureste de México (etapa presente)	46
Fig. 12. Modelo tectónico hace 6 Millones de años	48
Fig. 13. Modelo tectónico de 6 a 3 Millones de años	49
Fig. 14. Modelo tectónico de 3 a 0.9 Millones de años	49
Fig. 15. Modelo tectónico de 0.9 a 0.1 Millones de años	50
Fig. 16. Mapa de Unidades Morfogénicas a escala 1:250 000	60
Fig. 17. Espaciograma con la delimitación de las Unidades Morfogénicas a escala 1:250 000	61
Fig. 18. Localización de las Laderas de montaña, escala 1:250 000	52
Fig. 19. Laderas de montaña del Cerro Caguanton, visto desde el suroeste	53
Fig. 20. Localización de los Lomeríos, escala 1:250 000	54
Fig. 21. Lomeríos, vistos desde la Estación de Biología de la UNAM	55
Fig. 22. Localización de las Planicies aluviales, escala 1:250 000	56
Fig. 23. Parte de la Planicie aluvial del río Cuiztmala	57
Fig. 24. Localización de las Planicies costeras, escala 1:250 000	58
Fig. 25. Parte de la Planicie costera de la bahía de Chamela	59
Fig. 26. Mapa de topográfico (curvas de nivel digitizadas desde la cartografía a escala 1:50 000)	64

<b>Fig. 27. Mapa Altimétrico</b>	<b>65</b>
<b>Fig. 28. Rangos máximos y mínimos de alturas por cada Unidad Morfogénética</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 29. Mapa de Pendientes</b>	<b>68</b>
<b>Fig. 30. Rangos máximos y mínimos de pendientes, así como la pendiente media general por cada Unidad Morfogénética</b>	<b>69</b>
<b>Fig. 31 Mapa de Unidades Morfogénéticas a escala 1:75 000(Anexo cartográfico)</b>	
<b>Fig. 32 Mapa de Relieve Sombreado con la delimitación de las unidades morfogénéticas a escala 1:75 000</b>	<b>111</b>
<b>Fig. 33 Localización de las Laderas de montaña bloque altas</b>	<b>72</b>
<b>Fig. 34 Alturas relativas por subunidad, de las Laderas de montaña bloque altas</b>	<b>73</b>
<b>Fig. 35 Pendientes dominantes en las Laderas de montaña bloque altas</b>	<b>74</b>
<b>Fig. 36 Localización de las Laderas de montaña bloque bajas</b>	<b>75</b>
<b>Fig. 37 Alturas relativas por subunidad, de las Laderas de montaña bloque bajas</b>	<b>76</b>
<b>Fig. 38 Pendientes dominantes en las Laderas de montaña bloque bajas</b>	<b>77</b>
<b>Fig. 39 Localización de los Valles colgados</b>	<b>78</b>
<b>Fig. 40 Localización de los Lomeríos altos</b>	<b>80</b>
<b>Fig. 41 Alturas relativas por subunidad, de los Lomeríos altos</b>	<b>81</b>
<b>Fig. 42 Pendientes dominantes en los Lomeríos altos</b>	<b>82</b>
<b>Fig. 43 Localización de los Lomeríos medios</b>	<b>83</b>
<b>Fig. 44 Alturas relativas por subunidad, de los Lomeríos medios</b>	<b>84</b>
<b>Fig. 45 Pendientes dominantes en los Lomeríos medios</b>	<b>85</b>
<b>Fig. 46 Localización de los Lomeríos bajos</b>	<b>86</b>
<b>Fig. 47 Alturas relativas por subunidad, de los Lomeríos bajos</b>	<b>87</b>
<b>Fig. 48 Pendientes dominantes en los Lomeríos bajos</b>	<b>88</b>
<b>Fig. 49 Localización de las Superficies de nivelación</b>	<b>89</b>
<b>Fig. 50 Localización de los Lomeríos aislados altos</b>	<b>91</b>
<b>Fig. 51 Alturas relativas por subunidad, de los Lomeríos aislados altos</b>	<b>92</b>
<b>Fig. 52 Pendientes dominantes en los Lomeríos aislados altos</b>	<b>93</b>
<b>Fig. 53 Localización de los Lomeríos aislados bajos</b>	<b>94</b>
<b>Fig. 54 Alturas relativas por subunidad, de los Lomeríos aislados bajos</b>	<b>95</b>

---

Fig. 55 Pendientes dominantes en los Lomeríos aislados bajos	96
Fig. 56 Localización de los Piedemontes	97
Fig. 57 Localización de las Planicies aluviales intermontanas	99
Fig. 58 Localización de las Planicies aluviales	101
Fig. 59 Localización de las Planicies aluviales relicto	103
Fig. 60 Localización de las Planicies costeras	105
Fig. 61 Localización de la Planicies fluvio-costera	107
Fig. 62 Localización de la Planicies lagunar costera	109
Fig. 63 Mosaico Fotográfico con la delimitación de las Unidades Morfogénicas a escala 1:25 000	117

## INTRODUCCIÓN.

El propósito de un levantamiento geomorfológico es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno, los procesos geomorfológicos y los fenómenos naturales conexos (Verstappen and Van Zuidam, 1991)

En este trabajo se elabora una cartografía morfogenética jerárquica a tres escalas (1:250,000, 1:75,000 y 1:25,000), basada parcialmente en la delimitación propuesta por la metodología del levantamiento geomorfológico del ITC (Países Bajos). Sin embargo gran parte del desarrollo del trabajo es un aporte original, el cual se ha aplicado y se dirige, para que en un futuro cercano, pueda llegar a ser, con el consenso y aporte de los especialistas en geomorfología en México, una metodología aceptada de manera general, con su estandarización y formalización correspondiente. Todo esto para la elaboración de mapas morfogenéticos a escalas medias, basándose en la consideración de cuatro aspectos fundamentales: Origen / Tipo / Edad / Geometría.

La elaboración de la cartografía parte del análisis de la génesis, evolución y dinámica del relieve, la cual es la base para la delimitación de unidades espaciales homogéneas, las cuales son básicas para los fines de planeación ambiental del territorio.

Las implicaciones geomorfológicas de las escalas temporales han sido exploradas en diversos trabajos en las últimas décadas. A diferencia de ello, pocos estudios han mostrado el efecto de las escalas espaciales sobre las formas y los procesos en geomorfología (De Boer, 1992). La caracterización de la heterogeneidad espacial de las unidades morfogenéticas cartografiadas, a diferentes escalas, es una forma de contribuir al conocimiento de la relación entre los procesos y las formas del relieve, a diferentes niveles jerárquicos.

Para la diferenciación de las unidades se tomaron en cuenta cuatro aspectos básicos del relieve; Su origen (endógeno, exógeno, endógeno modelado, entre otros.). El tipo general y particular (laderas de montaña, piedemonte, lomeríos y planicies), Su temporalidad (edad de la roca), y La clase geométrica de relieve (concauidad, convexidad además de algunos parámetros morfométricos como son pendientes, altura absoluta, altura relativa).

El relieve terrestre, como parte del ambiente geográfico, es objeto de estudio de la geomorfología (Martínez de Pinsón, 1982). La capacidad de localizar e identificar en el espacio las formas y depósitos característicos de una determinada unidad morfogenética, hace posible su representación en un documento cartográfico.

Corberó, *et al.* (1993), definen al mapa geomorfológico como una representación reducida y simbólica de la superficie terrestre o de una parte de ella. La escala depende de los objetivos y problemas que se van a tratar.

Según Córdova, 1988 en la actualidad existe una gran cantidad de elementos del relieve terrestre que se pueden estudiar y, por lo tanto, una gran variedad de mapas que para ello es necesario elaborar. El mismo autor clasifica a los mapas geomorfológicos en generales y especiales, los primeros cubren las características básicas como son la morfología, génesis y edad del relieve; los segundos muestran un punto básico, como pendientes, densidad de la disección y profundidad de la disección.

Para Joly, 1979 y Spiridinov, 1981, los mapas geomorfológicos pueden ser analíticos y sintéticos. Los mapas analíticos representan un determinado fenómeno en cuanto a sus relaciones dentro del espacio geográfico, como son, su posición, altitud y orientación; los mapas sintéticos son explicativos e integran la información de varios mapas analíticos, dando como resultado los mapas de correlación, los cuales reúnen en un mismo fondo diferentes variables.

Verstappen y Van Zuidam *op. cit.*, señalan tres tipos de levantamientos geomorfológicos que dan origen a tres clases de mapas:

Los analíticos, proporcionan información sobre formas del relieve y procesos, destacando la morfogénesis y la morfocronología, pero también incluyen datos sobre litología y morfoestructuras.

Los sintéticos, son el producto de estudios vinculados con las relaciones ambientales entre la expresión del terreno y factores del paisaje (clima, relieve, litología, suelos, hidrología y vegetación). Se realizan en el contexto de una síntesis del paisaje y para el uso de levantamientos multidisciplinares del terreno

Los pragmáticos, son el resultado de investigaciones geomorfológicas que están guiadas desde el principio por un propósito específico, frecuentemente en el contexto de un proyecto de planificación del desarrollo. Tanto el contenido del mapa, como la leyenda, son diseñados a partir de datos analíticos y sintéticos.

Sin embargo, los trabajos que se han elaborado acerca del relieve mexicano, con esta temática y para esta parte del país son en realidad pocos; en este sentido se toma a la geomorfología, disciplina que se nutre de la geografía y la geología, para obtener una carta morfogenética cuyo objetivo es el de diferenciar las formas del relieve en función de su origen (Lugo, 1988).

## **OBJETIVOS.**

El objetivo general de la presente investigación consiste en la realización de una cartografía morfogenética jerárquica a tres escalas, con la metodología desarrollada en el ITC, utilizando como herramienta un sistema de información geográfica (SIG).

Para poder cumplir con el objetivo general se plantean los siguientes objetivos particulares:

- Elaborar un mapa morfogenético a tres escalas (1:250,000, 1:75,000 y 1:25,000), partiendo del análisis de las cartas topográficas y temáticas a escala. 1:250,000 y 1:50,000, la interpretación de fotografías aéreas a escala: 1:75,000 y 1:15,000.
- Recopilar en formato digital la cartografía topográfica y temática existente, así como la resultante de este trabajo; con el fin de conformar un SIG, que presente la característica primordial de poder actualizarse de forma rápida y precisa.

Mediante la elaboración de la cartografía morfogenética a varias escalas se tendrá un marco de referencia geográfico con diferentes aproximaciones, que servirá como instrumento principal para plantear estrategias del uso de los recursos del área.

Con lo antes mencionado se pretende contribuir de alguna manera al conocimiento geomorfológico de esta parte del territorio, así como a establecer una base cartográfica que sirva como punto de partida para futuras investigaciones.

## ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio, se localiza entre las coordenadas extremas 19°47' y 19°21' de latitud norte y a los 105°12'30" y 104°46' de longitud oeste, se encuentra en la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre del Sur (SMS), dentro de la subprovincia sierras y lomeríos (INEGI, 1981).

Dentro del área de estudio se encuentra la Reserva de la Biosfera "Chamela-Cuixmala". Decretada el 30 de diciembre de 1993, para proteger una extensión de 13,142 ha que en su mayoría están cubiertas por selva baja caducifolia (SEMARNAP-CONABIO, 1995). Situada a 60 Km al noroeste de Barra de Navidad, en el Estado de Jalisco, esta reserva es una extensa zona cubierta de

vegetación, desde la costa hasta la cima de varios de los cerros más elevados; el Arroyo Chamela y el Río Cuitzmala marcan sus límites norte y sur, respectivamente.

La importancia ecológica de esta reserva radica principalmente en su diversidad de especies. En ella se han registrado 72 especies de mamíferos, 27 de ellas exclusivamente mexicanas (endémicas); 270 especies de aves (36 endémicas); 66 de reptiles (32 endémicas) y 19 anfibios (10 endémicos), además de un gran número de invertebrados, principalmente insectos. También se ha calculado la existencia de alrededor de 1 200 especies de plantas, de las cuales un alto porcentaje son endémicas (SEMARNAP-CONABIO, *op. cit.*).

En este sitio, investigadores de diferentes dependencias de la UNAM, entre ellas los Institutos de Ecología y de Geografía, tienen un proyecto a largo plazo que estudia la estructura y dinámica del ecosistema tropical estacional usando cinco pequeñas microcuencas hidrográficas (Sarukhan, J y Maass, M. 1990).

Los trabajos realizados en esta área, abarcan diferentes temas como los climas, en el cual Bullock, S. H. (1986), señala que el clima en la zona se encuentra referido a una marcada estacionalidad de temperaturas medias mensuales mínimas con valores que van de 15° a 23° C. García-Oliva, *et al.*, (1991), en su trabajo presentan un patrón de distribución de lluvia en la parte central de la costa pacífica mexicana, tomando en cuenta la incidencia de ciclones, que para esta zona determinan el total anual de la precipitación.

En cuanto a la vegetación Lott, E., (1985), realizó un listado florístico de la Estación de Biología de Chamela, basada en los tres estratos de vegetación dominantes; arbóreo superior de 15 a 25 m de altura, arbóreo inferior de 7 a 15 m de altura y herbáceo-arbustivo que se caracteriza por alturas menores a 5 metros.

Estudios relacionados con los suelos en el área, aunque de carácter específico o de manera puntual, se pueden citar los realizados por, Maass, M. *et al.*, (1988), Galicia, L., (1992), Solís, V., (1993), García, F. *et al.*, (1994), García, F. *et al.*, (1995), y Galicia, L. *et al.*, (1995). Todos ellos abordan problemas como la erosión, conservación, flujo y pérdida de nutrientes, actividad de Cs<sup>137</sup>, de carbón orgánico y las características físicas de los suelos, en zonas tropicales, como es el caso del área de Chamela.

López-Blanco, J. *et al.*, (1996), realizan la caracterización morfológica y la delimitación de unidades de ladera en la cuenca 1, utilizando un SIG; consideran un análisis jerárquico teniendo en cuenta escalas espaciales de lo general a lo particular: cuenca, vertiente, unidad de ladera y subcuencas de primer orden, las variables que utilizan son: altitud, pendiente y orientación de laderas.

Galicia, L. *et al.* (1999), analizan la relación existente entre la intercepción de la radiación solar y el contenido de agua en el suelo, utilizando como herramienta un SIG, dividen la cuenca en tres pisos altitudinales: alto, medio y bajo, tomando en cuenta la inclinación y orientación de las laderas, la cobertura de vegetación y la época del año (para los diferentes ángulos de inclinación de los rayos solares), los factores anteriores se reflejan de manera directa en las características de los suelos.

## ANTECEDENTES GEOMORFOLÓGICOS EN EL ÁREA.

En el caso de los estudios geomorfológicos y en particular de la cartografía morfogenética, existentes para el área de estudio, deben señalarse en primer término el desarrollo a nivel nacional que han tenido en las últimas décadas.

El primer mapa de carácter geomorfológico para la República Mexicana fue elaborado por Raisz, E, 1959 (en Lugo, J. 1990), a partir del cual se han generado varias modificaciones.

Lugo, J *op. cit.*, presenta un mapa de regionalización geomorfológica de la República Mexicana a escala. 1:15 000 000. Para dicha delimitación el autor toma en cuenta la morfología y su relación con la estructura geológica; además de agregar diferentes elementos morfométricos del relieve.

Córdova, *op. cit.* realiza una cartografía geomorfológica del occidente de la República Mexicana, este trabajo incluye un mapa morfogenético y una regionalización del relieve de dicha zona. Debe mencionarse además que él uso la escala 1:1 000 000 para la interpretación, y la presentación de los resultados en dos escalas 1:2 000 000 y 1:4 000 000.

El Instituto de Ecología AC., (1995), trabaja dentro del Programa Ambiental de México, que incluye a la Costa Alegre de Jalisco; para lo cual se ha realizado la Regionalización Ecológica de dicha zona. Para este trabajo se toma en particular el apartado que corresponde a la zona de Chamela-Careyes, donde se realiza una clasificación de las geoformas de acuerdo con la siguiente jerarquía: 1. Región terrestre. 2. Sistema terrestre. 3. Paisaje terrestre y 4. Unidad natural a escala 1:50 000, que sirve como una primera aproximación para la cartografía que se realizó.

La cartografía temática (geología, suelos, climas, uso del suelo y vegetación), utilizada en el presente trabajo fue elaborada por el INEGI en 1973 y 1975, a escala 1:250,000 y 1:50,000.

## **ESTRUCTURA DEL TRABAJO.**

En el capítulo uno, que corresponde a la introducción, se presenta de manera general una explicación de lo que es la cartografía geomorfológica, su desarrollo y aplicaciones; se plantean los objetivos de la presente investigación, así también se plantea una metodología a desarrollar para cumplir con los mismos, se hace

una breve explicación de los trabajos que en materia de geomorfología se han realizado.

En el capítulo dos, se genera un marco general de los aspectos físico-geográficos, en relación con el área de estudio, se tratan aspectos tales como la ubicación geográfica que ocupa el área de estudio, se hace un análisis de los diferentes tipos de climas y su distribución, se explica la distribución espacial y las características de los suelos así como de la vegetación que sustentan y el uso que se les da a cada asociación, finalmente se hace referencia a la carta hidrológica, con lo cual se tiene un marco general del área de estudio

En el capítulo tres se presenta de manera general cuales son los pasos a seguir, en la elaboración de mapas morfométricos dentro de un sistema de información geográfica (SIG), a partir de un modelo digital del terreno (MDT), la utilidad de los mapas generados de esa forma, así como la interrelación de ellos con la delimitación de las unidades morfogenéticas interpretadas en las fotografías aéreas; se generan tablas de clasificación aplicadas posteriormente al modelo.

El capítulo cuatro corresponde al análisis de la geología y tectónica de la zona, donde se reúnen trabajos relacionados con el tema, se presenta de forma general la evolución geológica del área, la estratigrafía y las características de las unidades geológicas que afloran en el área, se presenta el mapa correspondiente; se sintetiza la actividad tectónica en el área de estudio desde un punto de vista regional, el cual abarca el suroccidente de México y temporalmente se toma al Precámbrico como punto de inicio y se pone un mayor énfasis en los últimos 6 Ma. Se ilustra con esquemas que configuran dicha evolución.

En el capítulo cinco se describe cada una de las unidades morfogenéticas que conforman el área de estudio, se realiza un análisis de los materiales utilizados para cada una de las diferentes escalas cartografiadas y se presentan las

leyendas correspondientes a los mapas elaborados, con lo cual se genera un marco de referencia para clasificaciones futuras.

Finalmente se presenta una serie de conclusiones, en torno a la presente investigación, se anexa la carta morfogenética a escala: 1:75,000; con polígonos en color. Para su representación cartográfica se ha ajustado al tamaño máximo de la hoja de impresión (13 x 19 pulgadas).

LOCALIZACIÓN.

El área de estudio se localiza a 60 Km al noreste de Barra de Navidad, dentro de la "Costa Alegre de Jalisco". Se delimita al norte por el río San Nicolás, al sur por el Río Cuitzmala, en la parte este por el Río Higuierillas y al oeste por el Océano Pacífico (Fig. 1).

Se encuentra en la porción norte de la provincia fisiográfica denominada Sierra Madre del Sur, ocupa una área aproximada de 1,325.15 Km<sup>2</sup>, en su interior se presenta un desnivel topográfico que va del nivel del mar a los 1 380 msnm en el cerro El Pantano (ver, Fig. 2). Existen en el interior de esta área nueve asociaciones de suelos que a su vez sustentan al mismo número de tipos de vegetación y cuatro diferentes tipos de agricultura, todo lo anterior influenciado por dos tipos de climas (INEGI, 1981).

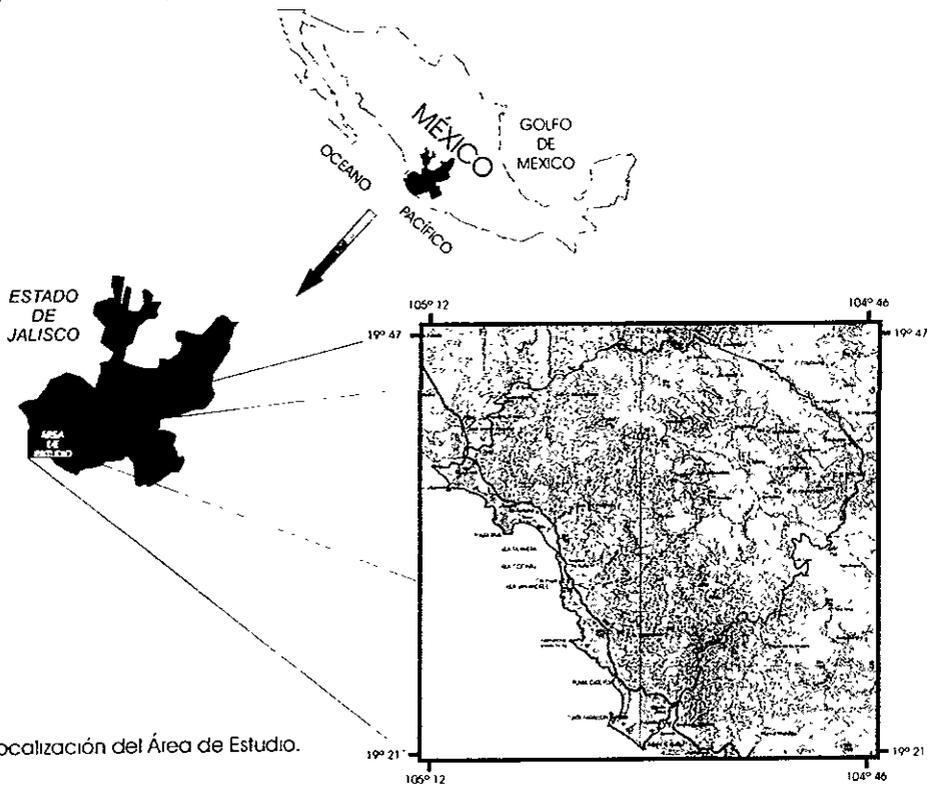
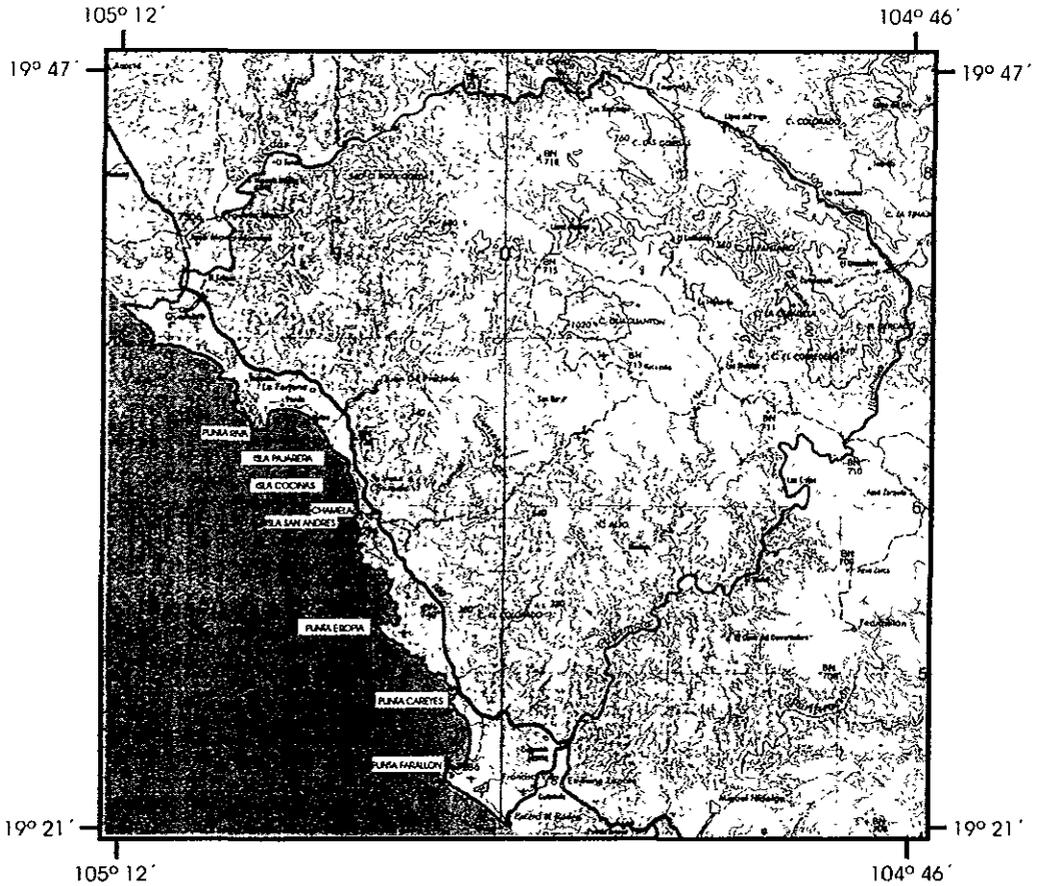


Fig. 1 Localización del Área de Estudio.

Sus coordenadas geográficas extremas son 19° 47' y 19° 21' de latitud norte y 105° 12' y 104° 46' de longitud oeste.



Fuente: Carta Topográfica, editada por el INEGI, 1991.

Fig. 2. Localización geográfica del área de estudio

De acuerdo con la división municipal, el área de estudio ocupa parte de los municipios de La Huerta, Purificación y Tomatlán respectivamente. Los poblados más importantes son Chamela, Juan Gil Preciado, La Fortuna y Quemaro. La principal vía de comunicación es la carretera número 200 (Manzanillo-Puerto Vallarta).

## CLIMA.

La clasificación y distribución de los climas según la Secretaría de Programación y Presupuesto 1981, y García 1987, consiste en lo siguiente (Fig. 3)

1 BS<sub>1</sub>(h<sup>1</sup>)w(w). Clima Seco, Semiseco con lluvias en verano, se presenta como una franja de aproximadamente 5 Km de ancho a lo largo de la línea de costa, en la desembocadura del río San Nicolás se interna en el continente alrededor de 10 Km y después continúa de manera regular; por debajo de los 200 msnm.

La temperatura media anual es de 24.6° C, el mes más cálido es junio y el más frío es febrero. Respecto a las lluvias el mes más húmedo corresponde a septiembre y el más seco es abril, el total de lluvia anual es de 655.7 mm.

Presenta una oscilación térmica de 5.4° C y un % de precipitación invernal de 3.4. Los datos se toman de la estación 14-048 Higuera Blancas (ver, Fig 3) con 20 msnm y sus coordenadas son 19° 41' N y 105° 10' W (tabla 1).

Tabla 1. Datos meteorológicos, estación Higuera Blancas.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	22.4	21.8	21.8	23.0	24.1	26.1	27.2	26.7	26.9	26.3	25.5	23.8	24.6
P	12.2	3.8	6.4	1.4	4.9	56.1	113.0	154.1	174.0	79.0	30.7	20.1	655.7

T=Temperaturas Medias Mensuales en °C.

P=Precipitaciones Medias Mensuales en milímetros.

2. Aw<sub>0</sub>(w). Clima Cálido, se distribuye como una franja paralela a la anterior, de aproximadamente 25 a 30 Km de ancho, el límite inferior es la cota de 200 msnm y el superior es de 800 msnm.

La temperatura media anual es de 26.2° C, el mes más cálido corresponde a junio y agosto y la menor temperatura se presenta en el mes de marzo. En cuanto a la distribución de la lluvia se tiene que el mes más húmedo es septiembre y el más seco es febrero; el total de lluvia anual es de 979.2 mm. Presenta una oscilación térmica de 4° C y un % de lluvia invernal de 2.8.

Los datos se toman de la estación 14-027 Cihuatlán a 20 msnm y sus coordenadas son 19° 14' N y 104° 35' W (tabla 2).

Tabla 2. Datos meteorológicos, estación Cihuatlán.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	24.5	24.2	24.0	24.8	26.4	28.0	27.7	28.0	27.6	27.6	26.5	25.3	26.2
P	20.1	3.4	4.7	5.5	26.9	99.6	145.2	230.9	277.0	121.2	24.6	20.2	979.2

T=Temperaturas Medias Mensuales en °C

P=Precipitaciones Medias Mensuales en milímetros

3.  $Aw_1(w)$  Clima Cálido, se encuentra en las partes más altas, por encima de los 800 msnm y corresponde a las cimas de los cerros el Pantano (1,380), Guaganton (1,020) y el Corredero (940).

La temperatura media anual es de 25.9° C, el mes con mayor temperatura es agosto y la menor temperatura corresponde al mes de enero. Las lluvias se distribuyen de la siguiente forma, el mes más húmedo es septiembre y el más seco es mayo; el total de lluvia anual es de 1,429.6 mm.

Presenta una oscilación térmica de 5.9° C y un % de lluvia invernal de 2.9.

Los datos se toman de la estación 14-075 Puerto Vallarta a 2 msnm y sus coordenadas son 20° 37' N y 105° 14' W (Tabla 3).

Tabla 3. Datos meteorológicos, estación Puerto Vallarta.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
T	22.8	22.9	23.2	24.4	26.3	28.1	28.6	28.7	28.5	28.0	26.0	24.1	25.9
P	20.4	15.0	6.1	5.1	4.6	217.2	336.4	331.2	345.9	118.6	14.2	15.0	1429.6

T=Temperaturas Medias Mensuales en °C

P=Precipitaciones Medias Mensuales en milímetros

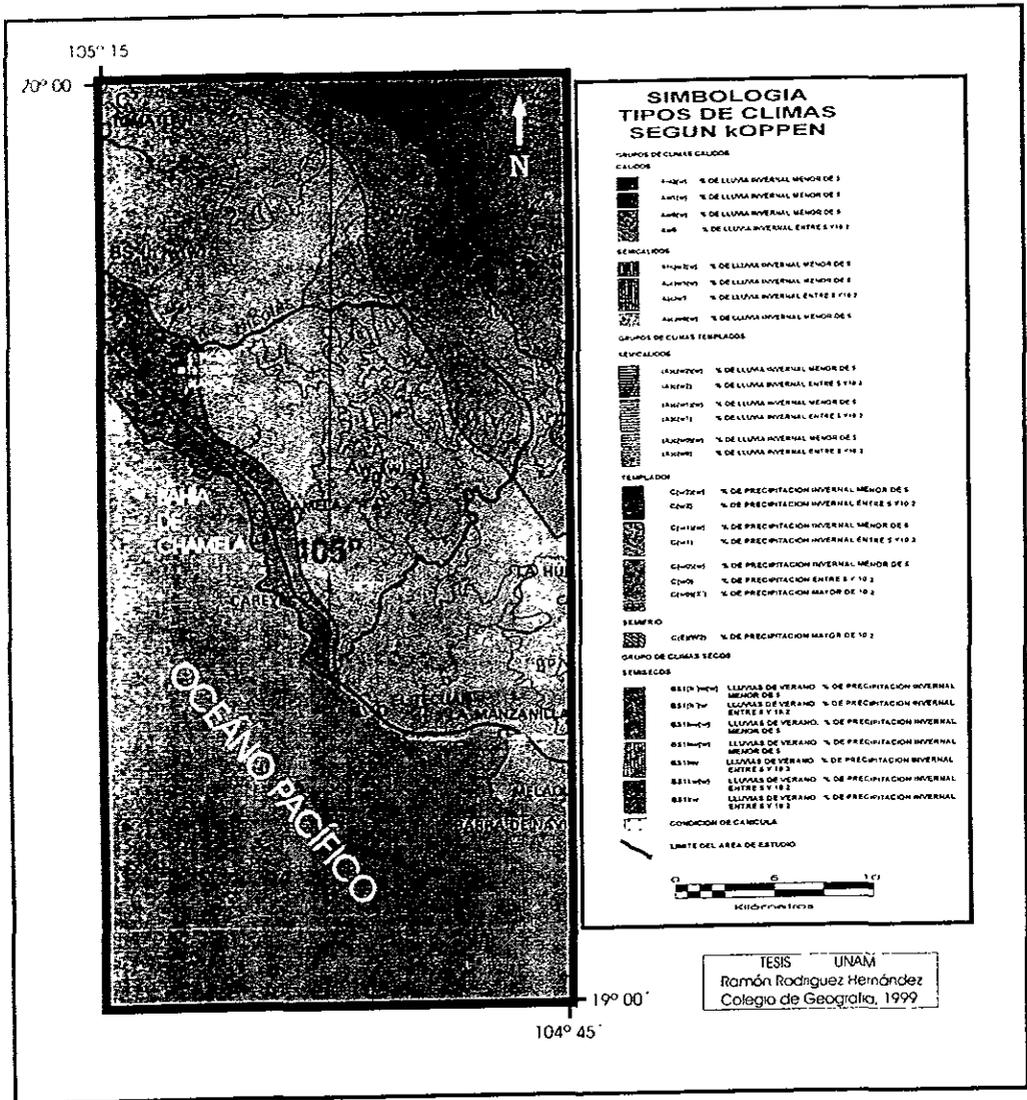


Fig. 3 Mapa de Climas, tomado de SPP, 1981.

## SUELOS.

La distribución de suelos en el área de estudio se toma de las cartas editadas por la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP, 1981), para su localización espacial se toma como base a los diferentes tipos de asociaciones, así como sus características físicas (Fig. 4).

### B. Cambisol.

Son suelos jóvenes y poco desarrollados, se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa de roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como carbonato de calcio, fierro, arcilla y manganeso, se presentan en cualquier clima, menos en las zonas áridas; y son altamente susceptibles a la erosión (SPP, 1981).

**Be/1.** En la planicie aluvial del río San Nicolás al N de El Tabaco, en los alrededores del Tunal al NE de Higuera Blancas, en el arroyo Picachos al NE de La Fortuna, y en el arroyo el limbo al NE de la Punta Farallón.

**Be+Hh/2.** En los alrededores de Zapotán al SE de Higuera Blancas, en la planicie aluvial del río Cuitzmala cerca de los poblados Francisco Villa y Cuitzmala

**Be+Hh+Je/1.** Alrededores de los poblados La Fortuna, Pérula y San Mateo, en los arroyos Juan Pérez y Picachos al N de la Bahía Chamela.

**Be+Je/1.** Se encuentra en la planicie aluvial del río San Nicolás al N del cerro Bola Gorda.

**Be+Je/2.** Arroyo la Carrera al SE del poblado los Ranchitos, en los arroyos Careyes, Careyitos y los Cajones al NE de la punta Farallón, y en la planicie aluvial del río Cuitzmala al NW del poblado Emiliano Zapata.

**Bc+Lc/3.** Al NE del Divisadero en la unión del arroyo el Tene y el río Higuera.

**Bc+Re/1.** En la Punta Soledad que incluye los poblados Quemaro y el Tabaco, en los arroyos Guayabillos, Hornitos y Cualcomate al N del microbloque el Colorado.

**Bc+Re/2.** Cerca de la unión de los arroyos Maderas y Chamela.

**Bc+Re+Hh/1.** En los arroyos Guayabos y Piletas de León al E del poblado Juan Gil Preciado.

**Bc+Re+I/2.** Una pequeña porción al norte de la Punta Etiopia (Espíritu Santo).

**E Rendzina.**

Estos suelos se presentan en climas cálidos o templados con lluvias moderadas, su vegetación natural es de matorral, selva o bosque. Presenta una susceptibilidad moderada a la erosión, su principal característica es poseer una capa superficial abundante de humus y muy fértil descansando sobre roca caliza (SPP, 1981).

**E+I/3.** En el paraje conocido como el Divisadero en la unión del arroyo el Tene y el río Higuierillas.

**H. Feozem.**

Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como en distintos tipos de terreno, desde planos hasta montañosos. Su característica principal es una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y en nutrientes; el uso que se le da varía, en función del clima, relieve, y algunas condiciones del suelo, lo anterior determina también su susceptibilidad a erosionarse (SPP, 1981).

**Hh/1.** En el Divisadero en la unión del arroyo el Tene y el río Higuierillas.

**Hh/2.** Al N del cerro Bola Gorda, en los arroyos el Tene, y el Saucillo al SE del llano del Higo, y en los alrededores del poblado los Ranchitos al SE de los poblados el Palmar y Emiliano Zapata.

**Hh+Be/1.** En el arroyo Chamela y en los alrededores del poblado Juan Gil Preciado.

**Hh+Be/2.** En la planicie aluvial del río Cuitzmala al NW del poblado Francisco Villa.

**Hh+Re/1.** En la planicie aluvial del río San Nicolás al S del Tunal y NE del cerro Bola Gorda, en los arroyos Carretas, Picachos, Juan Pérez, Higuierita, La Vainilla y Mata de Hule, en los poblados Nancastillo y San Borja, en la planicie aluvial del río Cuitzmala al N del poblado Emiliano Zapata, y en el paraje el Tempizque.

**Hh+Re/2.** En el Palmar al NW del cerro Guaganton, en los cerros el Pantano, los

Chivos, la Cebadilla, el Montoso y el Corredero al NE del área de estudio, y en la planicie aluvial del río Cuitzmala al E de la Punta Farallón.

### I Litosol.

Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca. Se localizan en todas las sierras de México, en mayor o menor proporción, en laderas barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos; en función del material que los forma pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a erosionarse depende de la zona en donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo, puede ser desde moderada hasta muy alta (SPP, 1981).

**I<sub>1</sub>**, En el cerro Tambora al S de la Punta la Virgen.

**I+E<sub>2</sub>** Al SW de los Cimientos en el arroyo el Aguacate.

**I+Hh+Re<sub>1</sub>**, Al E de la salinas Jaibas.

**I+Re<sub>1</sub>**, En la cabecera del arroyo la Palma al S del Tabaco, en la punta Jaibas al N de La Fortuna, al E de San Mateo en la bahía Chamela, y finalmente se encuentra en el cerro la Cebadilla al N del Carrizalito.

**I+Re+Bc<sub>1</sub>**, Al NW de La Fortuna.

### J. Fluvisol.

Se caracterizan por estar formados siempre por materiales acarreados por agua. Están constituidos por materiales disgregados que no presentan estructura en terrones, es decir son suelos muy poco desarrollados. Se encuentran en todos los climas y regiones de México, cercano siempre a los lagos o sierras desde donde escurre el agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos. Presentan muchas veces capas alternadas de arena, arcilla o grava, que son producto del acarreo de dichos materiales por inundaciones o crecidas no muy antiguas. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que los forman (SPP, 1981).

**Je/1.** En la planicie aluvial del río San Nicolás, y en los alrededores de los poblados Jocotlan, Chamela, Cuitzmala, Higuierillas.

**Je+Be/1.** En la planicie aluvial del río San Nicolás, en el estero Leones cerca de la bahía de Chamela, y en el río Cuitzmala.

#### L. Luvisol.

Son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque en ocasiones se pueden encontrar en climas más secos. Su vegetación es de bosque o selva. Se caracterizan por tener un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, son fértiles y poco ácidos (SPP, 1981).

**Lc/2.** Al N del cerro el Pantano en el paraje denominado el Panal.

**Lc+Re/3.** Al W del Llano del Higo.

**Lv/3.** Al W del Llano del Higo en el Divisadero y en Camposanto donde se unen el arroyo el Tene y el río Higuierillas.

#### R. Regosol.

Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Se encuentran en las playas, dunas y, en mayor o menor grado, en las laderas de todas las sierras mexicanas (SPP, 1981).

**Re/1. Re+Bc/1. Re+Hh/1. Re+Hh+Bc/1. Re+Hh+I/1. Re+I/1.** Estas asociaciones de suelos ocupan un 90% del área total de estudio.

#### V. Vertisol.

Son suelos que se presentan en climas cálidos y templados, en zonas en las que hay una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural de estos suelos va desde las selvas bajas hasta los pastizales y matorrales de los climas semisecos. Se caracterizan por las grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros, grises o café rojizos, algunas veces son salinos (SPP, 1981).

Vc/3. Alrededores del Tunal en la planicie aluvial del río San Nicolás al NE de Higuera Blanca

**Z. Solonchak.**

Son suelos que se presentan en diversos climas, en zonas donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en algunas partes del suelo. Su vegetación cuando la hay, está formada por pastizales o por algunas plantas que toleran el exceso de sal; tienen poca susceptibilidad a la erosión (SPP, 1981).

Zg-ms/2. En las salinas Careyes.

Zg+Zo-n/2. Salinas Chamela.

Zo-n/1. Salinas Jaibas, y en el estero Pérula.

Zo+Zg-n/2. Desembocadura del río Cuitzmala cerca de la costa.

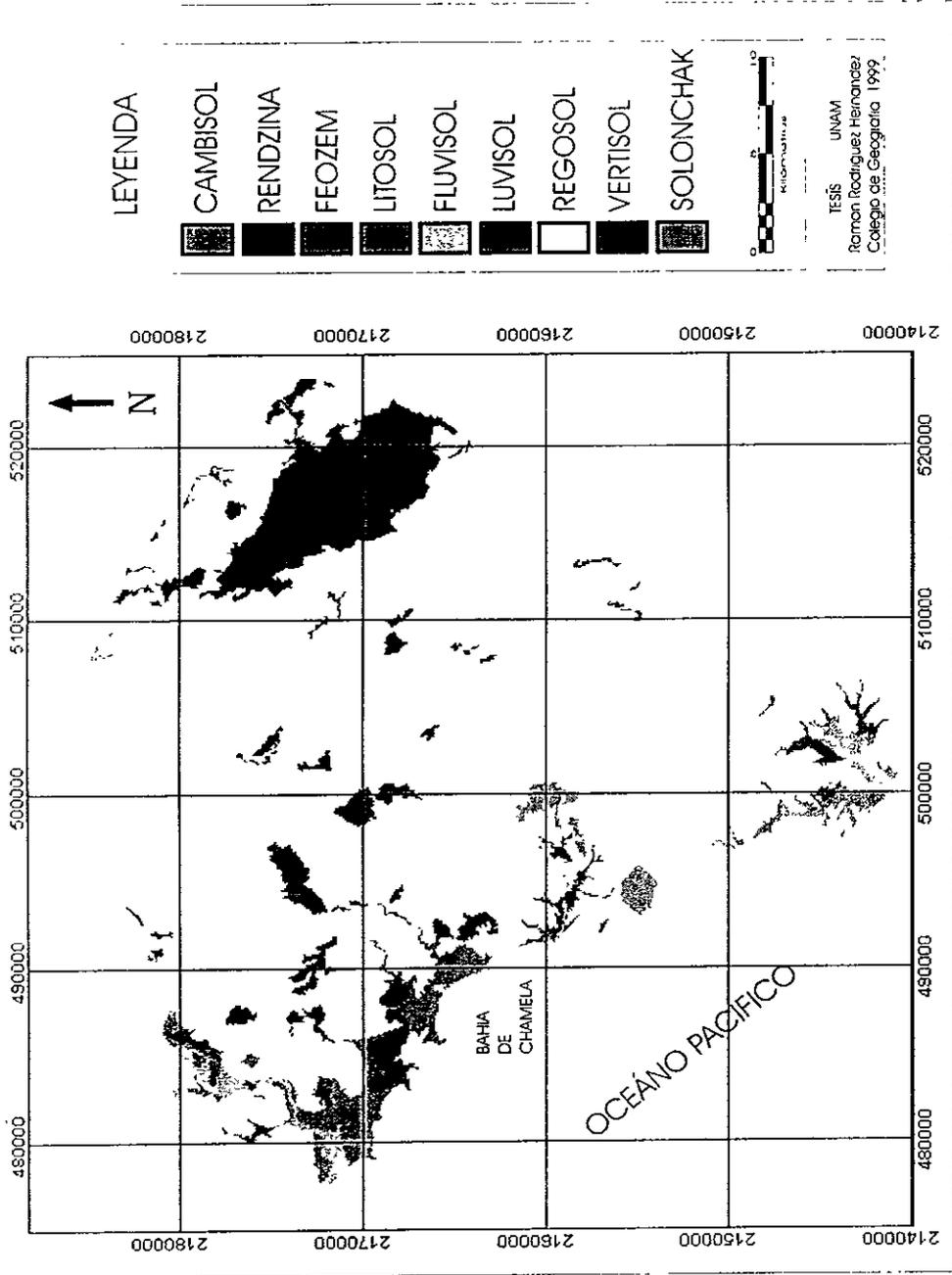


Fig. 4 Mapa que presenta, las principales asociaciones de suelos, que se encuentran en el área de estudio

## VEGETACION Y USO DEL SUELO.

De acuerdo con las cartas de vegetación y uso del suelo editadas por la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP, 1981); su distribución en el área de estudio es la siguiente (Fig. 5).

### I. Pastizal inducido.

Se encuentra de manera aislada al NE del cerro Bola Gorda, en la planicie aluvial Río Cuitzmala; ocupa una área mayor en los alrededores del cerro Caguanton y el llano del Higo, marca la transición entre la selva baja caducifolia y la selva mediana subcaducifolia.

### C. Pastizal cultivado.

Se localiza cerca de los poblados San Marco, La Fortuna, Juan Gil Preciado y San Borja, en el piedemonte del cerro Caguanton hacia el arroyo Chamela, en los alrededores del cerro El Colorado y finalmente en el paraje conocido como El Cedro en la planicie aluvial del Río Cuitzmala.

### Q. Bosque de encino.

Es una comunidad característica de las zonas montañosas de México. Se encuentra desde el nivel del mar hasta 3100 msnm, aunque más del 95% de su extensión se halla en altitudes de entre 1200 y 2800 msnm -en el área de estudio su altitud máxima es de 1380 msnm- prosperan en condiciones de clima Cw pero también se extienden hacia los tipos Cf, Cs, Cx', Af, Am, Aw y Bs. Su distribución se halla entre las isoyetas de 600 y 1200 msnm, (Manrique L. 1988). Este tipo de vegetación se desarrolla en las cimas de los cerros el Cercado, el Pantano, Guaguanton y las Gordas.

### Ms. Selva mediana subcaducifolia.

Ocupa el NE del área de estudio; aproximadamente por encima de los 300 msnm, en manchones aislados al piedemonte de los cerros el Cercado, el Pantano,

Guaguanton y las Gordas, además en pequeñas superficies de la desembocadura del Arroyo Chamela.

**Bc Selva baja caducifolia.**

Es una comunidad vegetativa que se encuentra en zonas cálido-húmedas y en todo el país, el tipo de clima característico de esta comunidad es Aw y Cwa. Se encuentra a lo largo de la línea de costa por debajo de los 300 msnm, desde el Río Cuitzmala hasta el San Nicolás, ocupa alrededor de tres quintas partes del área de estudio.

**Ma. Manglar.**

Comunidad vegetal ampliamente distribuido en los litorales de las regiones cálidas de la tierra. Prospera principalmente en las orillas de lagunas costeras, de bahías protegidas y desembocaduras de ríos, en donde hay zonas de influencia de agua de mar. Para su desarrollo necesita de un suelo profundo de textura fina y de agua salina tranquila o estancada (Rzedowski, 1986).

En una pequeña área en la desembocadura del Río Cuitzmala.

**Tu. Tular.**

Son una comunidad de plantas acuáticas cuya fisonomía está dada por monocotiledóneas de 1 a 3 m de alto de hojas angostas o bien carentes de órganos foliares. Estos vegetales están arraigados en el fondo poco profundo de cuerpos de agua corriente lenta y estacionarios, tanto dulce como salobre (Rzedowski, *op. cit.*).

Ocupa dos porciones menores de la desembocadura del Río Cuitzmala.

**Vh. Vegetación halofila.**

Es una vegetación característica de suelos con alto contenido de sales solubles (Rzedowski, *op. cit.*). Se encuentra en los alrededores de la laguna de Corte en la desembocadura del Río Cuitzmala, en la cala Careyitos al norte de la punta Careyes y en la desembocadura del Arroyo Chamela.

**Vg. Vegetación de galería.**

Se localiza en manchones aislados en las planicies aluviales de los Ríos Cuitzmala y San Nicolás, cerca de la desembocadura y en el paraje conocido como el Cedro en el Río Cuitzmala.

**TA. Agricultura de temporal con cultivos semipermanentes.**

Se desarrolla en los alrededores de los poblados Zapotán, Higuera Blanca, Quemaro cerca de la desembocadura del Río San Nicolás y Francisco Villa en el Río Cuitzmala, en la planicie aluvial del Río Higuierillas en el paraje conocido como El Divisadero.

**TP. Agricultura de temporal con cultivos permanentes.**

Ocupa tres porciones menores del área de estudio, la primera se encuentra al N de la bahía Chamela, en los alrededores de los poblados Pérula y San Mateo, la segunda área se localiza en la desembocadura del Arroyo Chamela y finalmente la tercera porción ocupa una parte de la desembocadura del Río Cuitzmala al N del estero El Rodeo.

**TPS. Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes.**

Se desarrolla en la parte N de la planicie aluvial del Río San Nicolás cerca de la desembocadura del mismo.

**RS. Agricultura de riego con cultivos semipermanentes.**

Se localiza únicamente al N de Higuera Blanca en la planicie aluvial del Río San Nicolás.

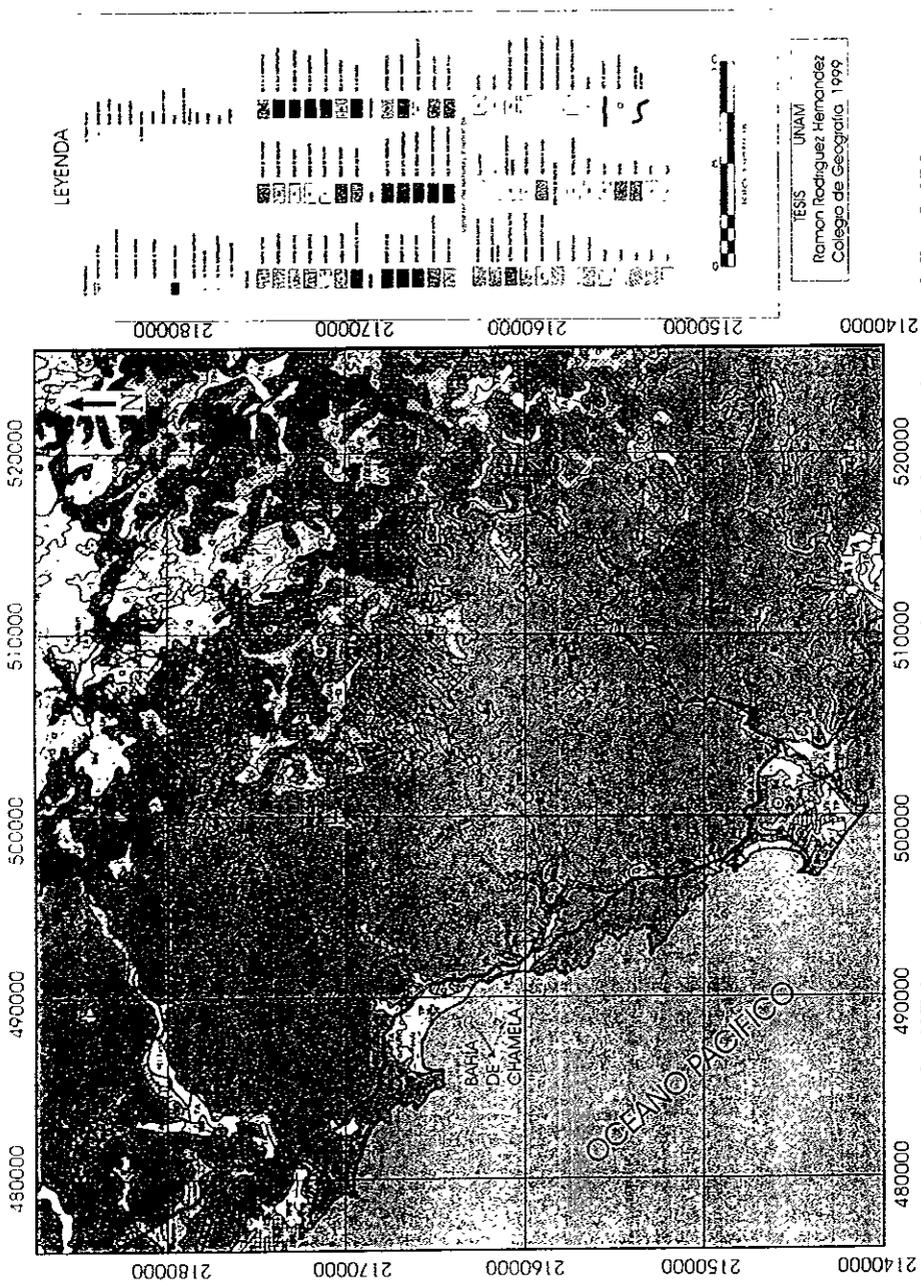


Fig. 5 Mapa de uso de suelo y vegetación, tomado de INEGI, 1991.

## HIDROLOGIA.

El área de estudio comprende parte de dos regiones hidrológicas, en este caso la más importante por su extensión es la número 15, costa de Jalisco; con 11,590.69 Km<sup>2</sup>, incluye las cuencas: Río Chacala-Purificación, Río San Nicolás-Cuitzmala y Río Tomatlán-Tecuán (SPP, 1981).

Estas regiones pertenecen a la vertiente del Pacífico y representan una red hidrográfica integrada con patrones de drenaje de tipo dendrítico, dendrítico-subparalelo y radial.

Las principales corrientes con régimen perenne que drenan al área son los ríos: San Nicolás, Cuitzmala (límites noroeste y sureste respectivamente del área de estudio), y los ríos Purificación, Tomatlán y Marabasco.

La región Costa de Jalisco, presenta características hidrográficas, orográficas y geológicas semejantes a las que se encuentran a lo largo del litoral del Océano Pacífico, está constituida por corrientes de poco desarrollo debido a la cercanía de la sierra a la costa.

Tiene forma semejante a un trapecio cuya base mayor sería la costa y la menor la cordillera.

El sistema San Nicolás-Cuitzmala (15B): Drena una área de 3,870.50 Km<sup>2</sup>, se puede considerar que esta cuenca ocupa la parte central de las costas de Jalisco junto con el río Cuitzmala (15BA), que nace en las inmediaciones del cerro Camalote, localizado a 15 km al noreste del poblado de Purificación; ambos escurrimientos desembocan en el Océano Pacífico (Fig. 6).

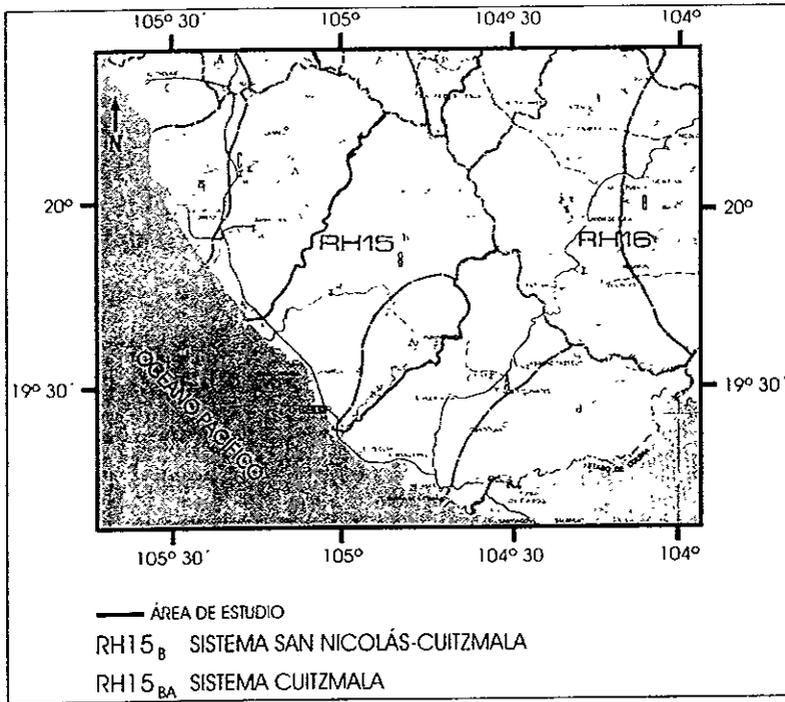


Fig 6 Región hidrológica San Nicolás-Cuitzmalá, tomado de SPP, 1981.

## METODOLOGÍA.

Para realizar lo planteado en este trabajo se toma a la cartografía morfogenética jerárquica, ya que proporciona información concisa y sistemática sobre las formas del terreno, dichas formas son representadas de tal manera que su origen y desarrollo son claramente reconocibles; lo anterior permite jerarquizarlas, puesto que una unidad geomórfica puede estar enmarcada dentro de un sistema de unidades de mayor complejidad.

El trabajar a varias escalas permite, por un lado, tener un marco de referencia a partir del cual se pueden desarrollar estudios de carácter local y particular o como base para la planeación de actividades como la conservación de los recursos naturales, esto ocurre en escalas pequeñas.

En el caso de las escalas grandes, se ocupa un área menor, lo cual tiene utilidad en la solución de problemas a corto plazo como la erosión del suelo; que afecta de manera directa a la sociedad.

La delimitación de las unidades parte básicamente, de la subdivisión de las cuatro grandes morfologías que conforman el área, laderas de montaña, lomeríos, piedemontes y planicies. Tomando en cuenta el origen, tipo, temporalidad y la clase de relieve que presentan.

Para la delimitación de las laderas de montaña en primer lugar se observa la altura relativa entre ellas, si presentan más de 200 m se consideran como tales, si tienen menos de 200 m son considerados como lomeríos, se observa la continuidad de las laderas limitadas por los sistemas de fallas locales, así como por planicies aluviales intermontanas; al presentarse una cierta discontinuidad de la forma de la ladera, por un cambio de pendiente, se reconocen los piedemontes, basándose también en el cambio de tono y textura de los materiales.

Se realiza una fragmentación en función de la morfología de sus superficies cumbrales, al realizar este análisis se delimitan los valles colgados, que se desarrollan en la parte cumbre y cuya desembocadura se sitúa en el borde de un escarpe, además se observan superficies de nivelación, en función de ser formas planas con un uso de suelo agrícola lo que se representa por un cambio en los tonos de gris, más claros.

Otro criterio que se toma, está en función de la diferencia altitudinal, que se presenta considerando todas las laderas, dando como resultado la división entre laderas de montañas altas ( $h > 250$  m) y laderas de montañas bajas ( $> 200 \leq 350$  m). Al integrar la información al SIG y conocer su altura relativa, se renombran dichas unidades, ya que en las fotografías no se tiene certeza del nombre final.

Para el caso de la gran unidad de lomeríos, cuya distribución ocupa un piso altitudinal más bajo que la unidad anterior, se toman en cuenta criterios como la continuidad de los mismos, con lo que se diferencian en lomeríos y lomeríos aislados.

El siguiente criterio consiste en seguir la continuidad de las laderas, encontrándose así algunos piedemontes locales, en otro caso se delimitaron dos planicies aluviales relicto, diferenciadas por un cambio en los tonos de gris, un cambio a pendientes suaves, un cambio del nivel de base local que se refleja en la erosión y un cambio en el uso de suelo a pastizales y un gran número de planicies aluviales intermontanas, que siguen un arreglo lineal en función de los contactos entre las grandes unidades y los lomeríos individuales.

Se caracterizan las superficies cumbrales, con lo cual se encuentran algunas superficies de nivelación, delimitadas bajo los criterios utilizados en las encontradas en las ladera de montañas. Finalmente con la integración mediante el proceso de digitalización, de las unidades al SIG, se conocen las alturas relativas y se dividen en lomeríos altos ( $h > 150 < 200$  m), lomeríos medios ( $h > 100 < 150$  m) y

lomeríos bajos ( $h < 100$  m), en función de tres pisos altitudinales más o menos bien diferenciados al interior de los mismos; de igual manera se divide a los lomeríos aislados, en altos ( $h > 50 < 100$  m) y bajos ( $h < 30$  m).

Con respecto a las planicies aluviales, que ocupen el piso altitudinal más bajo en este caso, se toma como criterio la continuidad de los depósitos de materiales, desde la desembocadura y hacia el interior del continente, al presentarse la primera discontinuidad pasan a ser planicies aluviales intermontanas.

El cambio de pendiente, con relación con las unidades vecinas marca los límites extremos de esta unidad, se emplazan siguiendo la dirección de los grandes sistemas de fallas.

Otro punto que se tomó en cuenta, es el aporte de materiales que tiene cada una de las planicies, por lo que en la desembocadura del Arroyo Chamela fue posible diferenciar una planicie fluvio costera, formada por procesos aluviales y modelada por la acción de las olas y las mareas principalmente.

Por último la planicie costera, que se delimita principalmente por su contacto con el mar, los tonos de gris claros y la poca diferencia altitudinal, que origina una forma plana, no se fragmenta sino que se delimitan otras de menor tamaño a lo largo de la costa, que en su mayoría es rocosa.

Relacionada a una de estas pequeñas planicies, se identifica una planicie lagunar costera, identificada por presentar una forma cóncava, que da como resultado la presencia de un tono de gris más fuerte en la fotografía, presenta además un cambio de pendiente en contra a la general que termina en el mar; por último hay un cambio en el uso de suelo diferente a las zonas adyacentes.

La interpretación de las fotografías aéreas, consistió en una diferenciación de los pisos altitudinales, la inferencia de lineamientos locales y regionales, de los cambios de pendiente, la determinación de cambios en los tonos de gris en función de los procesos que ocurren en el interior de cada subunidad y de los diferentes usos del suelo principalmente.

Posteriormente y utilizando la herramienta del SIG, se realizaron cortes al MDT en relación al área que corresponde a cada una de las fotografías; dichos cortes se imprimen a escala 1: 75,000, para tener una mejor relación entre las fotografías y los rasgos del mapa, se transfieren las unidades en su correspondiente modelo y se digitalizan; se caracterizan morfológicamente en función de los resultados obtenidos al cruzar este mapa de unidades con los morfométricos, elaborados en un principio.

En el anexo cartográfico, se incluye un "par estereoscópico" que corresponde a la porción centro-oeste del área (planicie aluvial del arroyo Chamela y lomeríos adyacentes), en donde se ejemplifica de forma gráfica, el ejercicio de interpretación de las fotografías aéreas, utilizado para la delimitación de las unidades morfogénicas en el caso de las escalas 1:75,000.

#### **Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Un SIG es una tecnología que permite introducir, seleccionar, procesar, transformar y combinar diferentes clases de datos georeferidos; en este contexto el SIG puede ser una herramienta útil para el conocimiento y delimitación de unidades, en este caso morfogénicas (López Blanco *et al.*, 1996).

En este trabajo se utilizó el sistema de información geográfica ILWIS (Integrated Land and Water Information System), instalado en una computadora personal, 486 con 66 Mghz de velocidad, con monitor de alta resolución.

El método, basado en el manejo y análisis de la información en la tecnología mencionada, se simplifica en el diagrama de flujo de la Fig. 7.

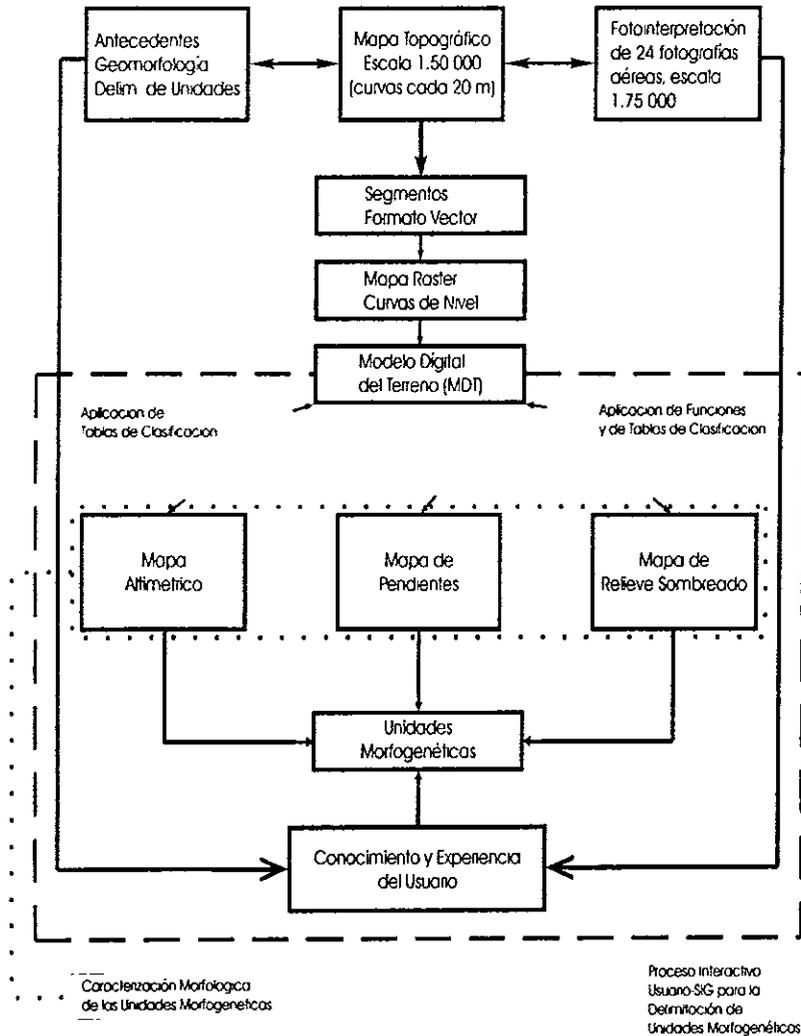


Fig. 7. Diagrama de flujo de la metodología empleada.

## **CAPTURA DE LA INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO**

### **Digitalización de la información básica.**

En primer lugar se digitalizó la información topográfica, contenida en los 5 mapas correspondientes en escala 1:50 000 editados por el INEGI 1973; dicha información presenta una equidistancia de 20 m entre curvas de nivel consecutivas, en el caso de las planicies y la costa se digitalizaron las curvas auxiliares que cuentan con una equidistancia de 10 m

A cada uno de los segmentos digitalizados, curvas de nivel, se le asigna un código, que corresponde al valor que representan en función de su altitud sobre el nivel del mar (cotas en msnm).

### **Rasterización de la información.**

Este segundo paso consiste en convertir la información altitudinal, que se encuentra en formato vectorial (archivos secuenciales de coordenadas X y Y con un identificador) a formato de celdas o raster (formato matricial bidimensional en columnas/filas).

Se elige también el tamaño de celda (pixel), que en este caso fue de 25 m por lado; este valor corresponde a 0.5 mm en el papel a la escala real del mapa digitizado, este valor fue tomado de acuerdo a lo recomendado como valor óptimo, en mapas raster, en relación con la escala del mapa digitalizado y con la resolución de captura (Valenzuela y Baumgarden, 1990).

La rasterización de las curvas de nivel permite asignar un atributo (valor de la altitud de la curva de nivel correspondiente) a cada celda que coincida, o que es intersectado, con la posición de algún sector de dicha curva; de manera

automática el sistema realiza la asignación de acuerdo al área que ocupa el pixel; si no coincide con alguna curva se asigna valor desconocido o sin atributo

#### **Interpolación de las curvas de nivel rasterizadas.**

Consiste en la aplicación de un algoritmo de interpolación, el cual calcula para cada "pixel" las dos distancias más cortas a las dos curvas de nivel consecutivas más cercanas; posteriormente calcula el valor altitudinal de cada uno de los pixeles del modelo, mediante una relación lineal y con ello se obtiene el modelo digital del terreno (Palacio *et al.*, 1991:92).

El programa *Interpol*, del sistema ILWIS, se basa en el algoritmo de transformación de distancias de Borgfors (Gorte y Koolhoren, 1990); el cual proporciona un método para calcular la distancia de cada elemento de cada celda o elemento de valor de altitud desconocida, con respecto a la posición X y Y de las celdas que poseen atributo altitudinal (valor conocido).

#### **Modelo digital del terreno (MDT).**

El MDT es el resultado de los pasos anteriores, siendo una representación digital de la geometría de la superficie de la Tierra; es un conjunto de puntos con coordenadas X, Y y Z registrados en una base de datos (Skidmore, 1989).

Dentro del contexto de un SIG, el MDT es la base de datos espaciales que mejor se aplica para describir y conocer a detalle las características del relieve, así mismo modelar, analizar y presentar fenómenos relacionados con geomorfología.

A este producto (MDT), se le aplican diversos filtros y tablas para generar mapas específicos, con una utilidad y aplicación definida.

## APLICACIÓN DE FILTROS PARA MAPAS ESPECÍFICOS.

### **Mapa de intervalos de altitudes (altimétrico).**

El mapa altimétrico es uno de los más importantes, ya que resume de forma rápida y clara la información del mapa topográfico, lo que facilita la fragmentación del relieve.

En primer lugar se genera una tabla de clasificación, en este caso formada por 14 intervalos, que van de la altura mínima 0 m (nivel del mar) hasta la máxima de 1,380 msnm, cima del cerro El Pantano. Los rangos fueron establecidos en relación con los valores máximos, mínimos y las frecuencias; estos se obtienen al aplicar la función *Histograma* al MDT.

El siguiente paso consiste en aplicar dicha tabla al MDT, utilizando la función para reclasificar dicho modelo, de lo cual resulta un mapa con 14 intervalos de altura; se modifican los colores dados por defecto por el sistema, por colores convencionales para este tipo de mapas.

### **Mapa de intervalos de Pendientes.**

En este caso se aplica un tratamiento al MDT con los filtros de convolución lineal DFDX y DFDY, con los cuales se calcularon las diferencias altitudinales para pixeles consecutivos, en el sentido de las X y Y respectivamente.

Este es un proceso en el cual cada valor de pixel en un mapa de formato de celdas, es substituido por un nuevo valor obtenido a partir de la aplicación de cierta función sobre los pixeles y sus vecinos (ITC, 1992:109).

Se genera una tabla de clasificación en función de los rangos recomendados por Van Zuidam (1986), para clasificar inclinaciones de laderas de acuerdo con los valores críticos de pendiente y con los procesos dominantes que se presentan.

Al igual que con el mapa altimétrico, se aplica la tabla correspondiente al MDT, con la función para reclasificar el modelo, dando como resultado un mapa con 9 intervalos, se modifican los colores por tonos de verde a café; con la finalidad de poder obtener un mejor contraste entre los cambios de pendiente.

#### **Mapa de relieve Sombreado.**

Para obtener este mapa fue necesaria la aplicación de filtros direccionales al MDT, ajustables para simular iluminaciones desde diferentes orientaciones (Palacio *op. cit.*), lográndose de esta manera una aparente tercera dimensión definida por la distribución de tonos de gris que facilita la percepción visual de las características del terreno.

El procedimiento de aplicación de filtros se hizo de manera semejante a lo explicado para el caso del cálculo de las pendientes.

Los filtros direccionales que se aplican en este caso tienen a la fuente de luz localizada a 45° sobre la horizontal, esta posición de altura angular se considera como estándar o normal (Burrough, 1989).

El valor resultante al ser desplegado en el monitor de la computadora (formato *byte*) permite tener una visión sombreada del terreno usando 256 tonos en escala de grises. Se realizó una subdivisión del mapa obtenido, en función del área que corresponde a cada una de las 24 fotografías aéreas, con la finalidad de trasladar la información interpretada en estas últimas.

El objetivo de este capítulo es el de realizar un análisis de los estudios que en materia de geología y tectónica, han realizado diversos autores, en el área de estudio; dicha información sirvió de base para asignar la cronología y litología, así como para entender la dinámica y evolución de las unidades morfogénéticas.

## GEOLOGÍA.

La Sierra Madre del Sur (SMS) es una gran unidad orográfica que comprende la porción sur de los estados de Jalisco, incluyendo Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, que forman el parteaguas de la vertiente del Golfo y del Pacífico (INEGI, 1981)

Se encuentra limitada al norte por el Eje Neovolcánico, así como por las entrantes sedimentarias correspondientes a la Cuenca Morelos-Guerrero y a la Cuenca de Tlaxiaco; al sureste con la Sierra de Juárez y al oriente con la provincia del Sur Este de México. En la SMS predominan las rocas volcánicas y metamórficas y en último término las sedimentarias (López-Ramos, 1983). En la Fig. 8 se presenta la delimitación de la Sierra Madre del Sur.



Fig. 8. Localización de la Sierra Madre del Sur.

El objetivo de este capítulo es el de realizar un análisis de los estudios que en materia de geología y tectónica, han realizado diversos autores, en el área de estudio; dicha información sirvió de base para asignar la cronología y litología, así como para entender la dinámica y evolución de las unidades morfogénéticas

## GEOLOGÍA.

La Sierra Madre del Sur (SMS) es una gran unidad orográfica que comprende la porción sur de los estados de Jalisco, incluyendo Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, que forman el parteaguas de la vertiente del Golfo y del Pacífico (INEGI, 1981).

Se encuentra limitada al norte por el Eje Neovolcánico, así como por las entrantes sedimentarias correspondientes a la Cuenca Morelos-Guerrero y a la Cuenca de Tlaxiaco; al sureste con la Sierra de Juárez y al oriente con la provincia del Sur Este de México. En la SMS predominan las rocas volcánicas y metamórficas y en último término las sedimentarias (López-Ramos, 1983). En la Fig. 8 se presenta la delimitación de la Sierra Madre del Sur.



Fig 8 Localización de la Sierra Madre del Sur.

Maldonado-Koerdell en 1970, señala que la historia geológica de la SMS, es compleja, se inicia en el Precámbrico y continua hasta el presente, lo que se refleja en la expresión actual del relieve.

La edad de la estructura basal de la SMS ha sido estudiada por Rodríguez-Torres (1970), quien la ubica en el Precámbrico tardío. El metamorfismo del basamento de la SMS tuvo lugar hace 1000 y 1200 millones de años aproximadamente, lo que equivale a la orogenia Grevilliana del oriente de Canadá, Fires (en De Cserna, 1970). El mismo autor propone para este evento metamórfico del sur de México, el nombre de orogenia Oaxaqueña.

Para López-Ramos, *op. cit.*, la SMS tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas, calizas plegadas y otros sedimentos clásticos asociados con ellas, lavas e intrusiones; es una unidad profundamente disecada, de rocas plegadas, afalladas y separadas por intrusiones que datan del Precámbrico, Paleozoico, Mesozoico y aún del Terciario.

En la porción occidental de ésta provincia fisiográfica, durante el Cretácico tardío, fue emplazado un batolito, el cual provocó fuertes deformaciones o dislocaciones en las rocas preexistentes.

Durante el período Terciario se originaron los depósitos de rocas volcánicas que cubrieron una gran parte del área y al mismo tiempo se formaron los depósitos de rocas sedimentarias continentales.

En el Cuaternario se formaron los depósitos de suelos, que se encuentran en los litorales y cerca de las costas, así como los que rellenan los valles de esta región (INEGI, 1981).

En la actualidad, el batolito integra una sierra de mediana altitud en la que se han abierto valles intermontanos; la sierra se levanta más o menos abruptamente del mar y presenta un desarrollo incipiente de valles y llanuras costeras.

El sistema de toposformas dominantes son lomeríos y lomeríos con llanos aislados con altitudes que van de los 20 a los 180 msnm. con pendientes de 15° a 60° y con formas predominantemente convexas (INEGI, 1981).

## ESTRATIGRAFÍA.

Las unidades que afloran en el área de estudio, están compuestas por rocas sedimentarias, volcánicas, plutónicas y volcanosedimentarias, ubicadas en un rango geocronológico comprendido entre el Mesozoico y el Cenozoico.

Las unidades mesozoicas pertenecen al Cretácico están constituidas por rocas sedimentarias calcáreas, derrames lávicos de composición andesítico-riolítica y depósitos volcanoclásticos; a menudo se encuentran intercaladas, dando origen a secuencias volcanosedimentarias.

Las rocas sedimentarias calcáreas se correlacionan con la Formación Morelos (López-Ramos, *op. cit.*) y corresponden a depósitos marinos desarrollados en zona de plataforma mientras que los derrames volcánicos, depósitos volcanoclásticos y las secuencias volcanosedimentarias son propios de zona de arco volcánico insular, los dos últimos tipos de rocas se correlacionan con la Formación Vallecitos (Pantoja, 1986).

Asimismo, a finales de este mismo período se inicia un evento magmático intrusivo de tipo calco-alcálico, constituido por granito, granodiorita y tonalita, que en algunas localidades afectan a las secuencias anteriores; este evento intrusivo tiene migración en tiempo y espacio hasta el Terciario Inferior (Negendank, 1986).

El Cenozoico se representa por rocas terciarias y cuaternarias, tanto volcánicas como depósitos clásticos continentales; durante el Terciario Inferior el vulcanismo se manifestó de tipo andesítico, el que se correlaciona con la secuencia volcánica inferior de la provincia petrológica Sierra Madre Oriental (McDowell y Clabaugh, 1979); tras un intervalo de calma volcánica y fuerte erosión en las partes levantadas, se depositaron secuencias clásticas continentales, constituidas por arenisca y conglomerado, que posiblemente se correlacionan con el Grupo Balsas (López-Ramos, *op. cit.*).

Durante el Oligoceno-Mioceno, se reactiva el vulcanismo dando origen a tobas de composición riolítico-riodacítica, las que pueden correlacionarse con la secuencia volcánica superior ignimbrítica de la provincia petrológica Sierra Madre Occidental.

A finales del Terciario, nuevamente se presenta fuerte erosión en las partes positivas, lo que originó el depósito de secuencias clásticas continentales. Asimismo y hasta el Cuaternario, se tiene la emisión de derrames lávicos de composición basáltica, así como la edificación de volcanes monogenéticos escoriáceos, lo anterior corresponde al límite sudoeste de la provincia petrológica Eje Neovolcánico Transmexicano (Demant, 1978). También en el Cuaternario se tiene el depósito de material con carácter conglomerático, así como de origen aluvial, litoral, eólico y palustre.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ROCAS QUE CONFORMAN EL AREA DE ESTUDIO.

La información que se presenta a continuación, se tomó de la carta geológica elaborada por el INEGI en 1991, a escala 1:250,000.

**Granito del Cretácico.** Compuesto por cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa y biotita principalmente; tiene una estructura compacta y masiva, en ocasiones en forma esferoidal debido al intemperismo, el que a su vez produce superficies de

oxidación con textura arenosa; el sistema principal de fracturas es noroeste-sureste y forma un ángulo promedio de 45° con el sistema secundario  
*Intrusión a rocas sedimentarias calcáreas y rocas volcano sedimentarias del cretácico inferior, subyace en discordancia a rocas volcánicas de composición ácida e intermedia y a depósitos areno-conglomeráticos del terciario, así como a depósitos continentales del cuaternario (INEGI, 1991).*

**Toba del Cretácico.** Compuesta por minerales de cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas, biotita, fragmentos de roca ígnea extrusiva de composición ácida, sericita, pirita y hematita, en una matriz vítrea en proceso de desvitrificación; su textura es merocristalina piroclástica y presenta estructura fluidal y compacta masiva; su fracturamiento tiene orientación noroeste-sureste y las fallas son de tipo normal, que en ocasiones producen escarpes.

La unidad sobreyace en posición discordante a granito del cretácico, se relaciona con el complejo volcánico superior de la provincia petrológica Sierra Madre Occidental (Idem).

**Caliza del Cretácico.** Unidad constituida por roca calcárea marina de ambiente de plataforma, con textura biomicrítica y cuya mineralogía esta formada por calcita, hematita diseminada, partículas de cuarzo, tremolita, muscovita, biotita, trazas de dolomita, arcilla y cemento de espato calizo.

Muestra estructura masiva con huellas de disolución, se encuentra recristalizada por efecto del intrusivo granítico, se presenta en ocasiones en estratos con espesor promedio de 40 a 80 centímetros.

La unidad subyace a secuencias volcanosedimentarias del cretácico inferior; rocas volcanoclásticas del cretácico superior, volcánicas de composición intermedia del terciario inferior, tobas del oligoceno-mioceno; la unidad es correlacionable litológicamente con la Formación Morelos (Idem)

**Arenisca del Cretácico.** Roca sedimentaria continental clásticaarrítmica, de grano medio, compacta, con mala selección y sus componentes mineralógicos son

hematita, sílice, esfena, arcilla y fragmentos redondeados de roca sedimentaria calcárea andesita y toba vítrea intermedia.

Se encuentra en concordancia a caliza del cretácico inferior y a granito del cretácico, por lo que se le asigna una edad del cretácico. Se puede correlacionar con los depósitos clásticos post-orogénicos de tipo molasse, descritos en el estado de Morelos (Grupo Balsas) (Idem).

**Ígnea extrusiva básica del Terciario.** Constituida por cuarzo, feldespatos, calcita, sílice, hematita, limonita y esferulitas de clorita, se caracteriza por mostrar gradación, estructura lenticular y fuerte empaquetamiento.

Presenta una pseudo estratificación que varía de 10 a 60 centímetros de espesor, el fracturamiento es principalmente en dirección noroeste-sureste y en ocasiones presenta alteración hidrotermal.

Sobreyace a secuencias volcanosedimentarias del cretácico inferior y alterna con rocas volcánicas de composición intermedia y ácida del terciario (Idem).

**Ígnea extrusiva intermedia del Terciario.** Constituida por toba vítrea, toba cristalina, brecha volcánica y en menor proporción derrames andesíticos porfídicos y horizontes volcanoclásticos de la misma composición; mineralógicamente está constituida por oligoclasa, andesina, clorita, sericita, hematita, cuarzo, pirita y fragmentos de rocas ígneas extensivas de composición intermedia, en una matriz vítrea intermedia; su textura es merocristalina, inequigranular y piroclástica, su estructura es compacta masiva.

La unidad sobreyace en discordancia a rocas ígneas intrusivas graníticas del cretácico y a rocas volcanoclásticas del cretácico superior; subyace en discordancia a rocas areno-conglomeráticas del terciario superior. Se relaciona con el complejo volcánico inferior de la provincia petrológica Sierra Madre Occidental (Idem).

**Ígnea extrusiva ácida del Terciario.** Formada por toba vítrea, toba cristalina e ignimbrita de composición ácida, mineralógicamente se constituye por cuarzo,

plagioclasa sódica, feldespato potásico, biotita, hematita, epidota, sericita, clorita, calcita, pirita y fragmentos de rocas ígneas extrusivas ácidas, en una matriz vítrea desvitrificada. Su textura es merocristalina piroclástica y su estructura es fluidal, y amigdalal.

Se considera como parte de un paquete volcanosedimentario-volcanoclástico, el cual probablemente sea la prolongación del cinturón volcánico-volcanosedimentario del mesozoico formado en el extremo noroeste de la margen continental de México (Idem).

**Riolita del Terciario.** Constituida por silice microcristalino, zircón y hematita, en una textura holocristalina microgranular, su estructura es compacta brechoide.

La unidad sobreyace en forma discordante al granito del cretácico y se relaciona con la secuencia volcánica superior de composición ácida de la provincia petrológica Sierra Madre Occidental (Idem).

**Andesita del Terciario.** Formada por minerales de andesina, labradorita, auguita, hornblenda, epidota, clorita y pirita; en una matriz microcristalina de plagioclasa sódica, de textura holocristalina, con estructura compacta masiva con vesículas, presenta fracturamiento intenso.

Sobreyace en discordancia al granito cretácico y subyace en discordancia a rocas volcánicas de composición ácida del oligoceno-mioceno y a depósitos clásticos del cuaternario. Se correlaciona con el complejo volcánico inferior de la provincia petrológica Sierra Madre Occidental (Idem).

**Conglomerado del Terciario Superior.** Compuesto por fragmentos subredondeados con diámetros de 1 centímetro a 1 metro, de granito, andesita, toba intermedia y ácida, en una matriz arcillo-arenosa medianamente compacta.

Sobreyace en discordancia a granito del cretácico, rocas volcanoclásticas del cretácico superior y subyace a depósitos clásticos del cuaternario (Idem).

**Litoral del Cuaternario.** Unidad constituida por depósitos clásticos recientes de playa, originados por la acción de las olas y corrientes marinas. Los detritos son de cuarzo, micas y fragmentos subredondeados y redondeados de rocas y conchas, con granulometría del tamaño de la grava y arena. Se distribuye en algunas porciones de la costa, formando playas (Idem).

**Palustre del Cuaternario.** Conformado por sedimentos del tamaño del limo y arcilla, depositados en ambiente de transición de tipo lagunar, en donde el agua es poco profunda, intermitente y con vida vegetal; en ocasiones contiene sales y gases disueltos. Morfológicamente esta unidad constituye esteros y lagunas separadas del mar por barras (Idem).

**Eólico del Cuaternario.** Unidad formada por fragmentos redondeados del tamaño de la arena, que han sufrido los procesos de transporte y depósito mediante la acción del viento. Los detritos son de cuarzo, feldespatos, micas y conchas. Se distribuye a lo largo de la línea de costa, formando dunas alargadas y continuas (Idem).

**Aluvial del Cuaternario.** Depósitos clásticos continentales sin consolidar, constituidos por fragmentos subredondeados de roca ígnea intrusiva, sedimentaria calcárea y volcánica de composición intermedia y ácida. Su expresión morfológica más común es de planicie aluvial; se distribuye indistintamente en el área (Idem).

En la Fig. 9. Se presente el mapa geológico del área de estudio, digitalizado de las cartas de INEGI escala 1:50 000, y ajustado para su impresión al tamaño máximo de la hoja.

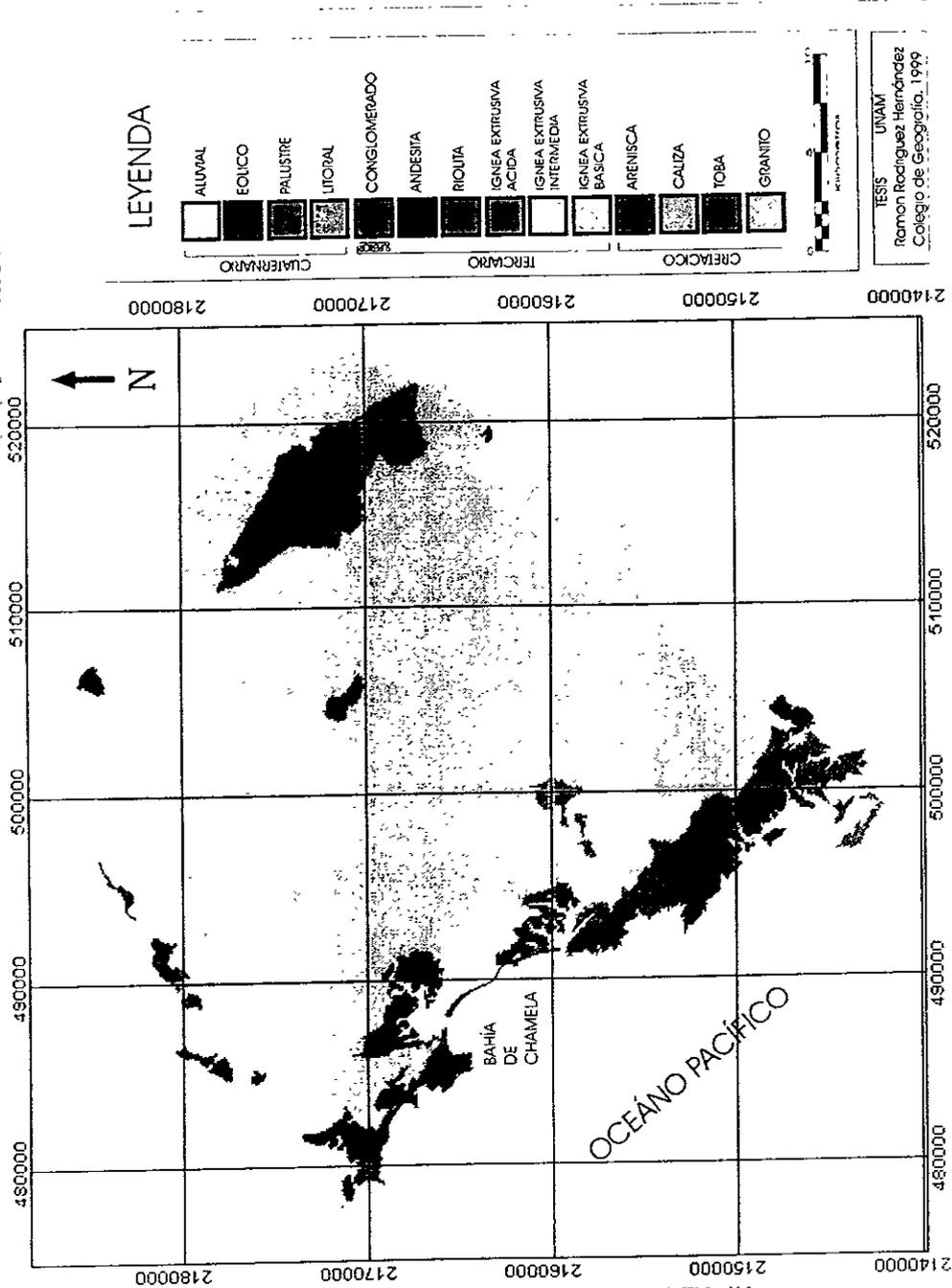


Fig 9 Mapa que presenta, las principales unidades Geológicas, que conforman el área de estudio.

## TECTÓNICA.

Se hace un análisis de los estudios que en materia de tectónica han realizado diversos investigadores, se localiza el área de estudio y se resume la evolución que ha tenido poniendo un mayor énfasis en los últimos 6 millones de años (ma) - Neotectónica-; con lo cual se tiene un marco de referencia, para la caracterización de las unidades morfogénéticas, en el capítulo siguiente.

La costa del Pacífico mexicano se caracteriza, por la convergencia de cuatro placas litosféricas: Norteamericana, Pacífico, Rivera y Cocos (Fig. 10), el área de estudio se encuentra influenciada por la dinámica de la placa Rivera, localizada bajo el Océano Pacífico mexicano, que subduce (4.5 cm/año en promedio; Bandy, 1992) bajo la placa Norteamericana en los estados de Jalisco y Colima.



Fig 10 Localización del área de estudio, dentro del contexto tectónico regional

La evolución tectónica del suroeste de México, ha sido estudiada por diversos autores, en un marco general. Para Mooser, (1972); es directa la relación del proceso de subducción, con el desarrollo de fallas de tipo "zig-zag". De manera regional Mammerickx y Klidgori, (1982); trabajan el área comprendida entre las Placas Rivera y Pacífico, Mammerickx y Carmichael, (1989); determinan la evolución en los últimos 25 Ma a partir de las relaciones de fragmentación de la Placa Rivera y el Bloque Jalisco, la deducción de los patrones de esfuerzos regionales es realizada por Jhonson, *et al.*, (1989); mediante un análisis de los movimientos interplacas.

Al interior de la interacción Placa Rivera y la Placa Norteamericana existe otra pequeña placa o bloque mayor propuesto por Jhonson, *op. cit.*, que corresponde al denominado Bloque Jalisco, localizado en el interior de la Placa de Norteamérica y limitado al norte por el Graben Tepic-Zacoalco y al sur por el Graben de Colima.

De acuerdo a Hernández, *et al.* (1995), el macrobloque Jalisco, constituye una morfoestructura regional distensiva y transpresiva de punto triple continental, lo anterior se expresa en los rasgos estructurales y morfológicos de su relieve; este a su vez se subdivide en bloques transversales y de manera más puntual el área de estudio se localiza dentro del mesobloque "El Pantano-Miguel Hidalgo" (Fig. 11).

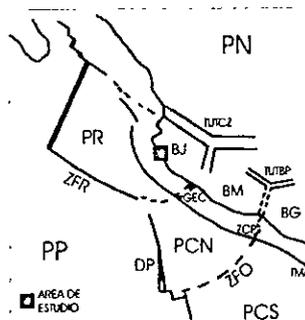


Fig. 11 Modelo tectónico del suroeste de México (etapa presente)  
 PP Placa Pacífica, PN Placa Norteamericana, PR Placa Rivera,  
 PCN Placa Cocos Norte PCS Placa Cocos Sur, BJ Bloque Jalisco,  
 BM Bloque Michoacán, BG Bloque Guerrero, ZFR Zona de fractura  
 Rivera, ZFO Zona de Fractura Oaxaca, ZES Zona de Fractura Guerrero,  
 DP Dorsal del Pacífico ZCP Zona de Carbones de Petacalco GEC Graben  
 El Gardío-Colima, TUTCZ Triple Unión Tepic-Chapala Zacoalco TUTBP  
 Triple Unión Tepalcatepec-Balsas Petacalco (Tomado de Hernández *et al.* 1995)

A continuación se presenta de manera sintética una descripción de la evolución tectónica que modela la porción suroeste de México, y que guarda relación directa con la configuración actual de esta parte del territorio.

Se toma al Cretácico, como punto de partida por ser de este período los materiales más antiguos que afloran dentro del área de estudio y se pone un mayor énfasis a los últimos 6 millones de años (neotectónica), ya que aun es posible identificar formas producidas en este periodo.

### EVOLUCIÓN TECTÓNICA GENERAL A PARTIR DEL CRETÁCICO.

La evolución tectónica en este período ha sido dividida en dos fases: el Cretácico Inferior, cuyas características generales están dadas a partir de la formación de arcos magmáticos relacionados con pequeñas cuencas, así como por ambientes de plataforma (formados por depósitos de andesitas y calizas); y en el Cretácico Superior, donde resaltan los emplazamientos de cuerpos intrusivos y una migración al oriente por parte del vulcanismo, estos son los principales eventos que caracterizan esta etapa de deformación.

Durante el Terciario Inferior, se inicia la formación de la Placa Rivera, con desplazamiento al oriente y la Placa Cocos, con un desplazamiento al noroeste, lo cual da como resultado la formación de un arco magmático de edad Oligoceno-Mioceno; cuyos materiales se encuentran en la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur.

En el Terciario Superior, ocurre un cambio en el ángulo de subducción y de dirección hacia el este, de la Placa de Cocos; lo anterior da como resultado un desarrollo favorable por parte de la Trinchera Mesoamericana.

Durante el Plioceno se presenta un cambio de dirección en la Dorsal del Pacífico, ridge Matemáticos y Cliperton (Jhonson, *op. cit.*).

## EVOLUCIÓN TECTÓNICA EN LOS ÚLTIMOS 6 Ma.

6 Millones de años.

- Inicia la fragmentación de lo que se denomina como "Protococos".
- Se forman las fallas transformantes de Orozco.
- Se forma la fractura Rivera, lo cual permite el desarrollo de la Placa Rivera (Fig. 12).

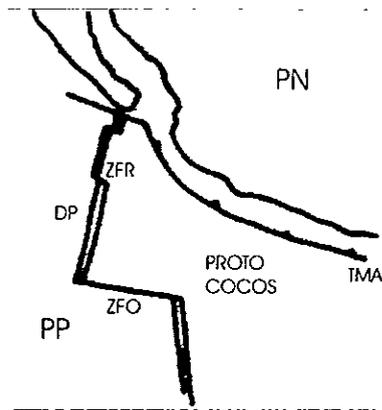


Fig. 12 Modelo tectónico hace 6 Millones de años. PP Placa Pacífica, PN Placa Norteamericana, ZFR Zona de Fractura Rivera, ZFO Zona de Fractura Orozco, DP Dorsal del Pacífico, Proto Cocos, TMA Trinchera Mesoamericana (Tomado de Bandy, L., 1992)

De 6 a 3 millones de años.

- Continúa la fragmentación del "Protococos" y de la Placa Rivera.
- Se inicia la formación de los Graben de Tepic-Zacoalco, Chapala y Colima-El Gordo.
- Se inicia la formación del Bloque Jalisco.
- Se fragmentan por una serie de fallas y fracturas diagonales y perpendiculares, las fallas transformantes de Orozco y la fractura Rivera y
- Inicia la separación del Bloque Jalisco con respecto al macrobloque Sudeste de México (Fig. 13).

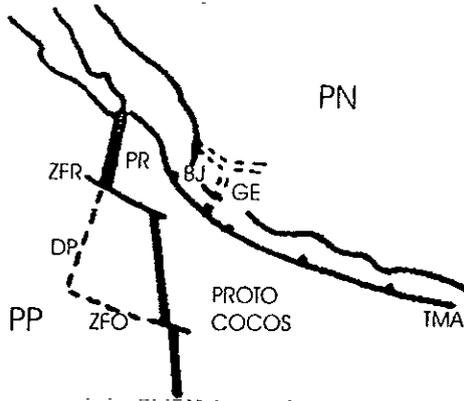


Fig 13 Modelo tectónico de 6 a 3 Millones de años PP Placa Pacífica, PN Placa Norteamericana, PR Placa Rivera, BJ Bloque Jalisco, ZFR Zona de Fractura Rivera, ZFO Zona de Fractura Orozco, DP Dorsal del Pacífico, GE Graben El Gordo-Cohma, Proto Cocos, TMA Trinchera Mesoamericana (Idem)

### De 3 a 0.9 millones de años.

- Continúa el desarrollo de las estructuras asociadas a la fragmentación del "Proto-Cocos".
- Se inician cambios en la zona de subducción, en los sistemas transformantes, sobre todo en la parte final de la trinchera Mesoamericana (escarpe Tres Marías).
- Madura la formación de la Placa de Cocos, como resultado de la formación del Graben de Bahía de Banderas, la propagación del sistema transformante de Orozco y la separación del Bloque Jalisco (Fig. 14).

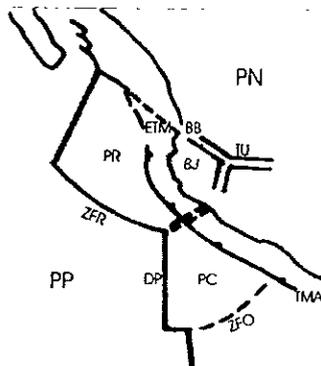


Fig 14 Modelo tectónico de 3 a 0.9 Millones de años PP Placa Pacífica, PN Placa Norteamericana, PR Placa Rivera, PCN Placa Cocos, BJ Bloque Jalisco, BB Bahía de Banderas, ZFR Zona de Fractura Rivera, ZFO Zona de Fractura Orozco, DP Dorsal del Pacífico, TU Triple Unión, ETM Escarpe Tres Marías, TMA Trinchera Mesoamericana (Idem)

De 0.9 a 0.1 millones de años.

- Las Placas Rivera y Cocos presentan zonas de deformación de corteza.
- Aparecen nuevas zonas de subducción de forma paralela a la Trinchera Mesoamericana
- Se inicia la fragmentación de la Placa de Cocos.
- Posteriormente se desarrollan los sistemas estructurales del Bloque Michoacán y el Bloque Guerrero (Fig. 15).

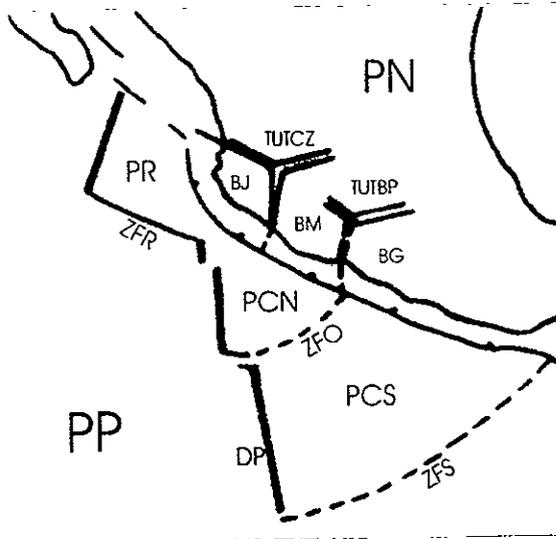


Fig 15 Modelo tectónico de 0.9 a 0.1 Millones de años. PP Placa Pacífica, PN Placa Norteamericana, PR Placa Rivera, PCN Placa Cocos Norte, PCS Placa Cocos Sur, BJ Bloque Jalisco, BM Bloque Michoacán, BG Bloque Guerrero, ZFR Zona de Fractura Rivera, ZFO Zona de Fractura Orozco, ZFS Zona de Fractura Siqueiros, DP Dorsal del Pacífico, ZCP Zona de Cañones de Petacalco, GEC Graben El Gordo-Colima, TUTCZ Triple Unión Tepic-Chapala-Zarcoalco, TUTBP Triple Unión Tepalcatepec-Balsas-Petacalco (Idem)

Con lo cual quedan definidas, las estructuras que forman en la actualidad el modelo de evolución tectónica del suroeste de México.

Este capítulo tiene como finalidad mostrar los resultados de la elaboración de la cartografía morfogenética, que a diferentes escalas se realizó en el área de estudio. Por la temática de este trabajo, y las escalas utilizadas 1:250,000, 1:75,000 y 1:25,000, resulta ser el primer trabajo que se realiza en esta zona ya que no existen estudios con este detalle para esta parte del país.

### CARTOGRAFIA 1:250 000.

Para la elaboración de la cartografía morfogenética a escala 1:250,000 se analizaron principalmente, la carta topográfica y el espaciograma E13-2-5, producido por el INEGI, 1995; en segundo término las cartas temáticas: geológica, edafológica, vegetación y uso del suelo, todas a la misma escala. En este caso se utilizó la hoja Manzanillo E13-2-5 editada por el INEGI, 1990.

Con lo anterior se delimitaron cuatro grandes unidades morfogenéticas, que por extensión, morfología y altura relativa predominan en el área de estudio. Es importante mencionar que a esta escala, el espaciograma y la carta geológica se toman como las fuentes de información más importantes.

La clasificación de dichas unidades se realiza tomando en cuenta el origen de las mismas, así tenemos cuatro tipos de relieve principales: laderas de montaña bloque y lomeríos de origen endógeno modelado y las planicies aluviales y costeras de origen exógeno acumulativo.

Para la representación cartográfica de las unidades antes mencionadas, se confeccionó un mapa escala 1:250,000; en el cual mediante polígonos se delimita cada unidad, el color tiene su correspondiente en la leyenda (Fig. 16). También se incluye un fragmento del espaciograma con los segmentos de las unidades (Fig.17).

Para la ubicación de los nombres de los poblados, ríos, y elevaciones que se toman para referencia ver la Fig. 2.

A continuación se realiza el análisis de las unidades, apoyada con datos de la cartografía temática y fotografías de campo y aéreas.

Este capítulo tiene como finalidad mostrar los resultados de la elaboración de la cartografía morfogenética, que a diferentes escalas se realizó en el área de estudio. Por la temática de este trabajo, y las escalas utilizadas 1:250,000, 1:75,000 y 1:25,000, resulta ser el primer trabajo que se realiza en esta zona ya que no existen estudios con este detalle para esta parte del país.

### CARTOGRAFIA 1:250 000.

Para la elaboración de la cartografía morfogenética a escala 1:250,000 se analizaron principalmente, la carta topográfica y el espaciograma E13-2-5, producido por el INEGI, 1995; en segundo término las cartas temáticas: geológica, edafológica, vegetación y uso del suelo, todas a la misma escala. En este caso se utilizó la hoja Manzanillo E13-2-5 editada por el INEGI, 1990.

Con lo anterior se delimitaron cuatro grandes unidades morfogenéticas, que por extensión, morfología y altura relativa predominan en el área de estudio. Es importante mencionar que a esta escala, el espaciograma y la carta geológica se toman como las fuentes de información más importantes.

La clasificación de dichas unidades se realiza tomando en cuenta el origen de las mismas, así tenemos cuatro tipos de relieve principales: laderas de montaña bloque y lomeríos de origen endógeno modelado y las planicies aluviales y costeras de origen exógeno acumulativo.

Para la representación cartográfica de las unidades antes mencionadas, se confeccionó un mapa escala 1:250,000; en el cual mediante polígonos se delimita cada unidad, el color tiene su correspondiente en la leyenda (Fig. 16). También se incluye un fragmento del espaciograma con los segmentos de las unidades (Fig.17).

Para la ubicación de los nombres de los poblados, ríos, y elevaciones que se toman para referencia ver la Fig. 2.

A continuación se realiza el análisis de las unidades, apoyada con datos de la cartografía temática y fotografías de campo y aéreas.

### Laderas de montañas bloque de origen endógeno modelado.

Laderas de montañas bloque de origen endógeno modelado, conformadas por un intrusivo granítico, coronadas en la parte este por rocas ígneas extrusivas ácidas, fracturadas por tectónica durante el pliocuaternario, se emplazan por encima de los 100 m y hasta los 1380 msnm.

Esta unidad corresponde, como su nombre lo indica, a las laderas de las principales elevaciones que se localizan dentro del área de estudio; la mayor concentración se encuentra al norte y coincide con los cerros Bofa Gorda, Las Gordas, El Pantano y La Cebadilla con 540, 760, 1 380 y 850 msnm respectivamente. Las unidades aisladas representan al cerro El Higueral al noreste del poblado de Juan Gil Preciado, al cerro Caguanton 1 020 msnm; al cerro Las Yeguas cerca del paraje conocido como El Cedro y finalmente al cerro El Colorado con 380 msnm (Fig. 18).

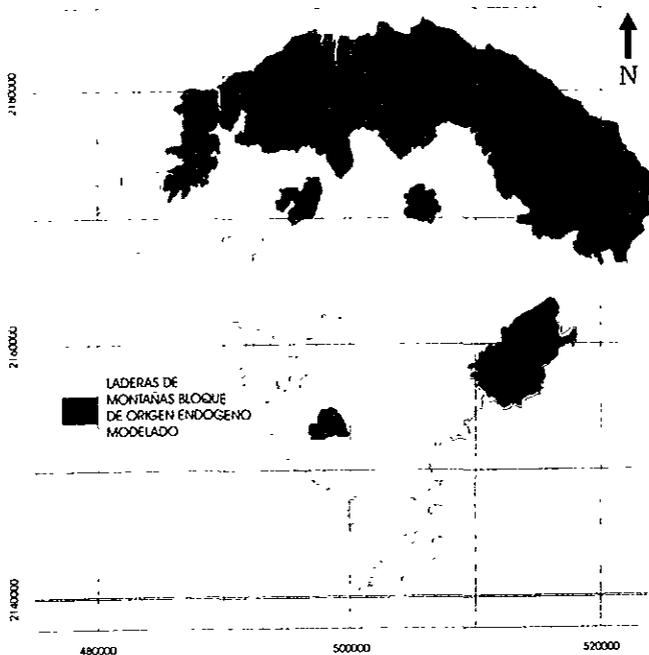


Fig. 18 Localización de las Laderas de montañas bloque, de origen endógeno modelado conformadas por un intrusivo granítico y por rocas ígneas extrusivas ácidas, escala 1 250 000.

Tienen una altura relativa de 350 metros en promedio, con pendientes que van de 8° a más de 55° en algunos escarpes, el promedio de ellas es de 35°, la red fluvial se encuentra controlada por la pendiente y de manera estructural por fallas y fracturas. Las cimas son agudas en la mayoría de los casos y en menor proporción redondeadas y planas; sus laderas son rectas y convexas de manera continua.

Están constituidas en un 90% por granitos (G) del cretácico, el cerro El Pantano y La Cebadilla se encuentran cubiertos en su parte cumbral por rocas ígneas extrusivas ácidas (Igea) del terciario; Por consiguiente la distribución de suelos desarrollados en esta unidad presenta el siguiente arreglo, un 90% lo constituyen las asociaciones de feozem y regosoles con clase textural gruesa (Hh+Re/1), en las cimas de los cerros El Pantano y La Cebadilla se emplaza la misma asociación solo que con clase textural media. En la Fig. 19 se presenta una parte de estas laderas que corresponde al cerro Caguanton, tomada desde la estación de Biología de la UNAM.

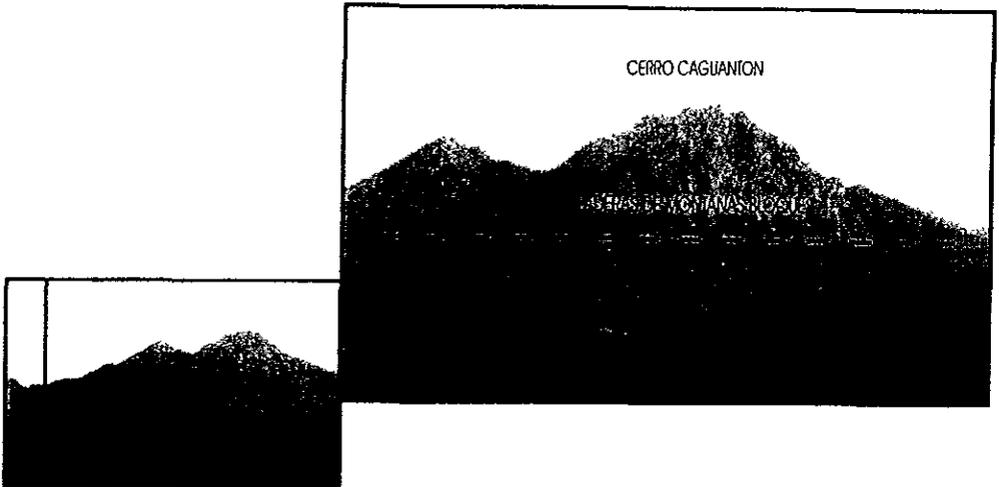


Fig. 19 Laderas de montaña bloque de origen endógeno modelado, que corresponden al cerro Caguanton, visto desde el suroeste.

### Lomeríos de origen endógeno modelado.

Lomeríos de origen endógeno modelado, conformados en su mayoría por un intrusivo granítico, en la parte centro y oeste por rocas ígneas extrusivas ácidas e intermedias y tobas, en el sur existen conglomerados y tobas; se encuentran desde el nivel del mar 0 m y hasta los 1100 msnm.

Esta unidad se extiende en su mayoría en la parte central y sur del área de estudio, y en menores porciones al este y oeste. Limita al norte con las laderas de montaña antes descritas, al este con la planicie aluvial del río Cuitzmala y al oeste con la planicie aluvial del río San Nicolás, en su parte sur con el océano Pacífico y con algunas planicies costeras. En la Fig. 20 se representa la ubicación de los lomeríos.

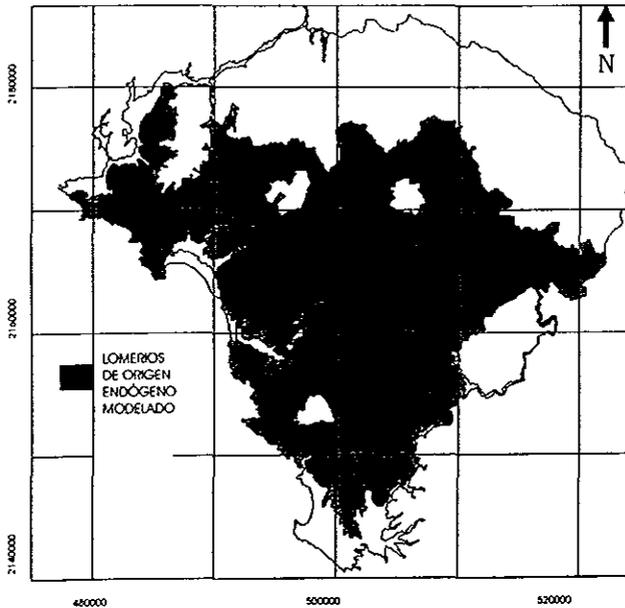


Fig. 20 Localización de los Lomeríos de origen endógeno modelado, constituidos por un intrusivo granítico, rocas ígneas extrusivas, conglomerados y tobas, escala 1:250 000.

Presentan una altura relativa de 100 metros en promedio, las pendientes que van de los 4° a los 35°, con una media de 18°, morfológicamente presentan superficies cumbresales redondeadas y en algunos casos agudas; la red fluvial se encuentra controlada por fallas y fracturas.

Las rocas que conforman esta unidad se distribuyen de la manera siguiente, en su mayoría predominan las rocas graníticas (G) del cretácico en un 70%, y en la parte costera las rocas ígneas extrusivas ácidas (Igea) ocupan el 20%, de manera aislada y en menor proporción se encuentran las rocas ígneas extrusivas intermedias (Igei) del terciario, los conglomerados (Cg) terciario superior, y las tobas del cretácico complementan la litología de esta unidad.

Los suelos desarrollados en esta unidad, presentan la siguiente distribución, en un 80% del área dominan las asociaciones de regosoles (Re+Bc+Hh/1), un 10% lo conforman las asociaciones de feozem (Hh+Je/1); y el resto es ocupado por las asociaciones de litosoles (I+Re/1) y cambisoles (Be+Bc+Hh/1), todos con clase textural gruesa. En la Fig 21 se presenta una vista de los lomeríos que circundan a la estación de Biología de la UNAM.

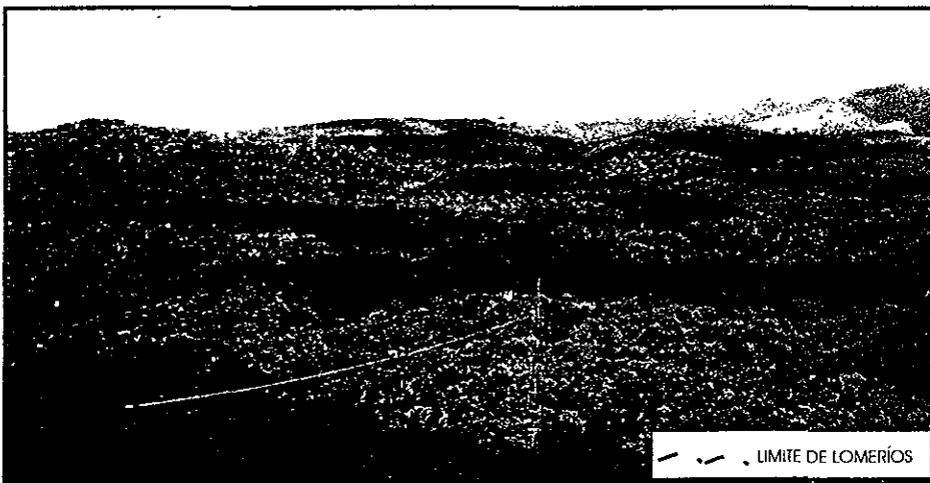


Fig 21 Lomeríos de origen endógeno modelado, vistos desde la Estación de Biología de la UNAM.

## Planicies aluviales.

Planicies aluviales, de origen exógeno acumulativo compuestas de materiales aluviales. Se encuentran a partir del nivel del 0 m hasta los 100 msnm.

Corresponden a los cauces de los principales ríos de la zona, de norte a sur, el río San Nicolás en donde se emplazan poblaciones como José Ma. Morelos, Quemaro e Higuera Blanca; en segundo lugar el río Pérula con el poblado de Juan Gil Preciado y La Fortuna; en tercer lugar se encuentra el arroyo Chamela, finalmente el río Cuitzmala donde se establecen los poblados de Francisco Villa y Emiliano Zapata. En la Fig. 22 Se presenta la ubicación de las planicies aluviales.

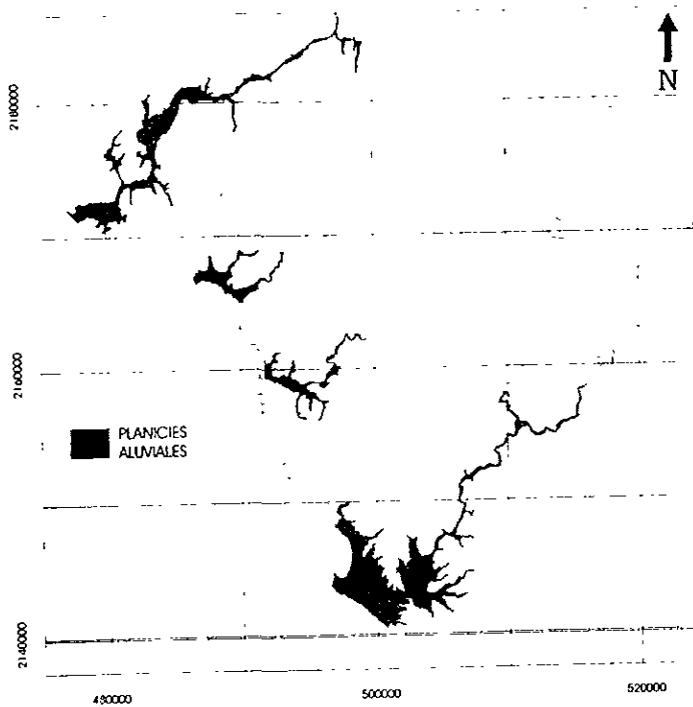


Fig. 22 Localización de las Planicies aluviales, escala 1:250 000

La altura relativa de estas unidades es en promedio de 20 metros, tomando en cuenta la parte más distante hacia el interior del continente y sus respectivas desembocaduras en el mar, las pendientes oscilan entre los  $0^{\circ}$  y  $4^{\circ}$ ; tierra adentro se estrechan hasta unos cuantos metros pero en las desembocaduras alcanzan varios kilómetros, por lo tanto el drenaje es controlado estructuralmente y también por las pendientes interiores, por lo que se pueden observar meandros.

En su interior los depósitos aluviales (Al) del cuaternario representan el 100%, del material que conforma esta unidad morfo-genética; las asociaciones de fluvisoles (Je/1) con clase textural gruesa ocupa cerca del 70%, las asociaciones de cambisoles (Be+Bg/2) ocupan un 20%, y el resto está compuesto por asociaciones de solonchak (Zo+Zg-n/2) y feozem (Hh+Be/2), todos con una clase textural media. Fig. 23 Se presenta una vista aérea de una parte de la Planicie aluvial del río Cuitzmala.



Fig. 23 Parte de la Planicie aluvial del río Cuitzmala.

### Planicies costeras.

Planicie costera de origen exógeno acumulativo, modeladas por la acción de los agentes marinos, compuestas por material aluvial del cuaternario, se emplazan a partir del nivel del mar 0 m hasta 25 msnm.

En el área de estudio, se localizan dos planicies costeras, ambas corresponden a la Bahía de Chamela; en la primera, al norte de la bahía se asientan los poblados Pérula y San Mateo y en la segunda, al sur, se localiza el poblado de Chamela. En la Fig. 24 se representa la ubicación de las planicies costeras.

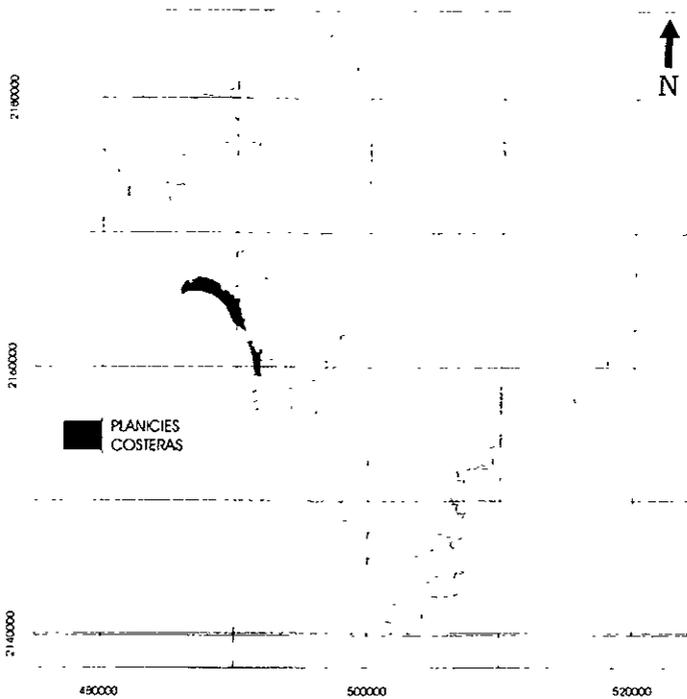


Fig. 24 Localización de las Planicies costeras, escala 1 250 000.

La altura relativa es de 20 m en promedio y, que corresponden al desnivel que existe de la unidad en el interior del continente y la línea de costa; el intervalo de pendientes va de los 0° a los 4°, con un predominio de 0°-0.5°; por lo tanto se han desarrollado esteros como el Pérula y Salinas como las de Chamela. El desnivel topográfico y, la suavidad de sus pendientes ocasionan que presente una cierta inclinación hacia el mar.

En cuanto a la geología existen materiales de origen aluvial (Al), Palustre (Pa), Litoral (Li), y Eólico (Eo), todos del cuaternario y que conforman franjas paralelas a la costa; los suelos presentan el acomodo siguiente; a partir de la línea de costa existen asociaciones de regosol (Re/1), seguidos por las asociaciones de cambisoles (Be+Hh+Je/1) y en porciones menores las de Solonchak (Zo-n/1); todos con clase textural gruesa.

Esta unidad se encuentra modelada por actividades antrópicas, como el emplazamiento en la parte norte del poblado de Pérula. Fig. 25 Se presenta una vista aérea de una parte de la Planicie costera cerca de la desembocadura del arroyo Chamela.

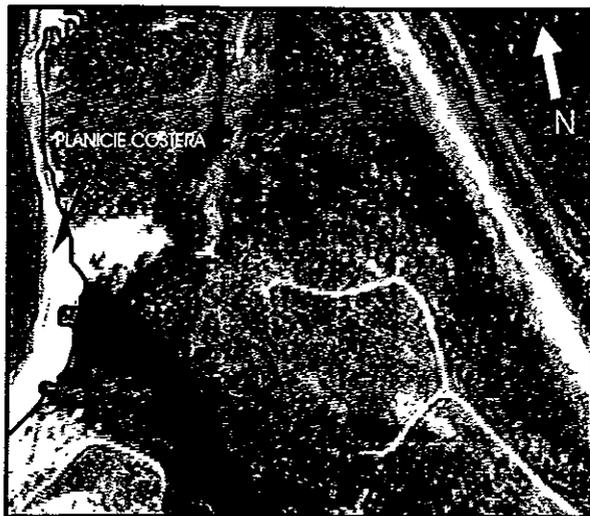


Fig 25 Parte de la Planicie costera del arroyo Chamela

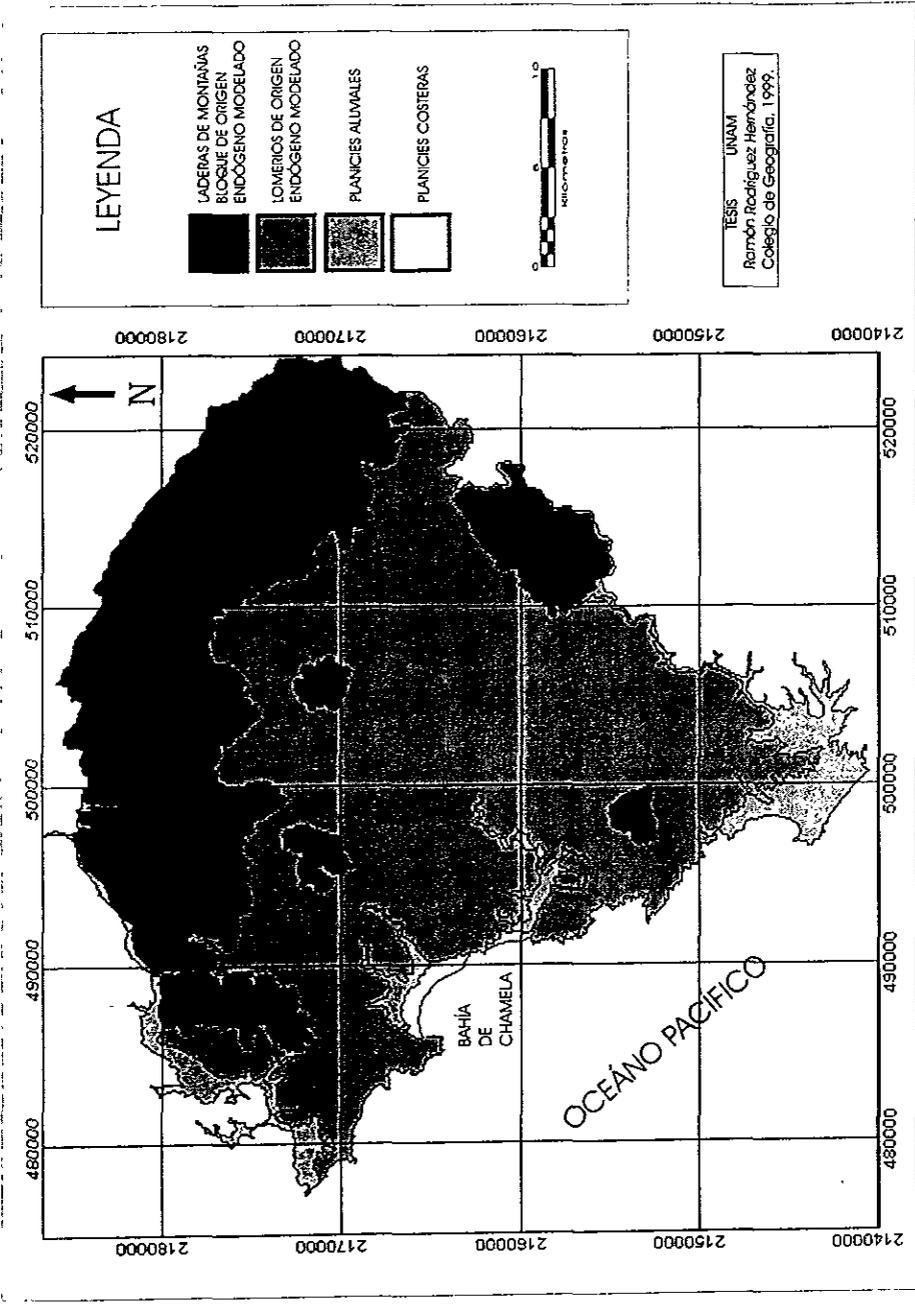


Fig. 16 Mapa de Unidades Morfogenéticas a escala 1:250 000.

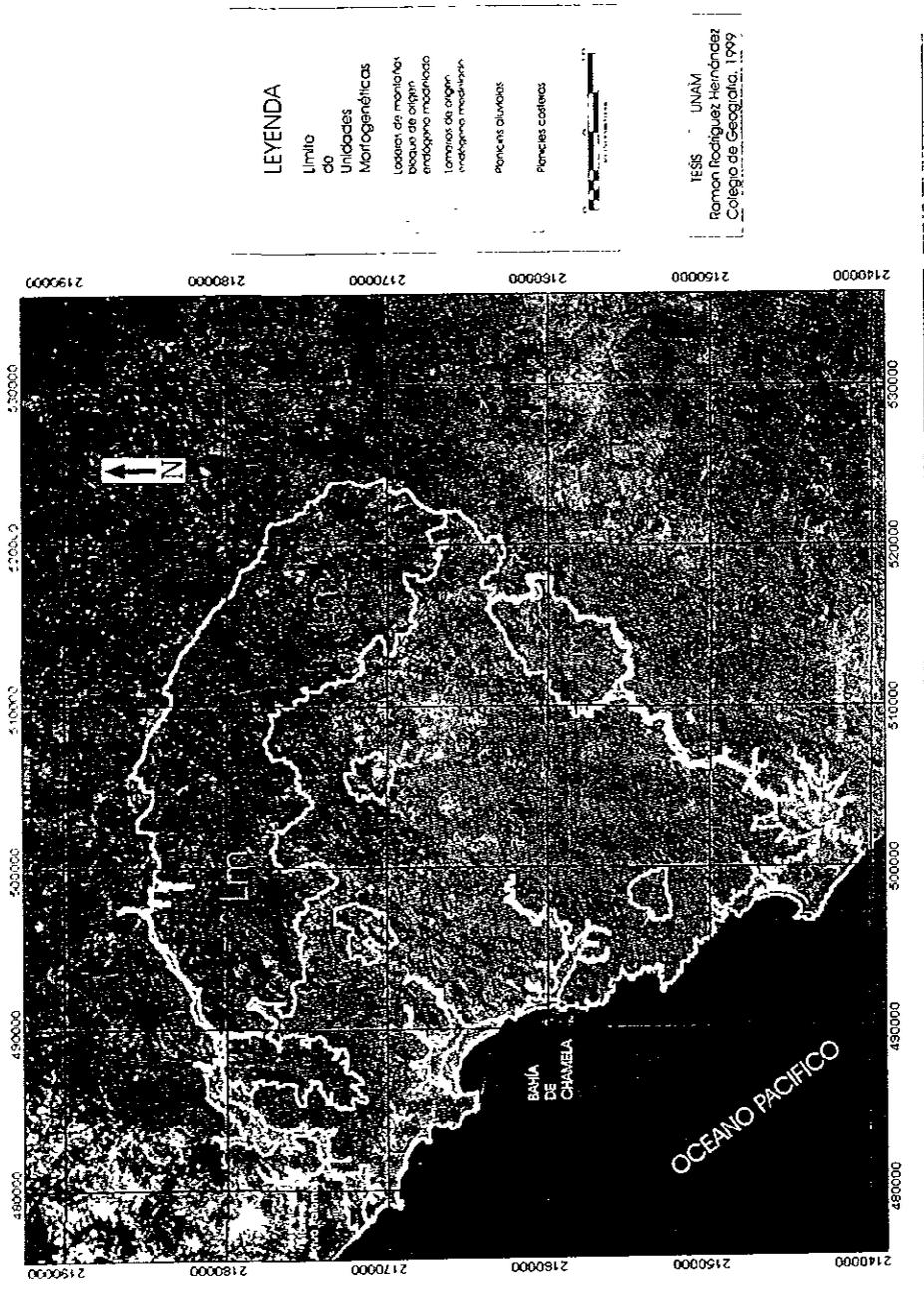


Fig. 17 Espaciomapa con la delimitación de las unidades morfogénicas a escala 1:250 000

## CARTOGRAFÍA 1: 75 000.

En el caso de la cartografía morfogenética a escala 1:75 000, se interpretaron 24 fotografías aéreas a escala 1:75 000. Se analizaron las hojas E13A19, E13B11, E13A29, E13B21, E13B31, topográficas y temáticas a escala 1:50 000 editadas por el INEGI.

Con la información topográfica y la utilización de un SIG; se generaron dos mapas morfométricos, un altimétrico y uno de pendientes; así como un mapa de relieve sombreado, estos materiales y la información obtenida de la interpretación de las fotografías aéreas, fueron la base para la delimitación de las unidades morfogenéticas.

En el capítulo de la metodología de la presente tesis, se describen de manera detallada la elaboración y la utilidad de los mapas morfométricos en cuestión; así como la delimitación de las unidades morfogenéticas, en las fotografías aéreas.

Los límites trazados en las fotografías aéreas fueron trasladados al mapa de relieve sombreado, posteriormente, estas fueron digitizadas, con lo cual se obtuvo un mapa de unidades morfogenéticas a escala 1:75 000, en formato digital

Los resultados obtenidos a partir de la elaboración de los mapas morfométricos, se presentan de manera cartográfica, así como las tablas de valores elaboradas con la finalidad de simplificar y caracterizar cuantitativamente el relieve.

### **Base topográfica.**

La información topográfica, contenida en los mapas que conforman el área de estudio en la escala 1:50 000, editados por el INEGI, fue digitizada, presenta una *equidistancia* de 20 m entre curvas de nivel consecutivas; en el caso de las

planicies y la costa se digitalizaron las curvas auxiliares que cuentan con una equidistancia de 10 m. en la Fig. 26 Se presentan las curvas de nivel digitalizadas de la cartografía original, escala 1:50 000; dicha información se utilizó para generar la cartografía morfométrica y el mapa de relieve sombreado.

### Mapa altimétrico.

El mapa altimétrico elaborado resalta, en primer orden y en forma descendente, dos conjuntos de laderas de montañas altas, al noreste del área; representadas en tonos de café y morados (Fig. 27). Para la ubicación de los nombres de los poblados, ríos, elevaciones y demás lugares, que se toman para referencia ver la Fig. 2.

Un segundo piso altitudinal lo constituyen laderas de montañas bajas intercaladas con piedemontes y lomeríos en general, en este rubro se encuentran las cimas de los cerros El Colorado y Alto, corresponde a los tonos amarillos y naranjas.

El tercer piso altitudinal, está constituido por las planicies aluviales de los ríos San Nicolás, al norte, y Cuitzmala, al sur, así como por planicies costeras y lomeríos bajos principalmente. representado en tonos de verde,

Este mapa también se utiliza para obtener las alturas relativas por subunidad morfogenética, lo anterior es posible al "cruzar" el mapa altimétrico clasificado en 14 intervalos (Fig. 28), mismos que resultan de la aplicación del histograma de frecuencia de la tabla de valores de alturas; contra el mapa de unidades morfogenéticas escala 1:75,000. Al realizar esto, el sistema genera una tabla con los valores que se encuentran en cada unidad; contiene el número de pixeles por intervalo, lo que se traduce en el área del mismo.

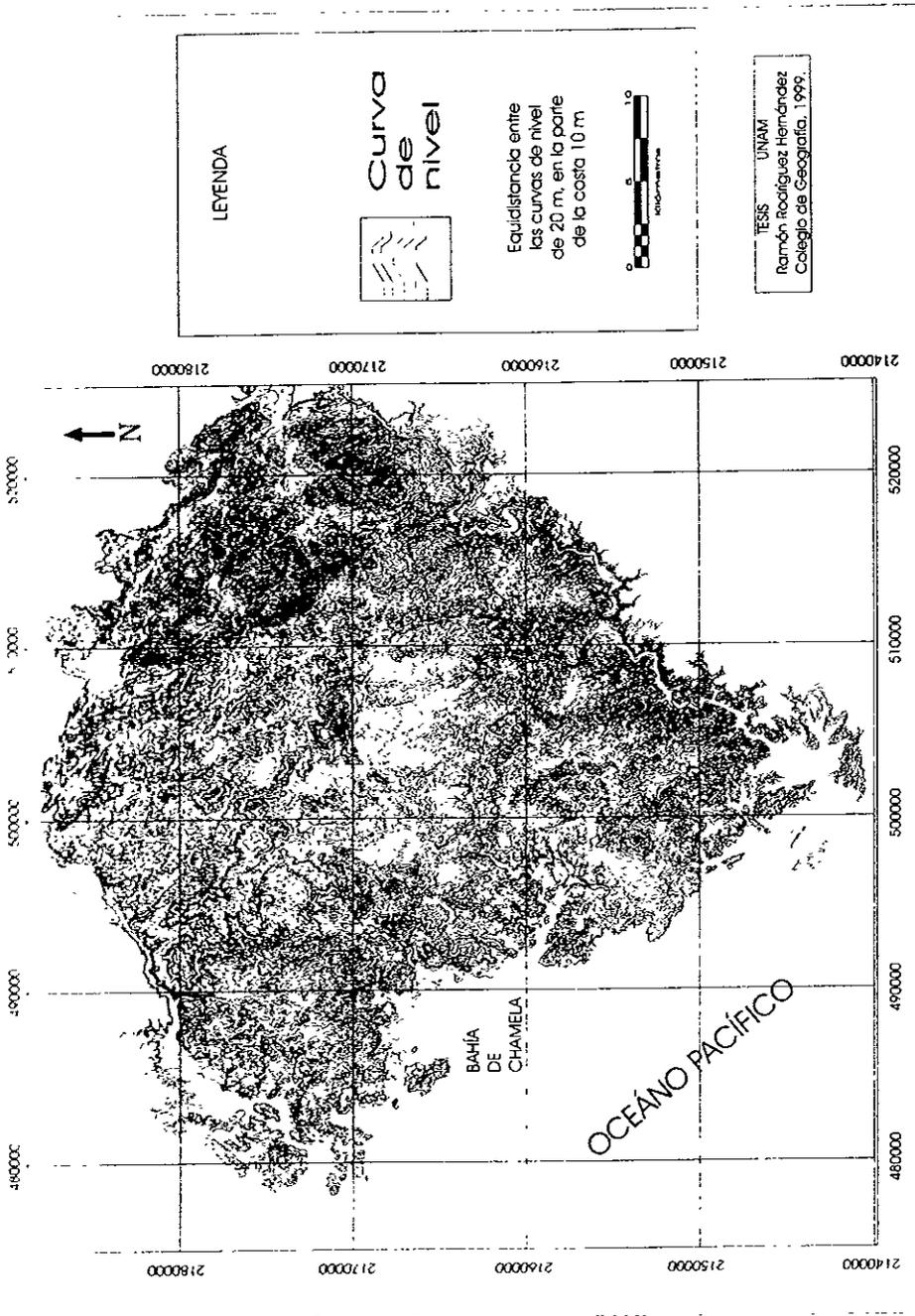


Fig. 26 Mapa topográfico (curvas de nivel digitalizadas desde la cartografía a escala 1:50 000).

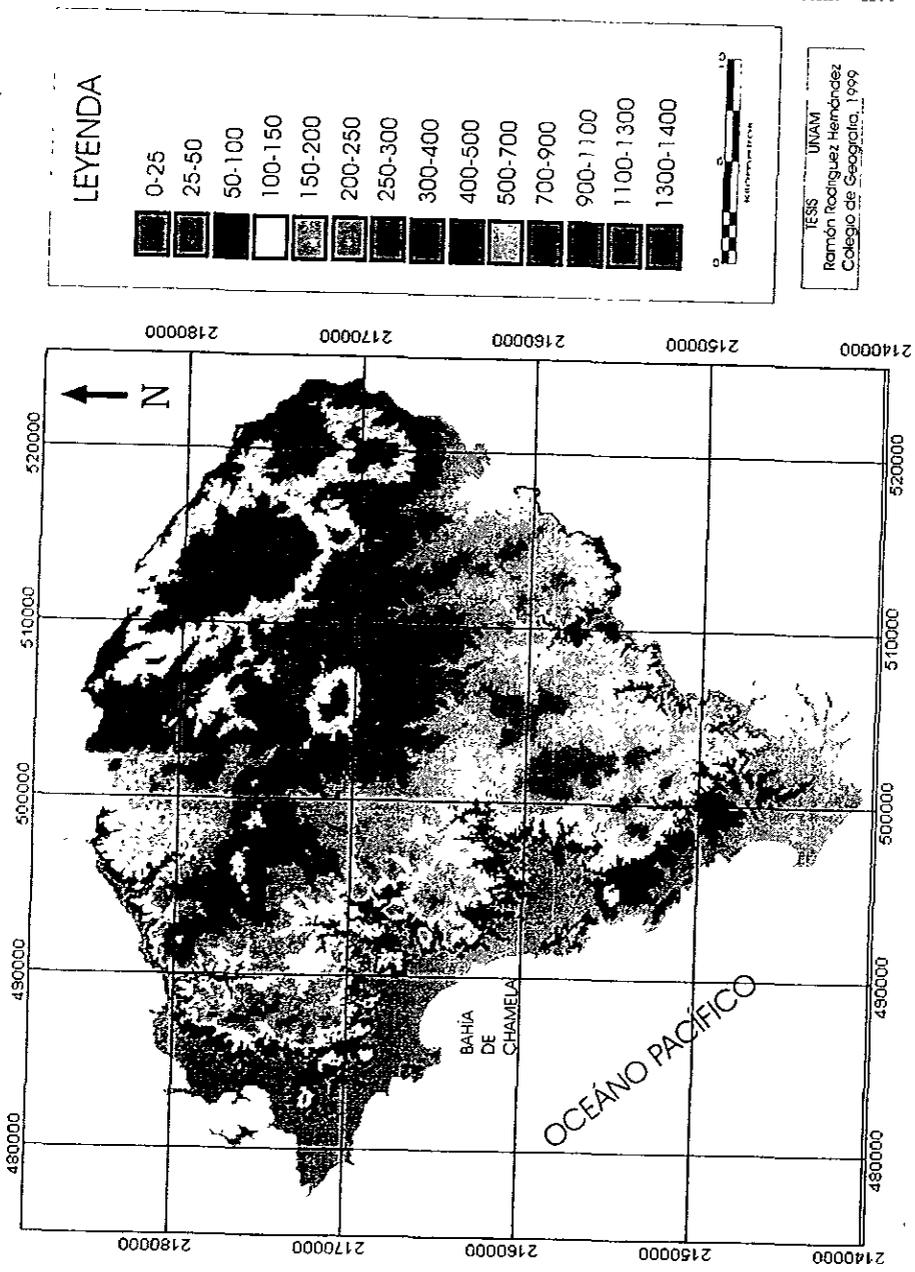
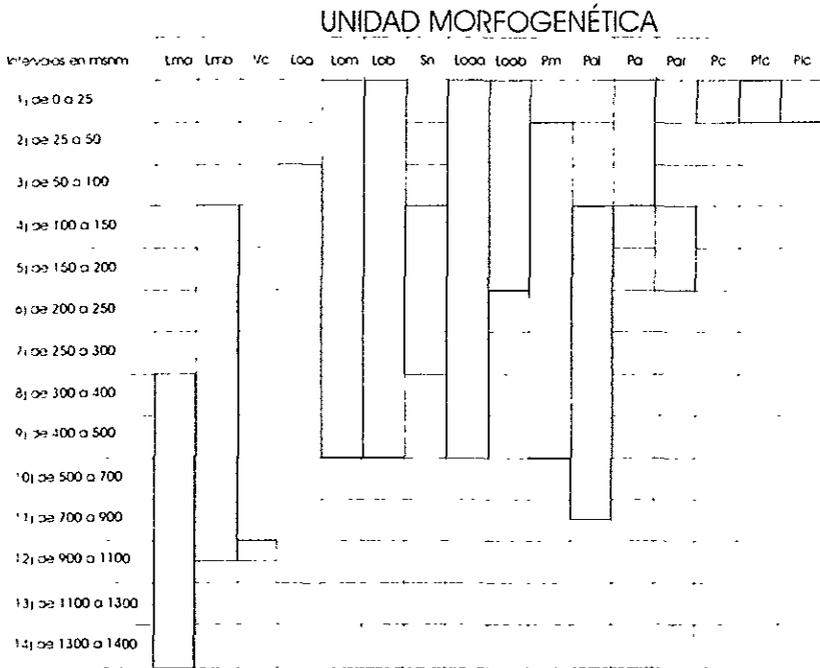


Fig. 27 Mapa Altimétrico.



**Intervalo de altitudes**

Lma Laderas de montaña bloque altas de origen endógeno modelado, Lmb. Laderas de montaña bloque bajas de origen endógeno modelado, Vc. Valles colgados, Loa. Lomeríos altos de origen endógeno modelado, Lom. Lomeríos medios de origen endógeno modelado Lob. Lomeríos bajos de origen endógeno modelado, Sn. Superficie de nivelación, Loaa. Lomeríos aislados altos de origen endógeno modelado, Loab. Lomeríos aislados bajos de origen endógeno modelado, Pm. Piedemonte, Pai Planicie aluvial intermontana, Pa. Planicie aluvial, Par. Planicie aluvial relicto, Pc. Planicie costera, Pfc. Planicie fluvio-costera, Plc. Planicie lagunar costera.

Fig. 28 Rangos máximos y mínimos de alturas por cada unidad morfogénica.

Posteriormente se analizan estos datos en programa de cálculo "Excel", donde se toman los valores representativos (número mayor de píxeles) de cada uno de los rangos encontrados por subunidad; con lo cual se calculan los valores de altura relativa.

### Mapa de Pendientes.

El mapa de pendientes, permitió por un lado, afinar los límites de las unidades morfogénicas identificadas en las fotografías aéreas, esto es posible básicamente por tres factores; primero porque aparecen los cambios de pendiente por cada una de las subunidades, segundo porque se aprecian los lineamientos relacionados con los sistemas locales de fallas, por último resaltan las elevaciones menores que se encuentran cerca o dentro de las zonas planas, que corresponden a las planicies aluviales y costeras (Fig. 29).

Este mapa permite, también, conocer la geometría del relieve, con lo cual se clasifican las cimas, las laderas y el fondo de las unidades, entre otras características; solo se realiza dicho análisis en sentido longitudinal ya que tiene una mayor relación con el origen de la forma y no tanto con los procesos que los modelan (rasgos erosivos).

Se crea una tabla de clasificación, tomando en cuenta los valores máximos y mínimos de pendiente, está compuesta por 9 intervalos; dentro del SIG se genera una tabla con los valores que encuentra en cada unidad morfogénica, se realiza un análisis de los mismos en el programa de cálculos "Excel", se toma el número mayor de píxeles en cada uno de los rangos y se obtiene el valor de la pendiente media por cada subunidad (Fig. 30).

Dentro del SIG se realizan varias operaciones con la finalidad de cruzar la información de los mapas morfométricos y temáticos con el de unidades morfogénicas; para conocer parámetros por unidad, como altura relativa pendientes dominantes, suelos y geología principalmente (Anexo uno).

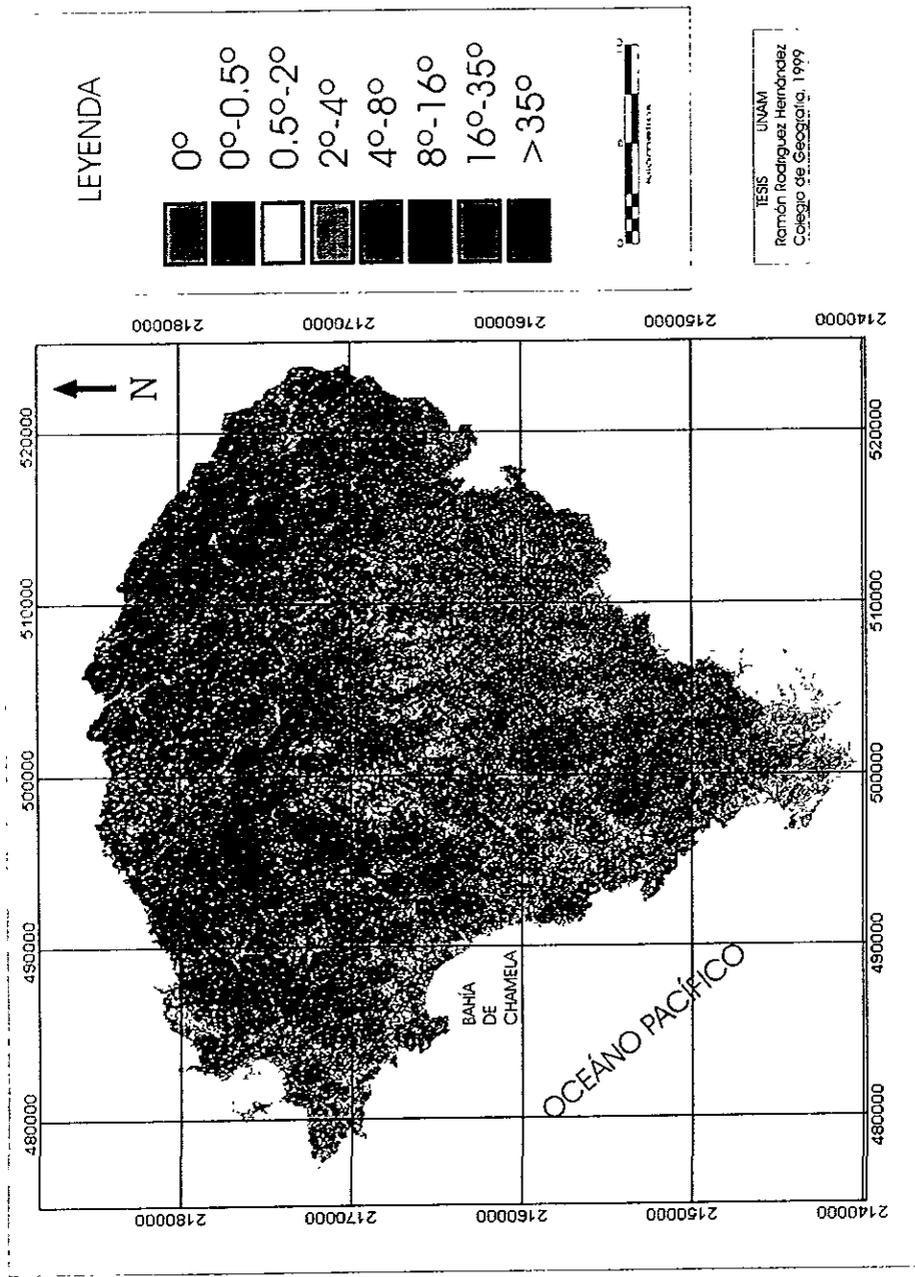
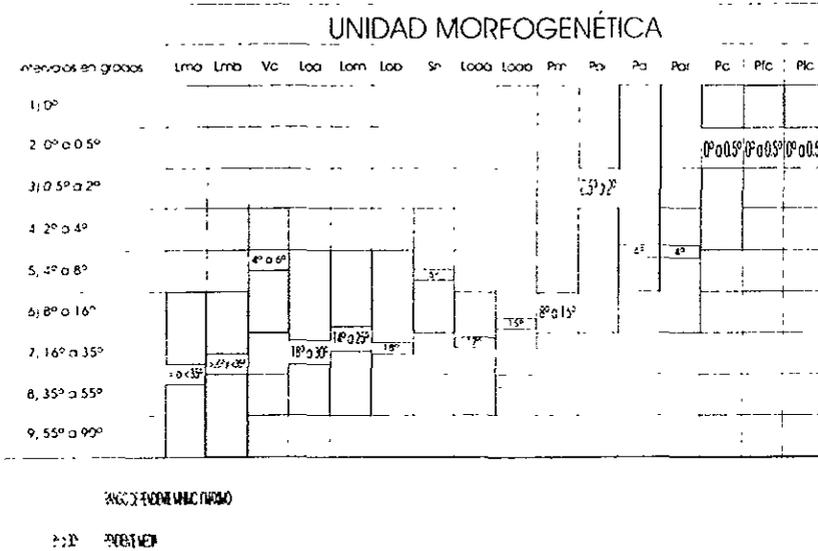


Fig. 29 Mapa de Pendientes.



Lma. Laderas de montaña bloque altas de origen endógeno modelado, Lmb. Laderas de montaña bloque bajas de origen endógeno modelado, Vc. Valles colgados, Loa. Lomeríos altos de origen endógeno modelado, Lom. Lomeríos medios de origen endógeno modelado Lob. Lomeríos bajos de origen endógeno modelado Sn. Superficie de nivelación, Loaa. Lomeríos aislados altos de origen endógeno modelado, Loab. Lomeríos aislados bajos de origen endógeno modelado, Pm. Piedemonte Pai. Planicie aluvial intermontana, Pa. Planicie aluvial, Par. Planicie aluvial relicto, Pc. Planicie costera, Pfc. Planicie fluvio-costera, Plc. Planicie lagunar costera.

Fig. 30 Rangos máximos y mínimos de pendientes, así como la pendiente media general por cada unidad morfo genética.

Los datos que en cada una de las explicaciones se presentan; corresponden al número mayor de pixeles que tiene cada "cruce" y no se debe tomar como único valor, puesto que existen otros en menor proporción.

Por la escala de la información con que se trabaja, se fragmentan las unidades diferenciadas en la escala anterior (1:250,000); y se delimitan nuevas unidades; lo que hace necesario ampliar la leyenda. En la tabla 4 se presenta una síntesis por unidad morfo genética, considerando los cuatro aspectos básicos de este tipo de cartografía.

Tabla 4. Síntesis de las características de las unidades morfogenéticas delimitadas a escala 1:75 000. Para la localización de estas unidades referirse a las figuras correspondientes por unidad.

ORIGEN	TIPO	LITOLOGIA Y TEMPORALIDAD	CLASE
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO CORONADAS EN LA PARTE ESTE POR ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS	LADERAS DE MONTAÑAS BLOQUE ALTAS, CON CRESTAS AGUDAS, LADERAS RECTAS Y HOMOGÉNEAS	COMPUESTAS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO. IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS DEL TERCIARIO Y FRACTURADAS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 300 M HASTA LOS 1380 MSNM PENDIENTE MEDIA EN GENERAL IGUAL O MAYOR A 35° ALTURA RELATIVA MAYOR A 350 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO CORONADAS EN LA PARTE ESTE POR ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS	LADERAS DE MONTAÑAS BLOQUE BAJAS, CON CRESTAS AGUDAS, REDONDEADAS Y PLANAS, LADERAS RECTAS Y CONVEXAS	COMPUESTAS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO, IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS DEL TERCIARIO Y FRACTURADAS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 100 M HASTA LOS 1020 MSNM PENDIENTE MEDIA MAYOR A 20° Y MENOR A 35° ALTURA RELATIVA MENOR A 350 M
ENDOGENO TECTONICO EN INTRUSIVO GRANITICO EN LA PARTE ESTE SOBRE ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS ACTUALMENTE MODELADOS POR PROCESOS EXOGENOS ACUMULATIVOS DE MATERIAL ALUVIAL	VALLES COLGADOS (PLANICIES ALUVIALES INTERMONTANAS DE VALLES COLGADOS COMBINADAS CON PIEDEMONTES DENTRO DE LADERAS DE MONTAÑAS BLOQUE ALTAS), CON FONDO PLANO INCLINADO HACIA EL ESCARPE QUE LOS LIMITA, LADERAS CONCAVAS	COMPUESTOS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO Y DE ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS DEL TERCIARIO, CUBIERTOS POR MATERIAL ALUVIAL DEL CUATERNARIO	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 900 M HASTA LOS 1000 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 4° A 6° ALTURA RELATIVA MENOR A 50 M Y MAYOR A 30 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO EN LA PARTE SUR DE CONGLOMERADOS	LOMERIOS ALTOS CON CRESTAS AGUDAS, REDONDEADAS Y LADERAS CONVEXAS Y RECTAS	COMPUESTOS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO. CONGLOMERADOS DEL TERCIARIO SUPERIOR Y FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 50 M HASTA LOS 1100 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 18° A 30° ALTURA RELATIVA MENOR A 200 M Y MAYOR A 150 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO EN LA PARTE OESTE POR ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS INTERMEDIAS Y TOBAS	LOMERIOS MEDIOS CON CRESTAS REDONDEADAS Y AGUDAS, LADERAS CONCAVO-CONVEXAS	COMPUESTOS POR ROCAS GRANITICAS Y TOBAS DEL CRETACICO IGNEAS EXTRUSIVAS INTERMEDIAS DEL TERCIARIO Y FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 500 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 14° A 25° ALTURA RELATIVA MENOR A 150 M Y MAYOR A 100 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO, EN LA COSTA ESTE POR ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS Y TOBAS	LOMERIOS BAJOS CON CRESTAS REDONDEADAS, PLANAS Y LADERAS CONCAVO-CONVEXAS	COMPUESTOS POR ROCAS GRANITICAS Y TOBAS DEL CRETACICO, IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS DEL TERCIARIO Y FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 500 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 18° ALTURA RELATIVA MENOR A 30 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADAS POR UN INTRUSIVO GRANITICO	SUPERFICIES DE NIVELACION (PARTE CUMBRAL DE LADERAS DE MONTAÑAS BLOQUE BAJAS Y LOMERIOS BAJOS), PLANAS LIGERAMENTE INCLINADAS	COMPUESTAS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO Y FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 100 M HASTA LOS 300 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 6° ALTURA RELATIVA MENOR A 50 M Y MAYOR A 20 M
ENDOGENO MODELADO CONFORMADOS POR UN INTRUSIVO GRANITICO EN LA PARTE SUR POR TOBAS	LOMERIOS AISLADOS ALTOS CON CRESTAS REDONDEADAS Y LADERAS CONVEXAS	COMPUESTOS POR ROCAS GRANITICAS Y TOBAS DEL CRETACICO Y FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 500 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 17° ALTURA RELATIVA MENOR A 80 M Y MAYOR A 50 M

ORIGEN	TIPO	LITOLOGIA Y TEMPORALIDAD	CLASE
ENDOGENO MODELADO CONFORMADOS POR UN INTRUSIVO GRANITICO EN LA COSTA CENTRO DE ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS INTERMEDIAS EN EL SUR DE ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS ACIDAS Y CONGLOMERADOS	LOMERIOS AISLADOS BAJOS CON CRESTAS PLANAS REDONDEADAS Y LADERAS CONVEXAS	COMPUESTAS POR ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO IGNEAS EXTRUSIVAS INTERMEDIAS Y ACIDAS DEL TERCARIO Y CONGLOMERADO DEL TERCARIO SUPERIOR, FRACTURADOS POR TECTONICA PLIOCUATERNARIA	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 200 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 15° ALTURA RELATIVA MENOR A 30 M Y MAYOR A 10 M
EXOGENO ACUMULATIVO DE ROCAS GRANITICAS Y EN LA PARTE OESTE DE TOBAS	PIEDEMONTES INCLINADOS CON LADERAS RECTAS Y CONCAVAS	COMPUESTAS POR ROCAS GRANITICAS Y TOBAS DEL CRETACICO	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 25 M HASTA LOS 500 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 8° A 16° ALTURA RELATIVA MENOR A 80 M Y MAYOR A 10 M
ENDOGENO MODELADAS POR PROCESOS EXOGENOS ACUMULATIVOS SOBRE UN INTRUSIVO GRANITICO	PLANICIE ALUVIAL INTERMONTANA CON FONDOS PLANOS Y ESTRECHOS	SOBRE ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO Y CUBIERTAS DE ALUVIALES DEL CUATERNARIO	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 100 M HASTA LOS 800 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 0.5° A 2° ALTURA RELATIVA MENOR A 50 M Y MAYOR A 10 M
EXOGENO ACUMULATIVO DE MATERIAL ALUVIAL	PLANICIE ALUVIAL, DE FONDO PLANO Y POCO INCLINADO.	COMPUESTAS POR MATERIALES ALUVIALES DEL CUATERNARIO, MODELADAS POR LA DINAMICA FLUVIAL ACTUAL	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 100 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 4° ALTURA RELATIVA MENOR A 40 M Y MAYOR A 10 M
EXOGENO ACUMULATIVO ACTUALMENTE PRESENTA PROCESOS EXOGENOS DENUDATORIOS	PLANICIE ALUVIAL RELICTO, CON FORMA PLANA A CONCAVA LIGERAMENTE INCLINADAS	ROCAS GRANITICAS DEL CRETACICO Y CONGLOMERADOS DEL TERCARIO SUPERIOR	ALTITUD MEDIA DESDE LOS 100 M HASTA LOS 200 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 4° ALTURA RELATIVA DE 30 M
EXOGENO ACUMULATIVO MODELADAS POR PROCESOS COSTEROS	PLANICIE COSTERA CON FORMA PLANA LIGERAMENTE INCLINADA	TOBAS DEL CRETACICO, MATERIALES ALUVIALES EOLICOS, LITORALES Y PALUSTRES DEL CUATERNARIO	ALTITUD MEDIA DESDE EL NIVEL DEL MAR 0 M HASTA LOS 25 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 0° A 0.5° ALTURA RELATIVA MENOR A 20 M Y MAYOR A 10 M
EXOGENO ACUMULATIVO, MODELADO POR PROCESOS DE DINAMICA FLUVIAL Y COSTERA	PLANICIE FLUVIO COSTERA, CON FORMA PLANA Y ALARGADA ASOCIADA A UNA PLANICIA ALUVIAL	COMPUESTA POR MATERIAL ALUVIAL DEL CUATERNARIO	ALTITUD MEDIA ALREDEDOR DE LOS PRIMEROS 20 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 0° A 0.5° ALTURA RELATIVA DE 10 M
EXOGENO ACUMULATIVO, MODELADA POR ASCENSO TECTONICO ACTUALMENTE DESECADA	PLANICIE LAGUNAR COSTERA, CON FONDO CONCAVO, PLANO, LIGERAMENTE INCLINADA HACIA EL INTERIOR DEL CONTINENTE.	COMPUESTA POR MATERIAL PALUSTRE DEL CUATERNARIO	ALTITUD MEDIA ALREDEDOR DE LOS PRIMEROS 15 MSNM PENDIENTE MEDIA DE 0° A 0.5° ALTURA RELATIVA DE 10 M

La cartografía escala 1:75 000, se presenta mediante un mapa de poligonos, al tamaño máximo de impresión (13 x 19 pulgadas), con su leyenda correspondiente (Fig. 31); así como un mapa de relieve sombreado con los segmentos de las unidades morfogénicas diferenciadas (Fig. 32).

En seguida se presenta un análisis, de las unidades en conjunto, poniendo énfasis en los factores referidos en la tabla anterior, apoyados con datos morfométricos, cartografía temática y fotografías aéreas.

**Laderas de montañas bloque altas de origen endógeno modelado ( $h > 250$  m).**

Laderas de montañas bloque altas, de origen endógeno modelado como resultado de un intrusivo granítico y coronadas en su parte este por rocas ígneas extrusivas ácidas, ambos materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario. Se encuentran por encima de los 300 m y hasta los 1380 msnm.

Se localizan en la parte norte y noreste del área de estudio, están constituidas principalmente por las cimas de los cerros El Pantano, El Cercado y Las Gordas con 1 380, 880 y 780 msnm respectivamente, ocupan una extensión total de 181 40 Km<sup>2</sup> aproximadamente. En la Fig. 33 se presenta la distribución espacial de las laderas de montaña bloque altas.

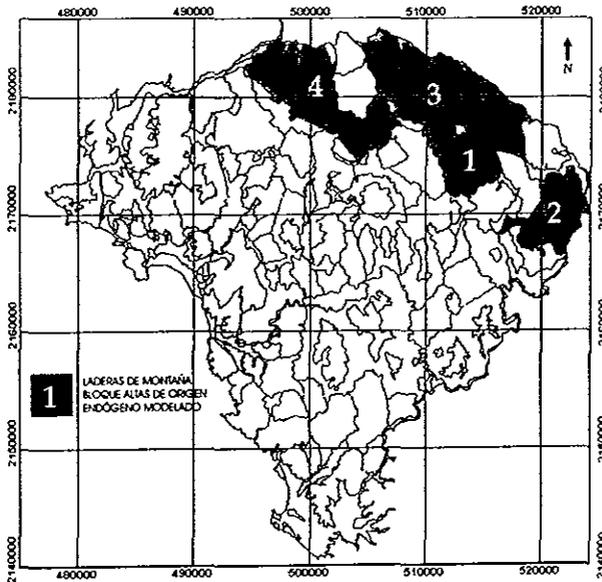


Fig 33 Localización de las laderas de montaña bloque altas de origen endógeno modelado

Al interior de la unidad se presenta un desnivel topográfico de 100 m, el cual forma cuatro pisos altitudinales con diferencias de aproximadamente 25 m, lo que origina una fragmentación al interior de dicha unidad, a esto se suman las diferencias que presentan las superficies cumbreales, cuya morfología varía de aguda en un 70% de la superficie a redondeada en la parte noroeste de la unidad y corresponde al 30% restante. En la Fig. 34 se presentan las alturas relativas que caracterizan a cada una de las unidades.

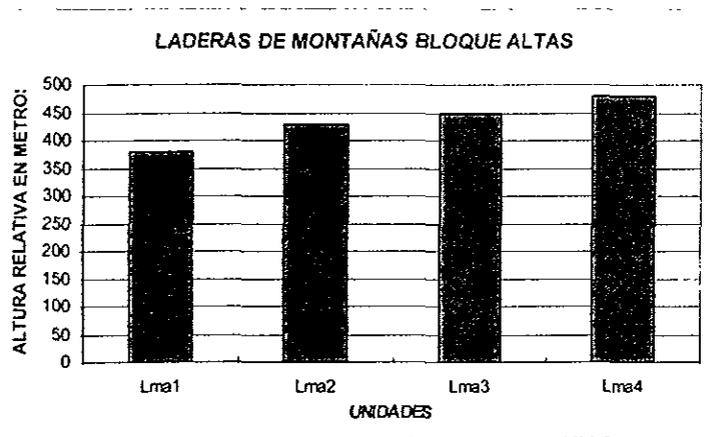


Fig 34 Muestra las alturas relativas por subunidad, de las laderas de montañas bloque altas.

Las pendientes que se presentan de forma dominante, son a partir de  $8^\circ$ , en algunas porciones interiores, principalmente en zonas de transición entre ellas y  $90^\circ$  en las partes más altas y escarpes, de manera general, la pendiente media es de  $35^\circ$ . La geometría de las laderas en sentido transversal es en general recta y en sentido longitudinal presenta alternancia de formas cóncavo-convexas; además se presentan un gran número de escarpes originados por los sistemas de fallas que delimitan estas unidades. La Fig. 35 presenta la distribución de las pendientes que dominan en cada una de las subunidades.

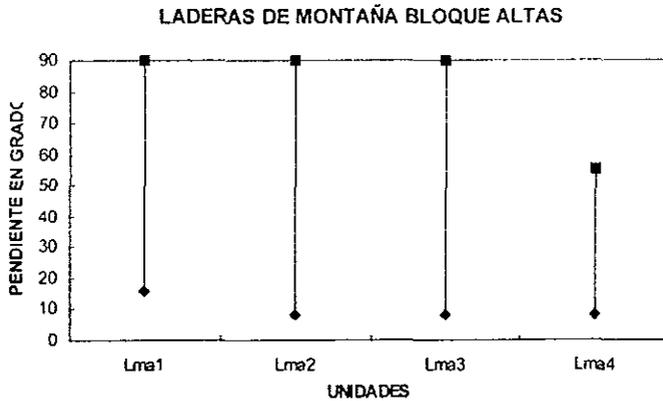


Fig. 35 Muestra las pendientes dominantes en las laderas de montañas bloque altas

Por lo que respecta a la litología, el granito (G) del Cretácico ocupa un 60% del área, principalmente al norte y al oeste y las rocas ígneas extrusivas ácidas (Igea) del Terciario ocupan el 40% restante de esta unidad morfogénica. Las asociaciones de regosoles con fase textural gruesa (Re+Hh/1) ocupan cerca del 60% del área y las de feozem con la misma fase textural (Hh+Re/1) el 40% restante, los suelos antes mencionados corresponden a los dominantes. La red fluvial, dentro de las unidades, es controlada por las pendientes y en los límites se encuentra controlada estructuralmente por un sinnúmero de fallas y fracturas. Tienen una orientación NW-SE.

Laderas de montañas bloque bajas de origen endógeno modelado (>200h<=350m).

Laderas de montaña bloque bajas de origen endógeno modelado, como resultado de un intrusivo granítico y coronadas en el este por rocas ígneas extrusivas ácidas, ambos materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario, se les encuentra a partir de los 100 m y hasta los 1020 msnm

Presentan una distribución asociada a las laderas de montañas bloque altas, en función de bloques con una menor altura relativa, de 270 m en promedio; en ocasiones se encuentran relacionadas directamente o intercaladas con algunos piedemontes. Al noroeste corresponden a la cima del cerro Bola Gorda, en el centro al cerro Caguantón y en el sur al cerro El Colorado, con 540, 1 020 y 380 msnm respectivamente (Fig. 36).

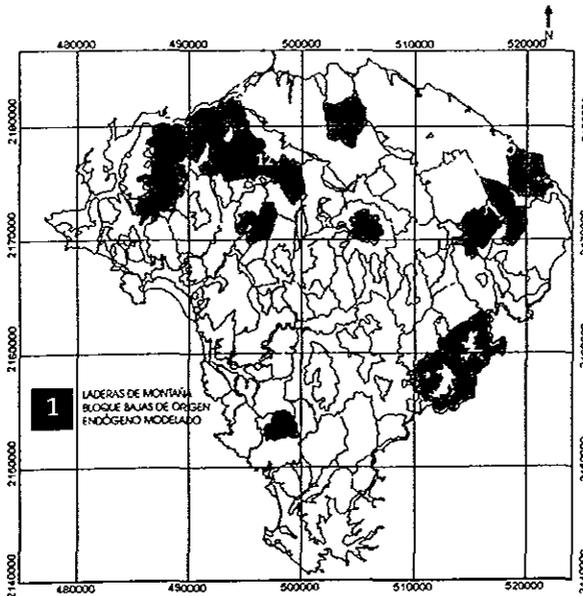


Fig. 36 Localización de las laderas de montaña bloque bajas de origen endógeno modelado.

Al interior de esta unidad, que en su mayoría está integrada por elevaciones aisladas, existe un desnivel topográfico de 100 metros en promedio, ya que las alturas relativas son mayores a 200 m y menores a 150 m, siendo las cimas de los cerros Caguantón, El Colorado y Bola Gorda los que presentan mayor diferencia. Al noreste del área de estudio se localiza un grupo de laderas que corresponde al cerro Bola Gorda y de manera gradual descende la diferencia altitudinal. En la Fig. 37 se presentan las alturas relativas por subunidad

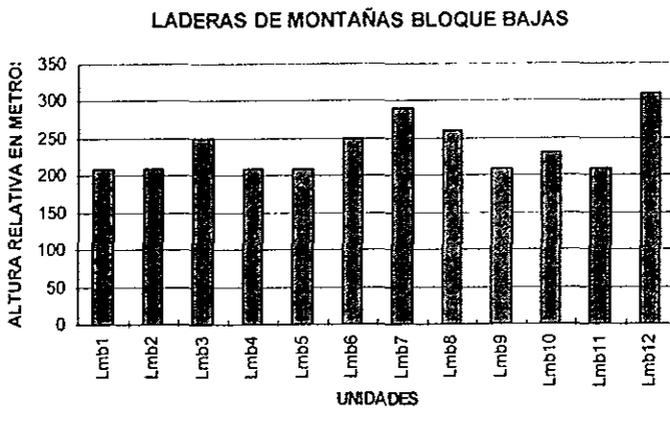


Fig 37 Muestra las alturas relativas por subunidad, correspondientes a los Laderas de montañas bloque bajas.

Las pendientes que dominan en esta unidad varían de los 8° a los 55°, las menores se encuentran en zonas de contacto con piedemonte, planicies aluviales y en sus partes cumbreles; las pendientes de 55° se presentan en áreas de transición a laderas de montañas bloque altas y escarpes en los límites de las subunidades aunque la pendiente media es mayor a 20° y menor a 35°; presentan una geometría recta y convexa en la mayoría de sus laderas; las superficies cumbreles presentan una morfografía aguda y redondeada en la mayoría de los casos y plana en menor proporción.

Debe mencionarse que en la parte este de la unidad existen superficies de nivelación como parte cumbre de algunos bloques. Se presentan algunos escarpes con un control estructural, de forma tal que representan los límites de la unidad. La Fig. 38 presenta la distribución de las pendientes que dominan en cada una de las subunidades.

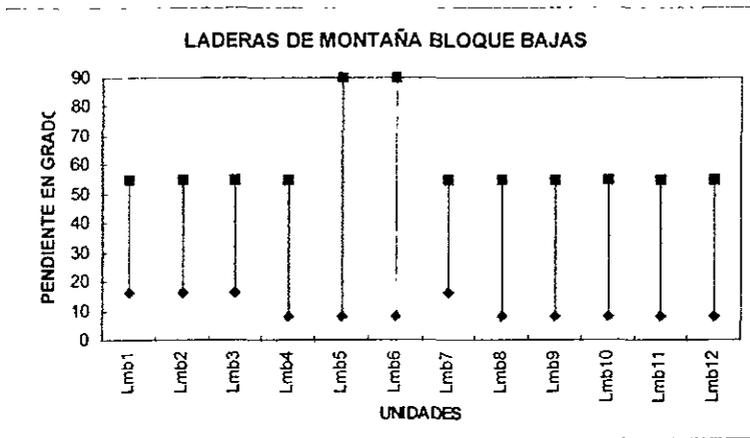


Fig. 38 Muestra las pendientes dominantes en los Laderas de montañas bloque bajas

Las rocas graníticas (G) del Cretácico constituyen el 90% del material que se presenta en los lomeríos altos y el 10% restante está constituido por rocas ígneas extrusivas ácidas (Igea) del Terciario, las asociaciones de suelos que se han desarrollado presentan la misma distribución y corresponden a suelos de tipo regosoles con fase textural gruesa (Re+Hh/1) y feozem con la misma clase textural (Hh+Re/1).

Dicha unidad ocupa una área total de 165.42 Km<sup>2</sup> aproximadamente. La red fluvial se encuentra controlada de manera estructural por fracturas, la mayoría de los escurrimientos drenan a los Ríos San Nicolás, Cuitzmala y el Arroyo Chamela.

## Valles colgados.

Valles colgados de origen endógeno tectónico, en intrusivo granítico y en la parte este por rocas ígneas extrusivas ácidas, ambas fracturadas en el pliocuaternario, actualmente modelados por procesos exógenos acumulativos de materiales aluviales; presentan fondo plano e inclinado hacia el sur, se emplazan a partir de los 900 m y hasta los 1 000 msnm.

Esta unidad se localiza al noroeste de la cima del Cerro El Pantano, ocupan una superficie de 0.8 Km<sup>2</sup>, reciben este nombre por encontrarse desfasados del nivel erosivo actual, ya sea por un ascenso del bloque en el que se desarrollan o por un descenso de los bloques adyacentes. En la Fig. 39 se presenta la distribución espacial de los valles colgados.

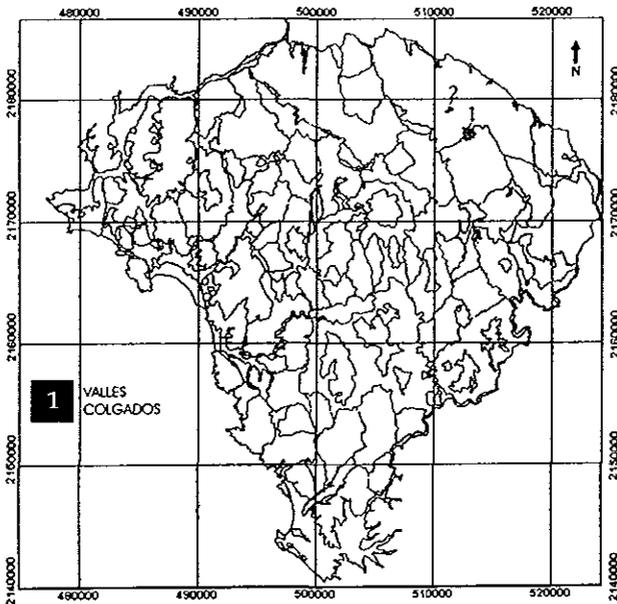


Fig 39 Localización de los Valles colgados.

Tienen una altura relativa menor a 50 m y mayor a 30 m, por lo que se presentan pendientes que van de los 4° a los 6° en promedio, lo que ha ocasionado que se acumule el material erosionado de las laderas de montañas bloque altas que limitan a esta unidad. La geometría de los valles en sentido longitudinal, es cóncava-recta, mientras que en sentido transversal es únicamente cóncava.

Litológicamente están compuestos en su base por granito (G) del Cretácico en un 60% del área y el 40% es de roca ígnea extrusiva ácida (Igea) del terciario; el material que aflora en superficie es 100% aluvial (Al) del Cuaternario. Los suelos que se encuentran en esta unidad son principalmente asociaciones de regosoles (Re+Hh/1) con clase textural gruesa y de feozem (Hh+Re/2) con clase textural media. La red fluvial está controlada por las pendientes interiores y la forma de las laderas que los rodean.

Para algunas de las unidades diferenciadas, no se presentan las figuras que corresponden a las alturas relativas y pendientes, ya que estos parámetros morfométricos no fueron tomados en cuenta para la fragmentación hacia su interior, debido a la homogeneidad que se presenta.

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

### Lomerios altos de origen endógeno modelado ( $150 > h < 200\text{m}$ )

Lomerios altos producto de un intrusivo granítico y en la parte sur compuestos por conglomerados, ambos materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario, se encuentran desde los 50 m y hasta los 1100 msnm.

Presentan la siguiente distribución, la mayor parte se encuentra en los alrededores del cerro Cuaguanton, donde se emplazan las localidades de El Limoncito, La Higuera, López Mateos, San Borja, y Nancastillo; al noroeste del Cerro las Gordas, donde se encuentra el poblado de Los Ranchitos y al sur del Cerro Bola Gorda y al sureste del Cerro El Colorado. Ocupan una área aproximada de 171.14 Km<sup>2</sup>. En la Fig. 40 se presenta la distribución espacial de los lomerios altos.

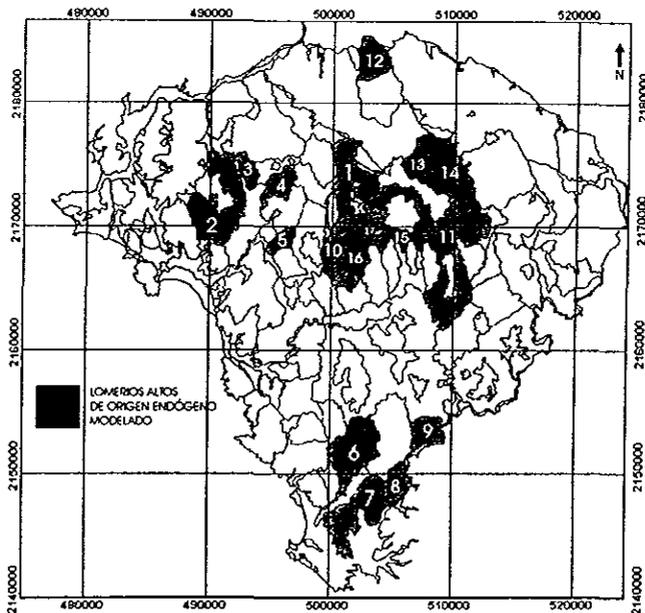


Fig.40 Localización de los lomerios altos de origen endógeno modelado.

Altimétricamente, presentan una distribución homogénea entre su diferencia de alturas que van de los 150 m a los 200 m de altura relativa, la fragmentación de esta unidad se basa principalmente en la morfología de los lomeríos, en este caso el 50% de los mismos presenta superficies cumbrales agudas y el 50% restante corresponde a cimas redondeadas. En la Fig. 41 se presentan las alturas relativas de cada unidad que integra a los lomeríos altos.

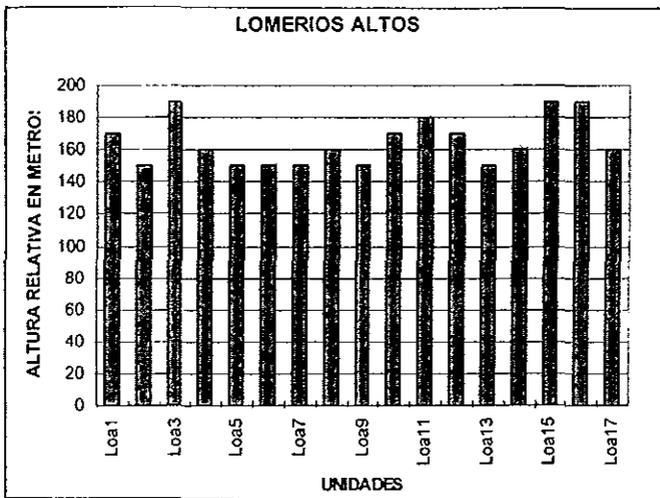


Fig. 41 Muestra las alturas relativas por subunidad, correspondientes a los Lomeríos altos.

Las pendientes que dominan en esta unidad morfogenética varían de  $8^{\circ}$  en zonas de transición entre lomeríos, en contactos con piedemontes y planicies aluviales intermontanas, así como en algunas superficies cumbrales; las pendientes de  $55^{\circ}$  corresponden a contactos con laderas de montañas bloque altas y algunos escarpes, de manera general la pendiente que domina es de  $18^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ . La geometría de sus laderas en sentido transversal es ligeramente recta y cóncava y en sentido longitudinal presenta una alternancia de formas cóncavo-convexa. En la Fig. 42 se muestran las pendientes dominantes por subunidad.

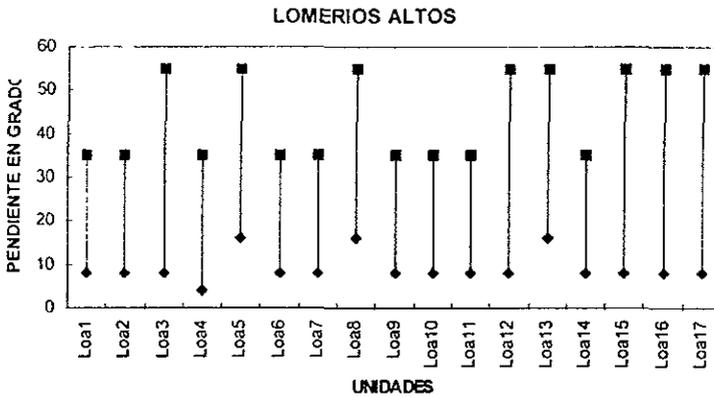


Fig. 42 Muestra las pendientes dominantes en los Lomeríos altos.

El 95% de los lomeríos altos está compuesto por granito (G) del Cretácico y sólo el 5% está constituido por conglomerado (Cg) del terciario superior, que se emplaza al norte de la desembocadura del río Cuitzmala. Las asociaciones de suelo que predominan en esta unidad son los siguientes, un 95% lo constituyen los regosoles (Re+Hh/1), y el 5% restante está constituido por feozem (Hh+Re/1); ambos con una clase textural gruesa.

La red fluvial es controlada por fallas y fracturas, y es más densa que en las laderas de montaña bloque; puesto que el material presenta un fracturamiento mayor.

Lomeríos medios de origen endógeno modelado ( $100 > h < 150\text{m}$ )

Lomeríos medios, como resultado de un intrusivo granítico, en la parte oeste por rocas ígneas extrusivas intermedias y tobas, además, todos los materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario, presentan crestas redondeadas y laderas cóncavo-convexas; se emplazan desde el nivel del mar 0 m y hasta los 500 msnm.

Su distribución en el área de estudio es homogénea, se encuentran asociados a lomeríos altos e intercalados con piedemontes y lomeríos bajos, en esta unidad se emplaza el poblado de Juan Gil Preciado. Aunque de manera aislada esta unidad sigue una alineación este-oeste. Ocupa una extensión aproximada de  $102.33 \text{ Km}^2$ . En la Fig. 43 se presenta su distribución espacial.

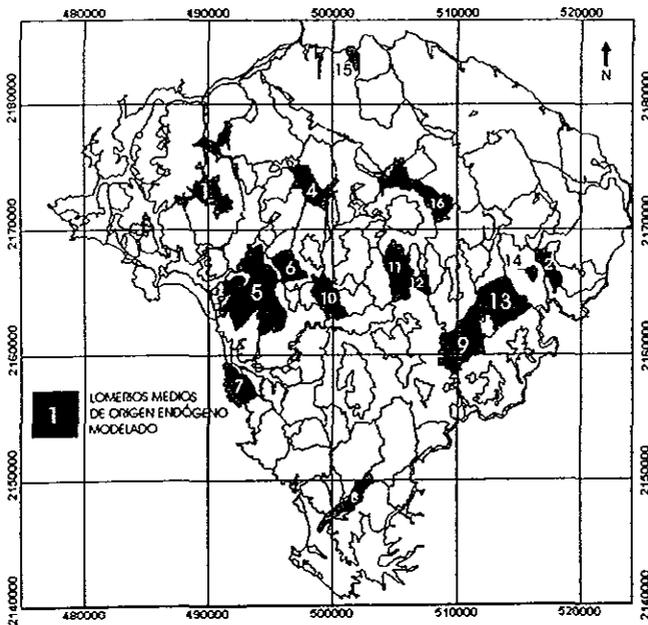


Fig. 43 Localización de los Lomeríos medios de origen endógeno modelado.

Presentan una diferencia altitudinal de 20 m en promedio, sus alturas relativas varían de 100 a 150 m, los máximos desniveles son de 50 m, y corresponden a las asociaciones de esta unidad con lomeríos altos y laderas de montañas bloque bajas, mientras que los desniveles inferiores a 20 m, corresponden a las asociaciones con piedemontes. Morfológicamente estos lomeríos tienen superficies cumbrales redondeadas en un 75% de su superficie y el 25% restante presenta cimas agudas. La Fig. 44 muestra las alturas relativas de las unidades que integran a estos lomeríos.

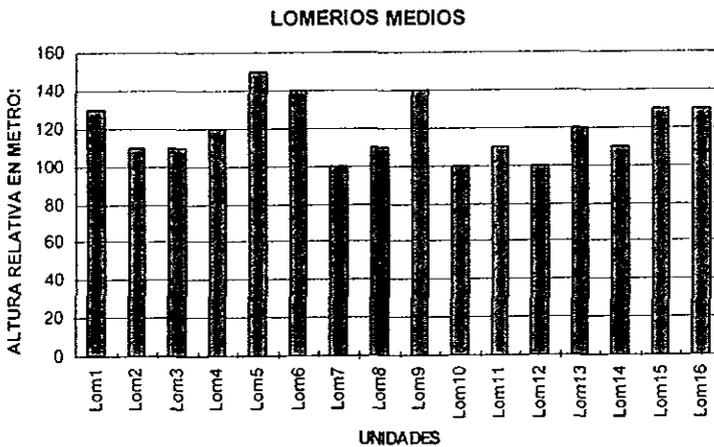


Fig. 44 Muestra las alturas relativas por subunidad, correspondientes a los Lomeríos medios.

Las pendientes que predominan en esta unidad siguen un patrón, hasta cierto punto homogéneo, ya que van de los 8° a los 35° y sólo en una ocasión alcanza los 55°; esto ocurre porque existe una zona de contacto directo con laderas de montañas bloque bajas; la mayoría de las pendientes son suaves por la redondez de las cimas y por los contactos con piedemontes y lomeríos bajos, como resultado de esto, la pendiente media va de 14° a 25°. La geometría de las laderas en sentido longitudinal es cóncavo-convexo y en ocasiones recta; mientras que en sentido transversal es ligeramente cóncavo. La Fig. 45 muestra las pendientes dominantes por subunidad.

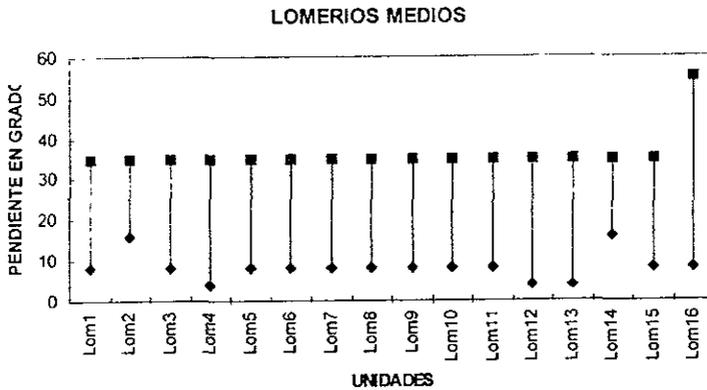


Fig. 45 Muestra las pendientes dominantes en los Lomerios medios.

Esta unidad está compuesta en un 85% de su superficie por granito (G) del Cretácico, un 10% corresponde a tobas (T) del Cretácico y el 5% restante está conformado por rocas ígneas extrusivas intermedias (Igei) del Terciario. La distribución de suelos al interior de esta unidad es la siguiente, en su gran mayoría están presentes los regosoles (Re+Hh/1) con clase textural gruesa y en menores porciones el feozem (Hh+Re/1) con la misma clase textural y en combinación con regosoles.

La red fluvial se encuentra controlada por fallas y fracturas con dirección noroeste-sureste que predominan en el área; en algunas unidades los cauces son amplios debido a la cercanía que tienen con los niveles de base locales como los Ríos Cuitzmala y Pérula, en otros casos por estar en contacto con piedemontes.

### Lomeríos bajos de origen endógeno modelado ( $h < 100\text{m}$ )

Lomeríos bajos de origen endógeno modelado, constituidos por un intrusivo granítico y en la costa por rocas ígneas ácidas, todos estos materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario, se encuentran desde el nivel del mar hasta los 500 msnm.

Ocupan la mayor parte del área de estudio, con una extensión aproximada de  $289.46 \text{ Km}^2$ , además, la parte centro y sur de la misma, con algunas pequeñas unidades aisladas al este y oeste. En esta categoría se incluye el microbloque "El Colorado", cuya cartografía morfogenética se realiza y explica a una escala 1:25,000 posteriormente; también se encuentran emplazados los poblados de San Borja, Los Metates, El Tabaco y parte de Juan Gil Preciado. En la Fig. 46 se presenta la distribución espacial de los lomeríos bajos

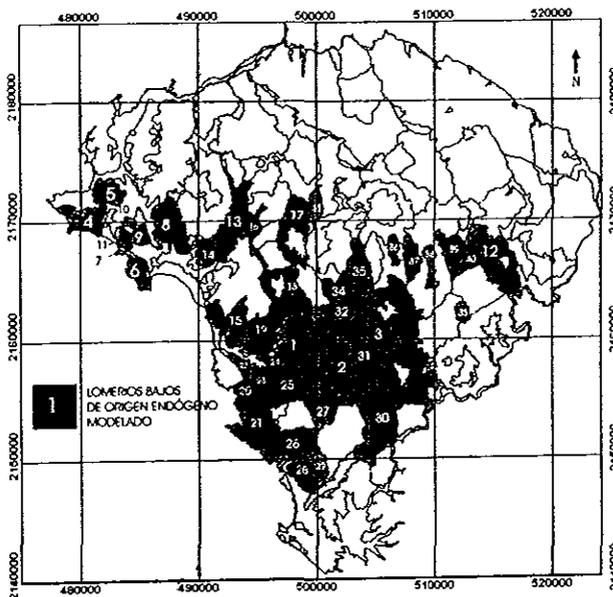


Fig 46 Localización de los Lomeríos bajos de origen endógeno modelado.

Las alturas relativas de los polígonos que conforman esta unidad varían de los 20 a los 100 m de diferencia, el 50% de los lomeríos bajos presentan una altura relativa superior a los 70 m y el resto no más de 40 m; lo anterior guarda una relación directa con las unidades vecinas como lomeríos medios, laderas de montañas bloque bajas y con planicies aluviales y costeras respectivamente. Un 70% de sus superficies cumbrales son redondeadas, el 30% son planas. En la Fig 47 se presentan las alturas relativas de cada unidad de lomerío.

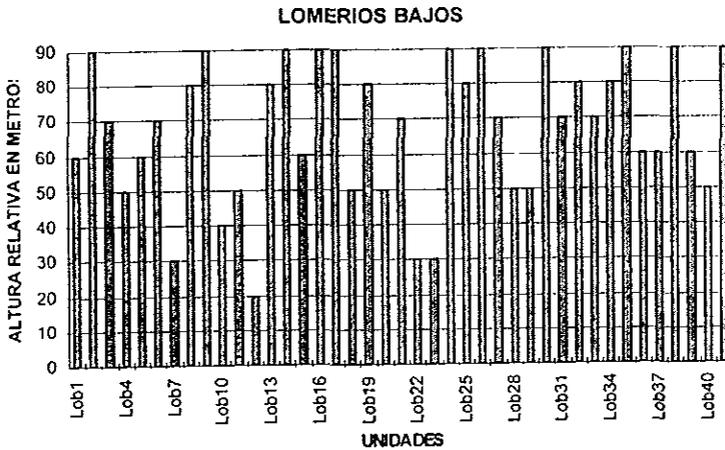


Fig 47 Muestra las alturas relativas por subunidad, correspondientes a los Lomeríos bajos

Las pendientes que se presentan en forma dominante son homogéneas, en un 95% van de los 8° a los 35°, siendo las zonas de contacto entre lomeríos con piedemontes, superficies cumbrales, planicies aluviales y costeras las de valores menores; mientras que las laderas y algunos escarpes ocasionados por fallas generan las pendientes mayores, la pendiente media en esta unidad es de 18°. Por lo que respecta a la geometría de las laderas, es en sentido transversal cóncavo-convexa y en sentido longitudinal la alternancia de formas cóncavo-rectas es dominante. La Fig. 48 presenta las pendientes más frecuentes en los lomeríos bajos.

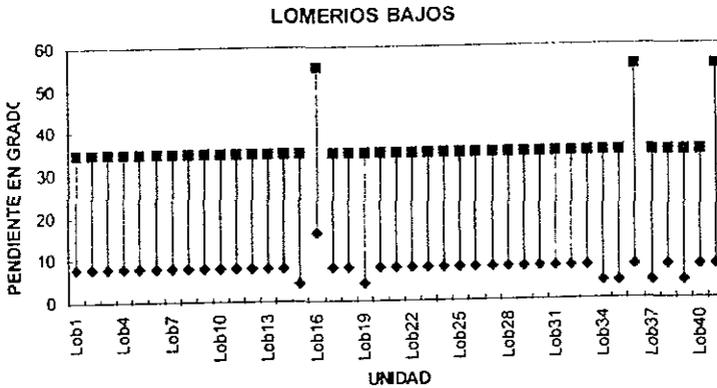


Fig 48 Muestra las pendientes dominantes en los Lomeríos bajos

Litológicamente el granito (G) del Cretácico constituye un 80% del área; el 35% está compuesto por tobas (T) también del Cretácico y el 5% restante por rocas ígneas extrusivas ácidas (Igea) del Terciario; las asociaciones de suelos que se encuentran en esta unidad son principalmente las de regosoles (Re+Hh/1) con un 90% del área, un 5% lo ocupan los cambisoles (Bc+Re/1) y el resto son litosoles (I+Re/1) todos con clase textural gruesa. La red hidrológica es controlada por fallas y fracturas así como por las pendientes ocasionadas por las formas de las laderas.

### Superficies de nivelación.

Las superficies de nivelación forman parte de la superficie cumbral de algunas laderas de montañas bloque bajas y de lomeríos bajos; tienen un origen endógeno modelado producto de un intrusivo granítico que fue fracturado por actividad tectónica en el pliocuaternario, morfológicamente son planas con una ligera inclinación; se desarrollan a partir de los 100 m y hasta los 200 msnm.

Se localizan sobre laderas de montañas bloque bajas en la parte este y sobre lomeríos bajos en la parte central del área de estudio; ocupan un área aproximada de 13.32 Km<sup>2</sup>. En la Fig. 49 se presenta la distribución espacial de las superficies de nivelación.

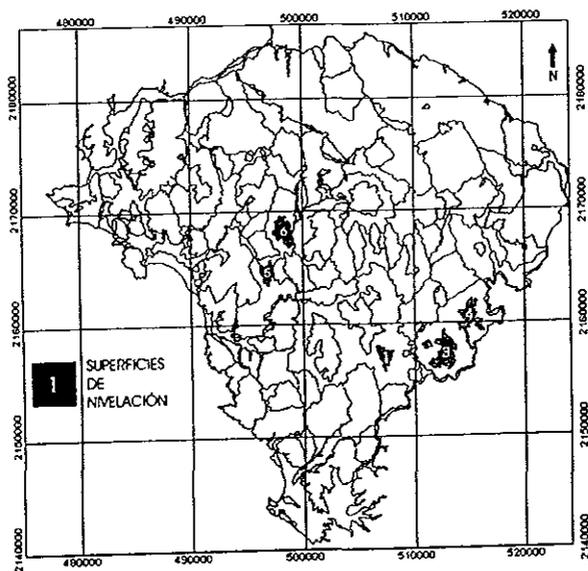


Fig. 49 Localización de las superficies de nivelación.

En cuanto a la morfometría, presentan una altura relativa menor a 50 m y mayor a 20 m, 35 m en promedio; tienen además pendientes que van de los 2° en las partes centrales planas, a los 16° en pequeñas porciones donde hay contacto con las laderas de dichas unidades, en general la pendiente media es de 6°.

Litológicamente están constituidas en su totalidad por rocas graníticas (G) del Cretácico y los suelos que las conforman son en su mayoría asociaciones de regosoles (Re+Hh/1) con fase textural gruesa.

La red hidrológica está controlada hacia el interior en las pendientes y en ocasiones son utilizadas para el cultivo.

### Lomeríos aislados altos de origen endógeno modelado ( $50 > h < 80$ m)

Lomeríos aislados altos de origen endógeno modelado, conformados en su mayoría por un intrusivo granítico y en su parte suroeste de tobas; ambos materiales fracturados por tectónica en el pliocuaternario; se encuentran desde el nivel del mar 0 m y hasta 500 msnm.

Ocupan un área de aproximadamente 2.68 Km<sup>2</sup>, dichos lomeríos se localizan al noroeste y suroeste del área de estudio; teniendo en un 60% de los casos *contacto con piedemontes*, en segundo lugar con la planicie aluvial del río Cuitzmala y por último con lomeríos altos. En la Fig. 50 se presenta la distribución espacial de los lomeríos aislados altos.

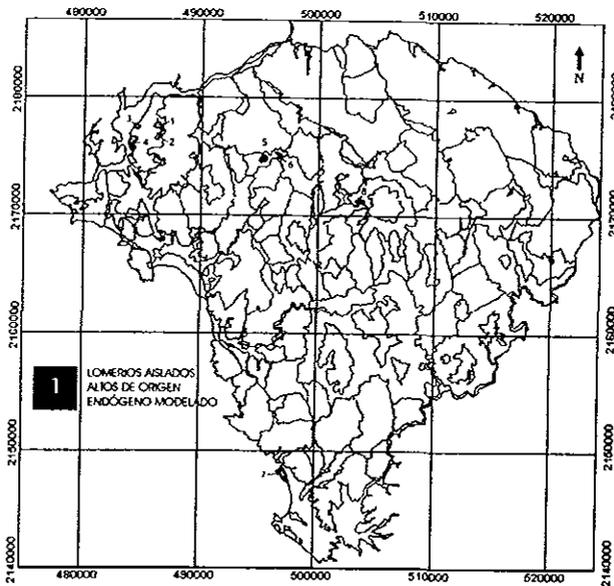


Fig. 50 Localización de los Lomeríos aislados altos, de origen endógeno modelado.

Altimétricamente presentan una altura relativa de 80 m como máximo, en el caso del Loaa6 y 50 m como mínimo, esto ocurre con los lomeríos restantes. Las superficies cumbreles, en su totalidad, presentan formas redondeadas, se encuentran aisladas como su nombre lo indica formando elevaciones menores, en esta unidad se encuentra la punta Careyes. En la Fig. 51 se presentan las alturas relativas al interior de esta unidad.

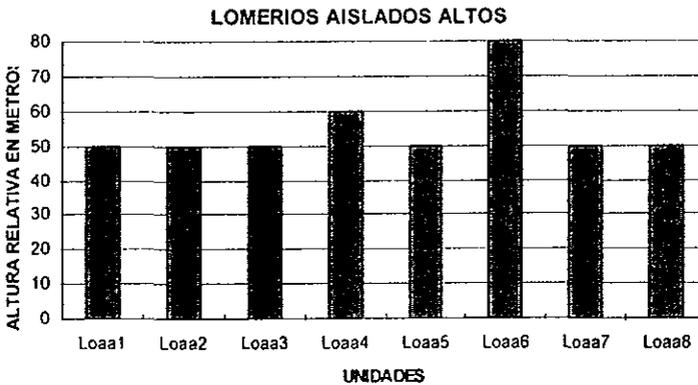


Fig 51 Muestra las alturas relativas, correspondientes a los Lomeríos aislados altos

Las pendientes en la mayoría de los casos van de  $8^{\circ}$  a  $35^{\circ}$ , siendo en las partes cumbreles y en las zonas de transición con el piedemonte, donde se encuentran las menores, por lo que respecta a las mayores a  $16^{\circ}$  y hasta  $35^{\circ}$  corresponden a las laderas de los mismos que en ocasiones son escarpadas, como es el caso de la Punta Careyes o que están en contacto con fallas como ocurre en dos casos ubicados en el noroeste; aunque la pendiente dominante es de  $17^{\circ}$ . La geometría de las laderas en sentido transversal es convexa y en pocos casos recta; mientras que en sentido longitudinal predominan las formas convexas. En la Fig. 52 se presentan las pendientes dominantes en los lomeríos aislados altos.

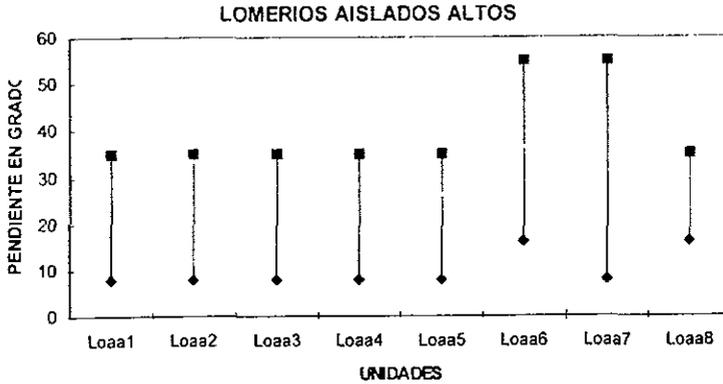


Fig. 52 Muestra las pendientes dominantes en los Lomerios aislados altos

Las rocas que conforman a esta unidad son al noroeste y ocupando un 80% del área granitos (G) del Cretácico, el resto al sur son tobas de la misma edad. Los suelos en su totalidad son asociaciones de regosoles (Re+Hh/1) con clase textural gruesa. Por lo que respecta a la red hidrológica, se encuentra controlada por la forma de las laderas, llegando en ocasiones a ser radial, influenciada por pequeñas fracturas.

## Lomeríos aislados bajos de origen endógeno modelado (&lt;30 m)

Lomeríos aislados bajos de origen endógeno modelado, producto de un intrusivo granítico, en la costa centro por rocas ígneas extrusivas intermedias y en la costa sur de rocas ígneas extrusivas ácidas y conglomerados tectonizados en el pliocuaternario; se encuentran desde el nivel del mar hasta 200 msnm.

Esta unidad morfogénética ocupa un área aproximada de 4 Km<sup>2</sup> y se distribuye de manera aislada en las principales planicies aluviales como la del río Cuitzmala, arroyo Chamela y en los piedemontes desarrollados en los alrededores de los Ríos Pérula y San Nicolás. De los dieciocho polígonos que conforman esta unidad sólo uno tiene nombre y es conocido como Punta Farallón. En la Fig. 53 se presenta la distribución espacial de los lomeríos aislados bajos.

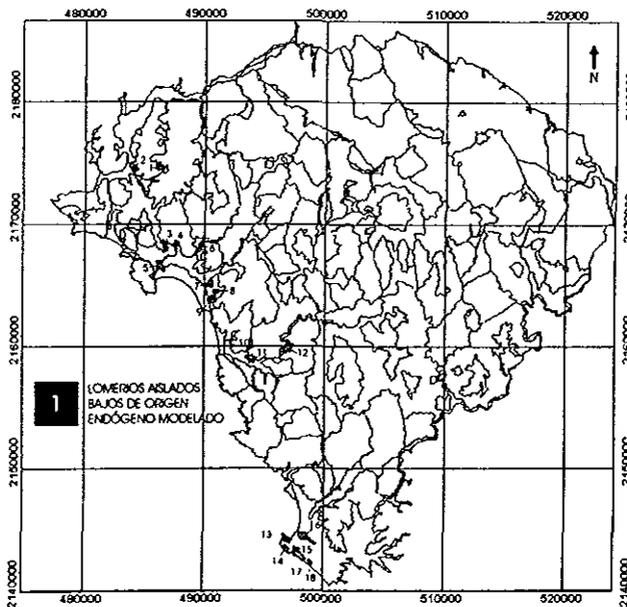


Fig 53 Localización de los Lomeríos aislados altos, de origen endógeno modelado

Las alturas relativas que conforman esta unidad morfogénica se encuentran divididas en tres pisos altitudinales bien definidos; el primero con 30 m de altura relativa, está conformado por el 40% del área de la unidad, el segundo con 20 m ocupa el 50% y el 10% restante presenta 10 m de diferencia altitudinal; no se encuentra ninguna relación entre las alturas con las unidades asociadas, como en los casos anteriores. La morfología de sus superficies cumbreles es en un 60% redondeada y el resto de las superficies son planas; solo en dos polígonos presentan cimas agudas. En la Fig. 54 se presentan las alturas relativas de los lomeríos aislados bajos.

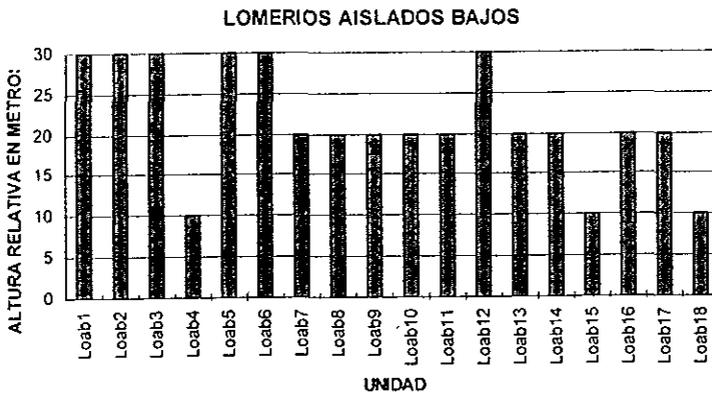


Fig. 54 Muestra las alturas relativas, correspondientes a los lomeríos aislados bajos

En cuanto a las pendientes que dominan en esta unidad se encontró que el 55% del área presenta valores que van de los 8° a los 35°, mientras que el 45% son menores a los 16° y en algunos casos los valores son de 0°; los valores mayores corresponden a las laderas de los lomeríos y las zonas de transición con las planicies aluviales, las pendientes mayores a 16° se encuentran en la transición con el piedemonte y los valores menores de 8° en las superficies cumbreles, la pendiente media es de 15°.

La geometría de las laderas en sentido transversal es convexa y en sentido longitudinal es convexa-recta. En la Fig. 55 se presentan las pendientes dominantes en los lomeríos aislados bajos.

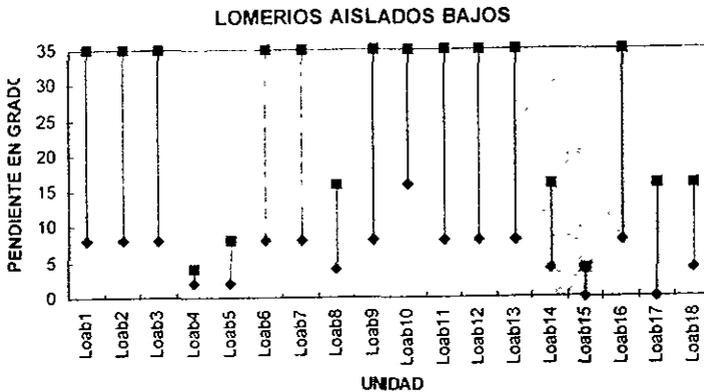


Fig. 55 Muestra las pendientes dominantes en los lomeríos aislados bajos.

Litológicamente están conformadas por granitos (G) del Cretácico en un 40%, un 30% es de rocas ígneas extrusivas ácidas y un 20% de rocas ígneas extrusivas intermedias ambas del Terciario y el 10% restante lo constituye el conglomerado del Terciario tardío. Existen tres asociaciones de suelos en esta unidad; un 60% del área es ocupado por regosoles (Re+Hh/1), un 20% por cambisoles (Be+Hh+Je/1) y el resto por feozem (Hh+Be/1), todas con clase textural gruesa.

La red fluvial al igual que la unidad anterior se encuentra controlada por la forma de las laderas, llegando en ciertos casos a ser radial, y sigue un arreglo estructural.

## Piedemontes

Piedemontes, de origen exógeno acumulativo, con detritos de rocas graníticas y en ocasiones de tobas, su morfología es recta, se emplazan a partir de lo 25 m y hasta los 500 msnm.

Se distribuyen ampliamente en la parte norte del área de estudio, generalmente se encuentran al pie de las máximas elevaciones, como son las laderas de montañas bloque y en menor proporción asociados a los lomeríos medios. Ocupan una extensión aproximada de 78.62 Km<sup>2</sup>; existen al interior de esta unidad subdivisiones que caracterizan al mismo piedemonte de acuerdo a su posición altitudinal. En la Fig. 56 se presenta la distribución espacial de los piedemontes.

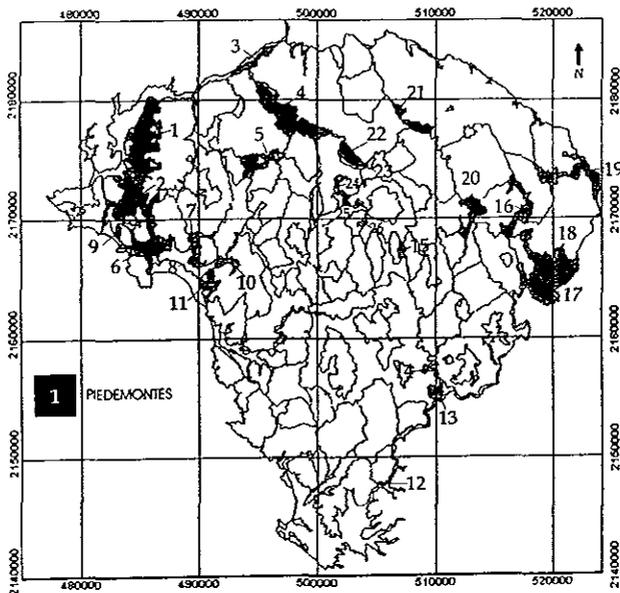


Fig 56 Localización de los Piedemontes

Las alturas relativas que se presentan son menores a 80 m y mayores a 10 m, esto guarda una estrecha relación con las unidades a las que se encuentran asociados, debido a la diferencia de alturas entre ellas, las pendientes a su vez también dependen de dichas unidades, las mayores a 16° y hasta 55° corresponden a piedemontes asociados con laderas de montañas bloque; mientras que las que van de 0° a menos de 16°, se deben a las asociaciones con lomeríos; aunque la pendiente predominante es de 8° a 16° de manera general.

Las rocas que conforman esta unidad son en un 90% granitos (G) y el 10% restante son tobas, ambas del Cretácico, la misma proporción siguen las asociaciones de suelos que se desarrollan al interior de esta unidad, en primer lugar se encuentran los regosoles (Re+Hh/1) y en segundo a las de feozem (Hh+Re/1), ambos con clase textural gruesa.

La red hidrológica se encuentra controlada por la pendiente y es de tipo subparalelo.

## Planicies aluviales intermontanas.

Planicie aluvial intermontana, de origen exógeno acumulativo, compuestas por material aluvial, morfológicamente presentan en su mayoría fondos planos y estrechos; se emplazan desde los 100 m y hasta los 800 msnm

Se encuentran distribuidas ampliamente por toda el área de estudio, aunque conformadas por polígonos pequeños ocupan una superficie aproximada de 10.85 Km<sup>2</sup>; dichas subunidades se encuentran por lo general alineadas, siguiendo los cauces de los escurrimientos principales, la mayoría de estas planicies se encuentran asociadas a laderas de montañas bloque y el piedemonte de las unidades vecinas. En la Fig. 57 se presenta la distribución espacial de las planicies aluviales intermontanas.

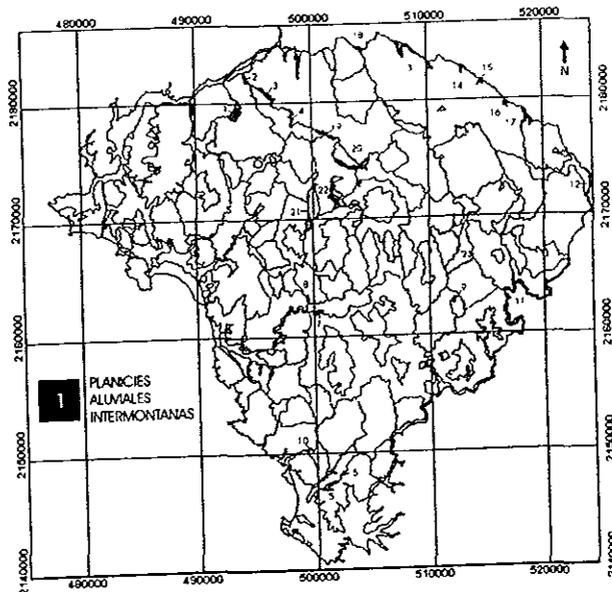


Fig. 57 Localización de las Planicies aluviales intermontanas.

La altura relativa de esta unidad, es en promedio de 20 m, a excepción de una subunidad (Pa13), que se encuentra en la parte más al norte y sobre el que se emplaza el poblado de Zapata; las pendientes en general se agrupan en dos clases, un 60% de los polígonos tienen de 2° a 4°, la segunda conformada por el resto de las subunidades varía de 0° a 8°. La geometría es en sentido longitudinal, recta y en el transversal, cóncava.

La litología se compone en un 80% por granito (G) del Cretácico y el resto es aluvial (Al) del Cuaternario, la distribución antes mencionada guarda una estrecha relación con la extensión de las subunidades; así se tiene que las de poco desarrollo transversal, no permiten el depósito de materiales aluviales por lo que predominan las rocas graníticas; además los materiales aluviales, se encuentran en su mayoría en las subunidades que están más cerca de las planicies aluviales.

Existen dos asociaciones de suelos que predominan en esta unidad, en primer lugar están los regosoles (Re+Hh/1) y en segundo término los de tipo feozem (Hh+Re/1, ambos con clase textural gruesa; en menor proporción existen los fluvisoles (Je/1), con la misma clase textural.

La red fluvial está compuesta únicamente por el escurrimiento principal, que en la mayoría de los casos ocupa la parte central de estas áreas y de pequeños afluentes que lo alimentan

## Planicies aluviales.

Planicies aluviales de origen exógeno acumulativo, compuestas de material aluvial, con fondos planos y poco inclinados, modeladas por la dinámica fluvial actual, se emplazan desde el nivel del mar hasta los 100 msnm.

Las planicies que conforman esta unidad morfogenética ocupan una extensión aproximada de 72.91 Km<sup>2</sup>; y corresponden a los principales ríos que drenan el área de estudio. Al norte el Río San Nicolás, en cuya planicie se asientan los poblados *Quemaro*, *Higuera Blanca* y *el Tunal*, hacia el sur el Arroyo *Pérula*, con el poblado de *La Fortuna*; les sigue el Arroyo *Chamela* y finalmente el Río *Cuitzmala*, con los poblados *Emiliano Zapata*, *Francisco Villa*, *El Cedro* y *Las Trojas*, este último escurrimiento y el del Río San Nicolás conforman los límites sur y norte del área de estudio respectivamente; además, existen otras dos pequeñas planicies que carecen de nombre. En la Fig. 58 se presenta la distribución espacial de las planicies aluviales.

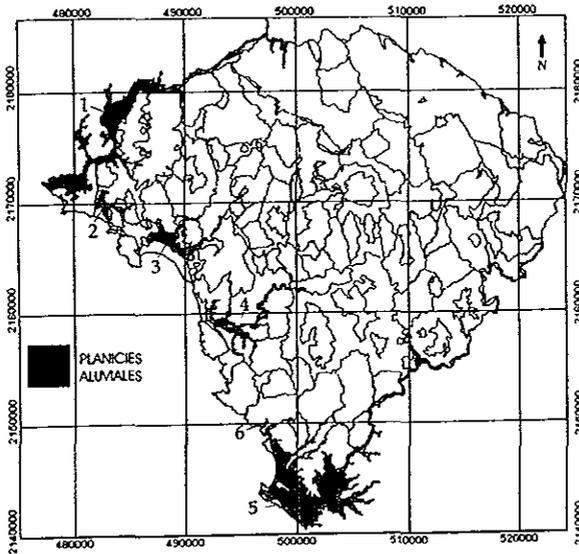


Fig. 58 Localización de las Planicies aluviales.

La delimitación de las planicies, hacia el interior del continente, se basa principalmente en la continuidad de los conjuntos de terrazas y llanuras de inundación que se presentan. Al presentarse una discontinuidad de estos depósitos cambia el nombre por el de planicie aluvial intermontana.

No obstante la gran extensión que tienen hacia tierra firme, presentan una altura relativa en promedio de 25 m; las pendientes no son mayores a 8° y en un 70% de las superficies solo alcanza los 4° de inclinación este valor corresponde también a la media de la unidad. La geometría que presentan en sentido longitudinal es recta y en sentido transversal es cóncava.

Los materiales aluviales (Al) del Cuaternario representan cerca del 90% del material que conforman estas unidades y en pequeñas proporciones materiales de origen litoral (Li) y eólico (Eo), ambos también del Cuaternario; los suelos que dominan en el área son asociaciones de cambisoles (Be+Je/1) y de fluvisoles (Je/1), con clase textural gruesa. Esta unidad se emplaza sobre fallas regionales, por lo que la red fluvial está controlada de manera estructural.

### Planicies aluviales relicto.

Planicie aluvial relicto de origen exógeno acumulativo, actualmente con procesos denudatorios, con morfología plana a cóncava; se emplaza de los 100 m hasta los 200 msnm.

Esta unidad se emplaza al noroeste del Cerro El Colorado y al noreste del Cerro Alto; en la parte centro-sur del área de estudio, ambas ocupan una extensión de 3.07 Km<sup>2</sup> aproximadamente. En la Fig. 59 se presenta la distribución espacial de las planicies aluviales relicto.

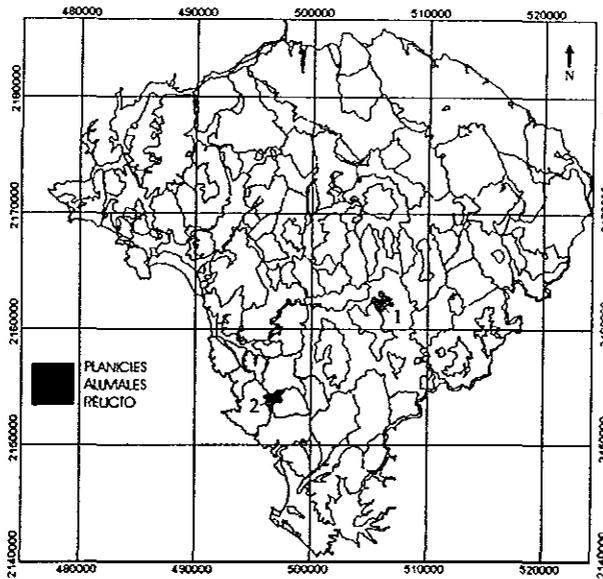


Fig 59 Localización de las Planicies aluviales relicto

De manera general, presentan una altura relativa de 30 m, por lo que las pendientes que se desarrollan hacia su interior son suaves y van de 2° a 16°, con una pendiente media de 4°; se encuentran ligeramente inclinadas hacia los niveles de base locales, para cada subunidad.

Litológicamente se encuentran compuestas por rocas graníticas (G) del Cretácico, al noreste del cerro Alto y por conglomerados (Cg) del Terciario tardío al noroeste del Cerro El Colorado. En ambas subunidades predominan las asociaciones de suelos de tipo regosol (Re+Hh/1) con clase textural gruesa. La red hidrológica se encuentra controlada por la inclinación y las pendientes que se presentan al interior.

## Planicies costeras

Planicies costeras de origen exógeno acumulativo, modeladas por la dinámica costera, de forma plana ligeramente inclinadas hacia el océano, constituidas por materiales aluviales, palustres, eólicos y litorales, se emplazan desde el nivel del mar hasta los 25 msnm.

Ocupan una superficie de 7.98 Km<sup>2</sup>, se localizan a partir de la desembocadura del arroyo Chamela hacia el norte; son por lo general de forma alargada y de poca anchura hacia el interior del continente; la mayor subunidad ocupa la parte norte y este de la Bahía de Chamela, y en su interior se emplazan los poblados de Pérula y Mateo; esta unidad morfogenética contrasta con la mayor parte de la costa, ya que generalmente es escarpada y rocosa. En la Fig 60 se presenta la distribución espacial de las planicies costeras.

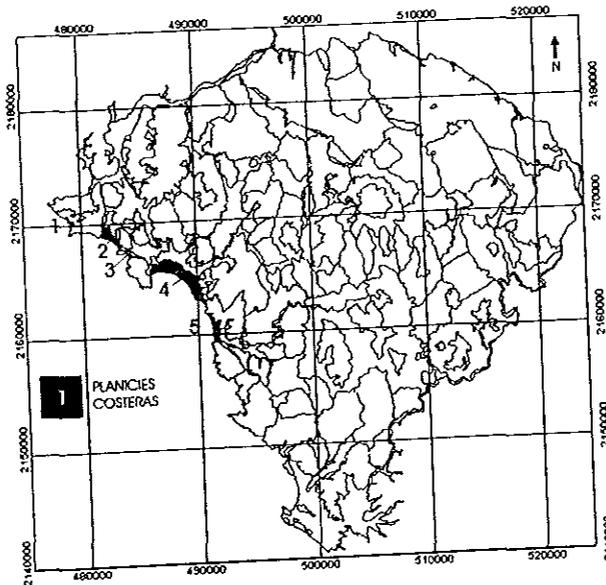


Fig. 60 Localización de las Planicies costeras.

Cuentan con una altura relativa no mayor a 20 m en promedio, sus superficies se encuentran inclinadas hacia el océano y las pendientes que dominan van de 0° a 0 5° en promedio; tanto en sentido longitudinal como en transversal, la geometría de la unidad es recta con pequeñas ondulaciones.

Se encuentran constituidas, en su mayoría, por materiales del Cuaternario y en menor proporción del Cretácico. Los materiales se disponen a manera de franjas paralelas a la costa, un 35% corresponde a material litoral (Li), el 25% es palustre (Pa), otro 25% es aluvial (Al) el restante 15% es eólico (Eo).

Al interior de esta unidad se presentan tres asociaciones de suelos de manera general, un 40% son regosoles (Re+Hh+l/1), el 60% restante se divide en partes iguales, en asociaciones de cambisoles (Bc+Re/1) y solonchak (Zo-n/1) todos con clase textural gruesa.

La red fluvial es incipiente y está controlada por la escasa pendiente, lo que ha permitido que se formen esteros como el Pérula o salinas como las de Chamela.

## Planicie fluvio-costera

Planicie fluvio-costera, con origen exógeno acumulativo, modelada por procesos de dinámica fluvial y costeros, constituida por materiales aluviales, con forma plana e inclinada hacia el mar; se emplaza dentro de los primeros 20 msnsm. Esta unidad, se localiza en la parte sur, de la desembocadura del arroyo Chamela, ocupa una extensión aproximada de 0.49 Km<sup>2</sup>. En la Fig. 61 se presenta la localización espacial de la planicie fluvio-costera.

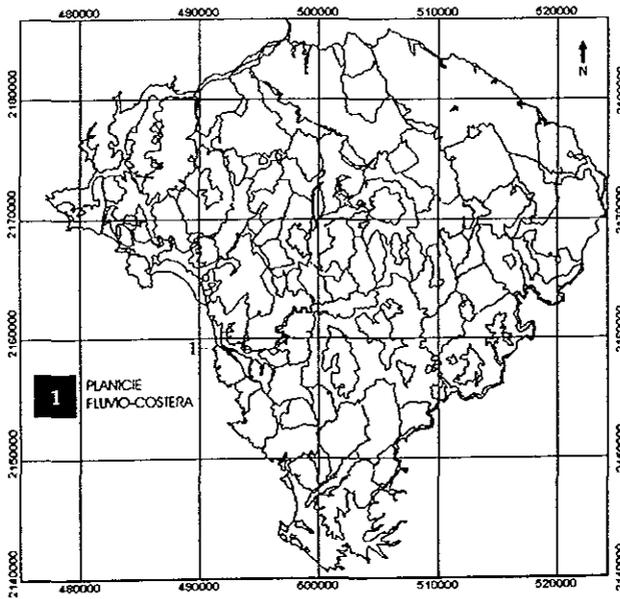


Fig. 61 Localización de la Planicie fluvio-costera.

Presenta una altura relativa de 15 m en promedio, las pendientes que dominan al interior de esta unidad van de 0° a 0.5°. Litológicamente está constituida en un 100% de material aluvial (Al) del Cuaternario, en su interior se desarrollan tres asociaciones de suelos, el 50% está constituido por feozem (Hh/1), un 30% es de fluvisoles (Je/1) y el resto son regosoles (Re+Hh/1); todos con clase textural gruesa. La red hidrológica se encuentra controlada por la pendiente.

## Planicie lagunar costera

Planicie lagunar costera, con origen exógeno acumulativo, modelada por tectónica de ascenso y en la actualidad desecada, constituida por materiales palustres, con forma cóncava-plana e inclinada hacia el interior del continente; se emplaza dentro de los primeros 15 msnm.

Esta unidad, se localiza al norte de la bahía de Chamela, en su interior se emplaza el poblado de Mezcales, ocupa una extensión aproximada de 0.19 Km<sup>2</sup>. En la Fig. 62 se presenta la localización espacial de la planicie lagunar costera.

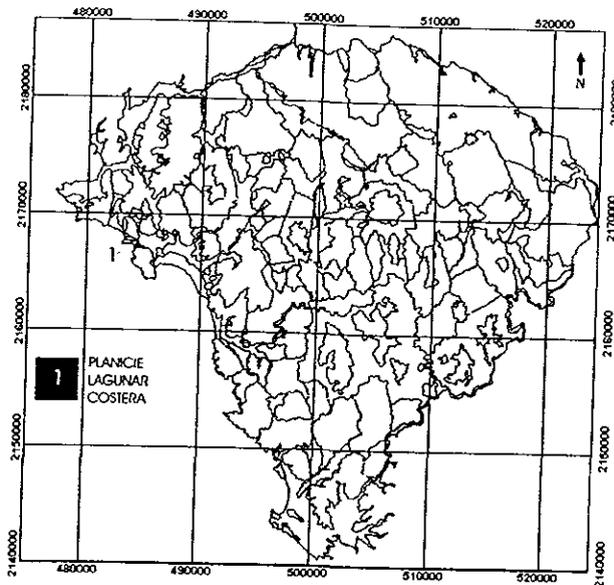
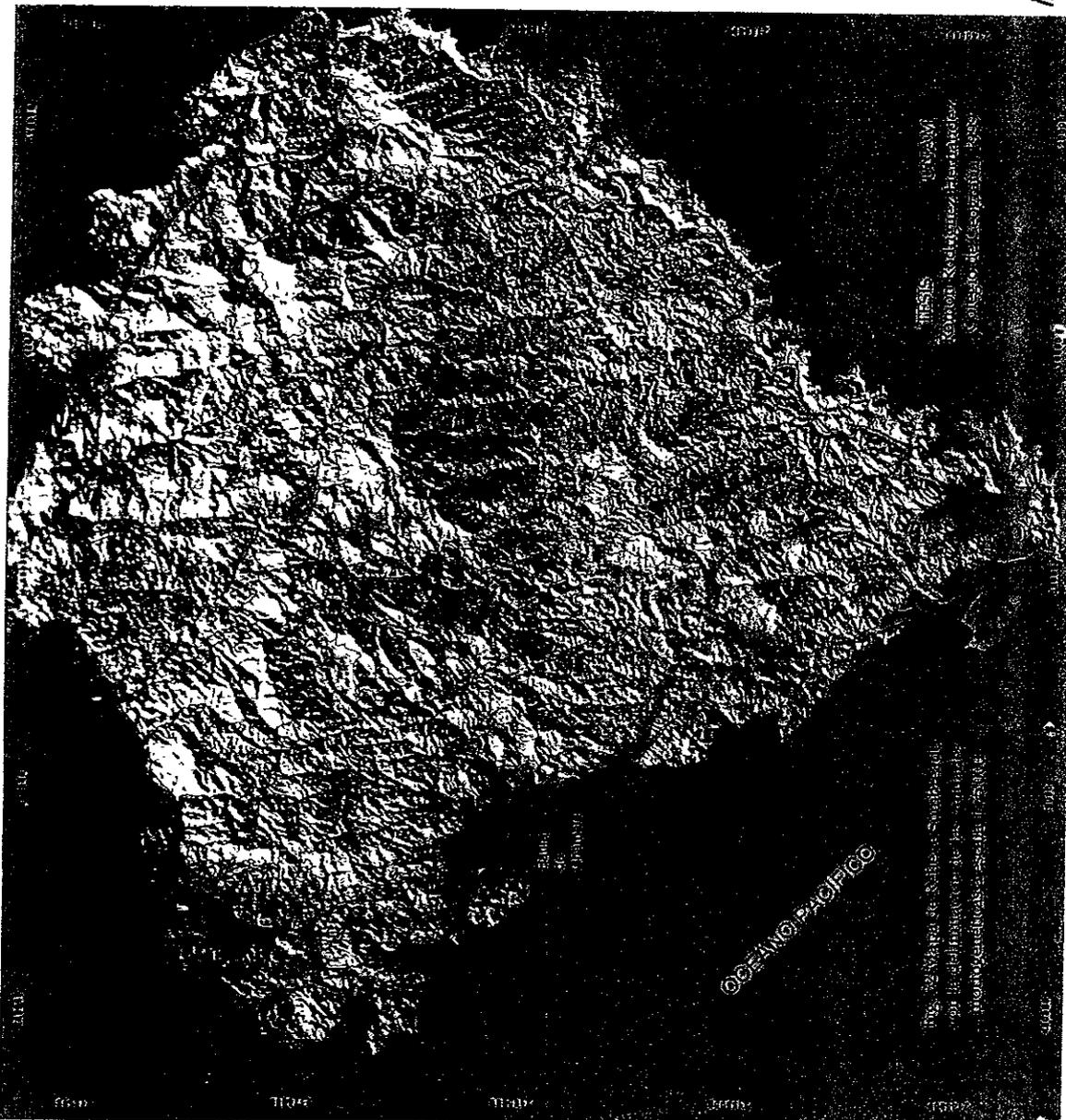


Fig. 62 Localización de la Planicie lagunar costera.

Presenta una altura relativa de 5 m en promedio, las pendientes que dominan al interior de esta unidad van de 0° a 0.5°. Litológicamente está constituida en su totalidad por material palustre (Pa) del Cuaternario; en su interior se desarrollan dos asociaciones de suelos, el 60% está constituido por solonchak (Zo-n) con clase textural gruesa, el 40% restante es de regosoles (Re+Hh+l/2) con clase textural media.

La red hidrológica se encuentra controlada por la pendiente.



1953  
1952  
1951  
1950  
1949  
1948  
1947  
1946  
1945  
1944  
1943  
1942  
1941  
1940  
1939  
1938  
1937  
1936  
1935  
1934  
1933  
1932  
1931  
1930  
1929  
1928  
1927  
1926  
1925  
1924  
1923  
1922  
1921  
1920  
1919  
1918  
1917  
1916  
1915  
1914  
1913  
1912  
1911  
1910  
1909  
1908  
1907  
1906  
1905  
1904  
1903  
1902  
1901  
1900  
1899  
1898  
1897  
1896  
1895  
1894  
1893  
1892  
1891  
1890  
1889  
1888  
1887  
1886  
1885  
1884  
1883  
1882  
1881  
1880  
1879  
1878  
1877  
1876  
1875  
1874  
1873  
1872  
1871  
1870  
1869  
1868  
1867  
1866  
1865  
1864  
1863  
1862  
1861  
1860  
1859  
1858  
1857  
1856  
1855  
1854  
1853  
1852  
1851  
1850  
1849  
1848  
1847  
1846  
1845  
1844  
1843  
1842  
1841  
1840  
1839  
1838  
1837  
1836  
1835  
1834  
1833  
1832  
1831  
1830  
1829  
1828  
1827  
1826  
1825  
1824  
1823  
1822  
1821  
1820  
1819  
1818  
1817  
1816  
1815  
1814  
1813  
1812  
1811  
1810  
1809  
1808  
1807  
1806  
1805  
1804  
1803  
1802  
1801  
1800  
1799  
1798  
1797  
1796  
1795  
1794  
1793  
1792  
1791  
1790  
1789  
1788  
1787  
1786  
1785  
1784  
1783  
1782  
1781  
1780  
1779  
1778  
1777  
1776  
1775  
1774  
1773  
1772  
1771  
1770  
1769  
1768  
1767  
1766  
1765  
1764  
1763  
1762  
1761  
1760  
1759  
1758  
1757  
1756  
1755  
1754  
1753  
1752  
1751  
1750  
1749  
1748  
1747  
1746  
1745  
1744  
1743  
1742  
1741  
1740  
1739  
1738  
1737  
1736  
1735  
1734  
1733  
1732  
1731  
1730  
1729  
1728  
1727  
1726  
1725  
1724  
1723  
1722  
1721  
1720  
1719  
1718  
1717  
1716  
1715  
1714  
1713  
1712  
1711  
1710  
1709  
1708  
1707  
1706  
1705  
1704  
1703  
1702  
1701  
1700  
1699  
1698  
1697  
1696  
1695  
1694  
1693  
1692  
1691  
1690  
1689  
1688  
1687  
1686  
1685  
1684  
1683  
1682  
1681  
1680  
1679  
1678  
1677  
1676  
1675  
1674  
1673  
1672  
1671  
1670  
1669  
1668  
1667  
1666  
1665  
1664  
1663  
1662  
1661  
1660  
1659  
1658  
1657  
1656  
1655  
1654  
1653  
1652  
1651  
1650  
1649  
1648  
1647  
1646  
1645  
1644  
1643  
1642  
1641  
1640  
1639  
1638  
1637  
1636  
1635  
1634  
1633  
1632  
1631  
1630  
1629  
1628  
1627  
1626  
1625  
1624  
1623  
1622  
1621  
1620  
1619  
1618  
1617  
1616  
1615  
1614  
1613  
1612  
1611  
1610  
1609  
1608  
1607  
1606  
1605  
1604  
1603  
1602  
1601  
1600  
1599  
1598  
1597  
1596  
1595  
1594  
1593  
1592  
1591  
1590  
1589  
1588  
1587  
1586  
1585  
1584  
1583  
1582  
1581  
1580  
1579  
1578  
1577  
1576  
1575  
1574  
1573  
1572  
1571  
1570  
1569  
1568  
1567  
1566  
1565  
1564  
1563  
1562  
1561  
1560  
1559  
1558  
1557  
1556  
1555  
1554  
1553  
1552  
1551  
1550  
1549  
1548  
1547  
1546  
1545  
1544  
1543  
1542  
1541  
1540  
1539  
1538  
1537  
1536  
1535  
1534  
1533  
1532  
1531  
1530  
1529  
1528  
1527  
1526  
1525  
1524  
1523  
1522  
1521  
1520  
1519  
1518  
1517  
1516  
1515  
1514  
1513  
1512  
1511  
1510  
1509  
1508  
1507  
1506  
1505  
1504  
1503  
1502  
1501  
1500  
1499  
1498  
1497  
1496  
1495  
1494  
1493  
1492  
1491  
1490  
1489  
1488  
1487  
1486  
1485  
1484  
1483  
1482  
1481  
1480  
1479  
1478  
1477  
1476  
1475  
1474  
1473  
1472  
1471  
1470  
1469  
1468  
1467  
1466  
1465  
1464  
1463  
1462  
1461  
1460  
1459  
1458  
1457  
1456  
1455  
1454  
1453  
1452  
1451  
1450  
1449  
1448  
1447  
1446  
1445  
1444  
1443  
1442  
1441  
1440  
1439  
1438  
1437  
1436  
1435  
1434  
1433  
1432  
1431  
1430  
1429  
1428  
1427  
1426  
1425  
1424  
1423  
1422  
1421  
1420  
1419  
1418  
1417  
1416  
1415  
1414  
1413  
1412  
1411  
1410  
1409  
1408  
1407  
1406  
1405  
1404  
1403  
1402  
1401  
1400  
1399  
1398  
1397  
1396  
1395  
1394  
1393  
1392  
1391  
1390  
1389  
1388  
1387  
1386  
1385  
1384  
1383  
1382  
1381  
1380  
1379  
1378  
1377  
1376  
1375  
1374  
1373  
1372  
1371  
1370  
1369  
1368  
1367  
1366  
1365  
1364  
1363  
1362  
1361  
1360  
1359  
1358  
1357  
1356  
1355  
1354  
1353  
1352  
1351  
1350  
1349  
1348  
1347  
1346  
1345  
1344  
1343  
1342  
1341  
1340  
1339  
1338  
1337  
1336  
1335  
1334  
1333  
1332  
1331  
1330  
1329  
1328  
1327  
1326  
1325  
1324  
1323  
1322  
1321  
1320  
1319  
1318  
1317  
1316  
1315  
1314  
1313  
1312  
1311  
1310  
1309  
1308  
1307  
1306  
1305  
1304  
1303  
1302  
1301  
1300  
1299  
1298  
1297  
1296  
1295  
1294  
1293  
1292  
1291  
1290  
1289  
1288  
1287  
1286  
1285  
1284  
1283  
1282  
1281  
1280  
1279  
1278  
1277  
1276  
1275  
1274  
1273  
1272  
1271  
1270  
1269  
1268  
1267  
1266  
1265  
1264  
1263  
1262  
1261  
1260  
1259  
1258  
1257  
1256  
1255  
1254  
1253  
1252  
1251  
1250  
1249  
1248  
1247  
1246  
1245  
1244  
1243  
1242  
1241  
1240  
1239  
1238  
1237  
1236  
1235  
1234  
1233  
1232  
1231  
1230  
1229  
1228  
1227  
1226  
1225  
1224  
1223  
1222  
1221  
1220  
1219  
1218  
1217  
1216  
1215  
1214  
1213  
1212  
1211  
1210  
1209  
1208  
1207  
1206  
1205  
1204  
1203  
1202  
1201  
1200  
1199  
1198  
1197  
1196  
1195  
1194  
1193  
1192  
1191  
1190  
1189  
1188  
1187  
1186  
1185  
1184  
1183  
1182  
1181  
1180  
1179  
1178  
1177  
1176  
1175  
1174  
1173  
1172  
1171  
1170  
1169  
1168  
1167  
1166  
1165  
1164  
1163  
1162  
1161  
1160  
1159  
1158  
1157  
1156  
1155  
1154  
1153  
1152  
1151  
1150  
1149  
1148  
1147  
1146  
1145  
1144  
1143  
1142  
1141  
1140  
1139  
1138  
1137  
1136  
1135  
1134  
1133  
1132  
1131  
1130  
1129  
1128  
1127  
1126  
1125  
1124  
1123  
1122  
1121  
1120  
1119  
1118  
1117  
1116  
1115  
1114  
1113  
1112  
1111  
1110  
1109  
1108  
1107  
1106  
1105  
1104  
1103  
1102  
1101  
1100  
1099  
1098  
1097  
1096  
1095  
1094  
1093  
1092  
1091  
1090  
1089  
1088  
1087  
1086  
1085  
1084  
1083  
1082  
1081  
1080  
1079  
1078  
1077  
1076  
1075  
1074  
1073  
1072  
1071  
1070  
1069  
1068  
1067  
1066  
1065  
1064  
1063  
1062  
1061  
1060  
1059  
1058  
1057  
1056  
1055  
1054  
1053  
1052  
1051  
1050  
1049  
1048  
1047  
1046  
1045  
1044  
1043  
1042  
1041  
1040  
1039  
1038  
1037  
1036  
1035  
1034  
1033  
1032  
1031  
1030  
1029  
1028  
1027  
1026  
1025  
1024  
1023  
1022  
1021  
1020  
1019  
1018  
1017  
1016  
1015  
1014  
1013  
1012  
1011  
1010  
1009  
1008  
1007  
1006  
1005  
1004  
1003  
1002  
1001  
1000  
999  
998  
997  
996  
995  
994  
993  
992  
991  
990  
989  
988  
987  
986  
985  
984  
983  
982  
981  
980  
979  
978  
977  
976  
975  
974  
973  
972  
971  
970  
969  
968  
967  
966  
965  
964  
963  
962  
961  
960  
959  
958  
957  
956  
955  
954  
953  
952  
951  
950  
949  
948  
947  
946  
945  
944  
943  
942  
941  
940  
939  
938  
937  
936  
935  
934  
933  
932  
931  
930  
929  
928  
927  
926  
925  
924  
923  
922  
921  
920  
919  
918  
917  
916  
915  
914  
913  
912  
911  
910  
909  
908  
907  
906  
905  
904  
903  
902  
901  
900  
899  
898  
897  
896  
895  
894  
893  
892  
891  
890  
889  
888  
887  
886  
885  
884  
883  
882  
881  
880  
879  
878  
877  
876  
875  
874  
873  
872  
871  
870  
869  
868  
867  
866  
865  
864  
863  
862  
861  
860  
859  
858  
857  
856  
855  
854  
853  
852  
851  
850  
849  
848  
847  
846  
845  
844  
843  
842  
841  
840  
839  
838  
837  
836  
835  
834  
833  
832  
831  
830  
829  
828  
827  
826  
825  
824  
823  
822  
821  
820  
819  
818  
817  
816  
815  
814  
813  
812  
811  
810  
809  
808  
807  
806  
805  
804  
803  
802  
801  
800  
799  
798  
797  
796  
795  
794  
793  
792  
791  
790  
789  
788  
787  
786  
785  
784  
783  
782  
781  
780  
779  
778  
777  
776  
775  
774  
773  
772  
771  
770  
769  
768  
767  
766  
765  
764  
763  
762  
761  
760  
759  
758  
757  
756  
755  
754  
753  
752  
751  
750  
749  
748  
747  
746  
745  
744  
743  
742  
741  
740  
739  
738  
737  
736  
735  
734  
733  
732  
731  
730  
729  
728  
727  
726  
725  
724  
723  
722  
721  
720  
719  
718  
717  
716  
715  
714  
713  
712  
711  
710  
709  
708  
707  
706  
705  
704  
703  
702  
701  
700  
699  
698  
697  
696  
695  
694  
693  
692  
691  
690  
689  
688  
687  
686  
685  
684  
683  
682  
681  
680  
679  
678  
677  
676  
675  
674  
673  
672  
671  
670  
669  
668  
667  
666  
665  
664  
663  
662  
661  
660  
659  
658  
657  
656  
655  
654  
653  
652  
651  
650  
649  
648  
647  
646  
645  
644  
643  
642  
641  
640  
639  
638  
637  
636  
635  
634  
633  
632  
631  
630  
629  
628  
627  
626  
625  
624  
623  
622  
621  
620  
619  
618  
617  
616  
615  
614  
613  
612  
611  
610  
609  
608  
607  
606  
605  
604  
603  
602  
601  
600  
599  
598  
597  
596  
595  
594  
593  
592  
591  
590  
589  
588  
587  
586  
585  
584  
583  
582  
581  
580  
579  
578  
577  
576  
575  
574  
573  
572  
571  
570  
569  
568  
567  
566  
565  
564  
563  
562  
561  
560  
559  
558  
557  
556  
555  
554  
553  
552  
551  
550  
549  
548  
547  
546  
545  
544  
543  
542  
541  
540  
539  
538  
537  
536  
535  
534  
533  
532  
531  
530  
529  
528  
527  
526  
525  
524  
523  
522  
521  
520  
519  
518  
517  
516  
515  
514  
513  
512  
511  
510  
509  
508  
507  
506  
505  
504  
503  
502  
501  
500  
499  
498  
497  
496  
495  
494  
493  
492  
491  
490  
489  
488  
487  
486  
485  
484  
483  
482  
481  
480  
479  
478  
477  
476  
475  
474  
473  
472  
471  
470  
469  
468  
467  
466  
465  
464  
463  
462  
461  
460  
459  
458  
457  
456  
455  
454  
453  
452  
451  
450  
449  
448  
447  
446  
445  
444  
443  
442  
441  
440  
439  
438  
437  
436  
435  
434  
433  
432  
431  
430  
429  
428  
427  
426  
425  
424  
423  
422  
421  
420  
419  
418  
417  
416  
415  
414  
413  
412  
411  
410  
409  
408  
407  
406  
405  
404  
403  
402  
401  
400  
399  
398  
397  
396  
395  
394  
393  
392  
391  
390  
389  
388  
387  
386  
385  
384  
383  
382  
381  
380  
379  
378  
377  
376  
375  
374  
373  
372  
371  
370  
369  
368  
367  
366  
365  
364  
363  
362  
361  
360  
359  
358  
357  
356  
355  
354  
353  
352  
351  
350  
349  
348  
347  
346  
345  
344  
343  
342  
341  
340  
339  
338  
337  
336  
335  
334  
333  
332  
331  
330  
329  
328  
327  
326  
325  
324  
323  
322  
321  
320  
319  
318  
317  
316  
315  
314  
313  
312  
311  
310  
309  
308  
307  
306  
305  
304  
303  
302  
301  
300  
299  
298  
297  
296  
295  
294  
293  
292  
291  
290  
289  
288  
287  
286  
285  
284  
283  
282  
281  
280  
279  
278  
277  
276  
275  
274  
273  
272  
271  
270  
269  
268  
267  
266  
265  
264  
263  
262  
261  
260  
259  
258  
257  
256  
255  
254  
253  
252  
251  
250  
249  
248  
247  
246  
245  
244  
243  
242  
241  
240  
239  
238  
237  
236  
235  
234  
233  
232  
231  
230  
229  
228  
227  
226  
225  
224  
223  
222  
221  
220  
219  
218  
217  
216  
215  
214  
213  
212  
211  
210  
209  
208  
207  
206  
205  
204  
203  
202  
201  
200  
199  
198  
197  
196  
195  
194  
193  
192  
191  
190  
189  
188  
187  
186  
185  
184  
183  
182  
181  
180  
179  
178  
177  
176  
175  
174  
173  
172  
171  
170  
169  
168  
167  
166  
165  
164  
163  
162  
161  
160  
159  
158  
157  
156  
155  
154  
153  
152  
151  
150  
149  
148  
147  
146  
145  
144  
143  
142  
141  
140  
139  
138  
137  
136  
135  
134  
133  
132  
131  
130  
129  
128  
127  
126  
125  
124  
123  
122  
121  
120  
119  
118  
117  
116  
115  
114  
113  
112  
111  
110  
109  
108  
107  
106  
105  
104  
103  
102  
101  
100  
99  
98  
97  
96  
95  
94  
93  
92  
91  
90  
89  
88  
87  
86  
85  
84  
83  
82  
81  
80  
79  
78  
77  
76  
75  
74  
73  
72  
71  
70  
69  
68  
67  
66  
65  
64  
63  
62  
61  
60  
59  
58  
57  
56  
55  
54  
53  
52  
51  
50  
49  
48  
47  
46  
45  
44  
43  
42  
41  
40  
39  
38  
37  
36  
35  
34  
33  
32  
31  
30  
29  
28  
27  
26  
25  
24  
23  
22  
21  
20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0  
-1  
-2  
-3  
-4  
-5  
-6  
-7  
-8  
-9  
-10  
-11  
-12  
-13  
-14  
-15  
-16  
-17  
-18  
-19  
-20  
-21  
-22  
-23  
-24  
-25  
-26  
-27  
-28  
-29  
-30  
-31  
-32  
-33  
-34  
-35  
-36  
-37  
-38  
-39  
-40  
-41  
-42  
-43  
-44  
-45  
-46  
-47  
-48  
-49  
-50  
-51  
-52  
-53  
-54  
-55  
-56  
-57  
-58  
-59  
-60  
-61  
-62  
-63  
-64  
-65  
-66  
-67  
-68  
-69  
-70  
-71  
-72  
-73  
-74  
-75  
-76  
-77  
-78  
-79  
-80  
-81  
-82  
-83  
-84  
-85  
-86  
-87  
-88  
-89  
-90  
-91  
-92  
-93  
-94  
-95  
-96  
-97  
-98  
-99  
-100

Fig. 2. Mapa de Nubiosidad y Precipitación  
por la distribución de las nubes  
monocéntricas a escala 1:250000

OCÉANO PACÍFICO

## CARTOGRAFÍA 1:25 000

Para esta escala se ha considerado el mapeo morfogenético exclusivamente del área comprendida por el microbloque "El Colorado" (Fig. 63) y algunas zonas adyacentes, es necesario aclarar que el resultado del análisis a esta escala no tiene una representación cartográfica como tal, puesto que la presentación se realiza sobre un mosaico de dos fotografías, tomadas con una cámara convencional, durante un vuelo realizado en mayo de 1996. Al no existir una cartografía con un mayor detalle, no es posible crear una base de datos topográfica para integrar la información interpretada. La escala es aproximada se calcula identificando rasgos del relieve y refiriéndolos con respecto al mapa a escala 1:50,000.

Los materiales utilizados en esta escala son 5 fotografías aéreas, con una sobreposición del 40 al 50%; así como la información contenida en las subunidades de lomeríos bajos y planicie aluvial cartografiadas a escala 1:75 000, que corresponden al área de las fotografías.

Al igual que en la interpretación de las fotografías en la escala anterior (1:75,000), se toman en cuenta las alturas relativas, la geometría de las superficies cumbrales, la pendiente y los materiales que los conforman. Se realizaron observaciones en campo de manera general, desde la Estación de Biología y en el interior de las unidades.

La representación de los resultados, como se ha mencionado, se realiza sobre el mosaico de fotografías, las coordenadas se identifican con rasgos del relieve tomando en cuenta 5 puntos de control para georreferencia; finalmente se ajusta al tamaño de la hoja (Fig. 63).

A continuación se realiza un análisis de las unidades, apoyada con datos de la cartografía temática y fotografías aéreas.

### Superficies de nivelación.

Se localizan en la parte central del mosaico y corresponden a la porción cumbre del lomerío bajo, cuya presencia está condicionada por la estructura del microbloque "El Colorado". Existe otro lomerío bajo, de menor extensión, en la parte sur, la primera se encuentra a partir de los 120 y hasta los 176 msnm, la segunda de los 110 y hasta los 150 msnm.

Las pendientes que predominan varían entre los 2° y los 4°, litológicamente se encuentran constituidas por granito (G) del Cretácico, los suelos que predominan son los regosoles (Re+Hh/1), con clase textural gruesa, presentan espesores variables, en función de la inclinación del terreno y de su cobertura vegetal, la cual es de tipo de selva baja caducifolia. La red fluvial es muy incipiente y está controlada por la poca inclinación de la pendiente. En temporada de lluvias ciclónicas intensas, en algunas porciones de estas unidades se presentan "encharcamientos" debido a la poca inclinación mencionada.

### Laderas de Lomeríos bajos de origen endógeno modelado.

Ocupan la parte este del área, están constituidas por rocas graníticas (G) del Cretácico, en este caso no se observan sus superficies cumbrales, a diferencia del caso de los lomeríos bajos de la parte Oeste (las áreas que circundan a la estación); tienen una altura relativa de 80 m en promedio, las pendientes que presentan van de los 8°, en las partes de contacto con la planicie aluvial del Arroyo El Zarco y en los interfluvios menores, y de 55° en escarpes y laderas controladas por fallas.

En su interior se presentan procesos de remoción en masa, en laderas con fuerte pendiente, el fracturamiento hace que se presenten "saltos" en los arroyos que las disectan, teniendo además una condición rocosa del cauce, en casi toda su extensión.

Los suelos que se desarrollan son asociaciones de regosoles (Re+Hh/1), con clase textural gruesa, sus profundidades son variadas de acuerdo a la microtopografía.

La red fluvial está controlada por fallas y fracturas, lo que hace que en ocasiones el agua se interne en los cauces y aflore varios metros abajo. La vegetación es del tipo de selva baja caducifolia y su distribución está condicionada por la pendiente y la exposición de las laderas (Galicia et al., en prensa).

#### **Lomeríos bajos de origen endógeno modelado.**

Ocupan la parte Oeste del área, constituidos por rocas graníticas (G) del Cretácico, presentan un fracturamiento mayor, en relación a las laderas de lomeríos bajos; cuentan con una altura relativa de 30 m en promedio, las pendientes varían de los 8°, en las partes de contacto con la planicie aluvial y las superficies cumbrales, hasta los 35° en las laderas controladas estructuralmente.

En su interior se presentan procesos como, remoción en masa y caída de bloques debido a el gran número de fallas y fracturas que los fracturan.

Los suelos que se presentan son de tipo regosol (Re+Hh/1) con clase textural gruesa, están cubiertos por una vegetación de tipo selva baja caducifolia.

En esta unidad se encuentran las instalaciones de la Estación de Biología de la UNAM.

#### **Porciones caídas de microbloque tectónico.**

Esta unidad se presenta en la parte centro-norte del área, son el resultado de movimientos tectónicos de menor actividad compresiva que en el resto del microbloque El Colorado, por lo tanto se encuentran delimitados por fallas, están constituidos por rocas graníticas (G) del Cretácico.

Tienen una altura relativa menor a 30 m en promedio, las pendientes que se presentan van de los 2° en sus superficies cumbrales, a los 8° en zonas de contacto con la planicie aluvial y en algunas laderas, y hasta los 35° en las laderas

rectas controladas por influencia estructural, donde se presentan algunos escarpes, se observan en su interior procesos como remoción en masa y caída de bloques.

En el caso de la unidad que se encuentra en contacto con las laderas del microbloque El Colorado se han desarrollado facetas triangulares, como resultado de la dinámica tectónica en sus márgenes.

Los suelos que se presentan son asociaciones de regosoles (Re+Hh/1) con clase textural gruesa, en su interior se desarrolla una vegetación de tipo selva baja caducifolia.

#### **Piedemonte.**

Localizado en la parte centro-norte del área, en la base del microbloque "El Colorado", está compuesto en su mayoría por materiales detríticos de caída (taludes), presenta de manera general pendientes que van de los 8° en zonas de contacto con la planicie aluvial y en los fondos de los arroyos que lo disectan, y hasta 16° en el contacto con las laderas de lomeríos bajos.

Los suelos que se presentan son asociaciones de regosoles (Re+Hh/1) con clase textural gruesa, en su interior se desarrolla una vegetación de tipo selva baja caducifolia en su parte superior y de tipo selva mediana subperenifolia en su parte baja donde tiene contacto con la planicie aluvial.

#### **Planicie aluvial intermontana.**

Se localizan en la parte sur del área, se presentan de manera incipiente (alrededor de los 30 m de anchura), se reconocen en las fotografías por tener un depósito de materiales aluviales, a diferencia de otras que se desarrollan dentro de las laderas de lomeríos bajos.

Tienen una diferencia altitudinal de 15 m en promedio; las pendientes varían de 2° a 4°, están controladas de manera estructural por fallas y fracturas, los suelos que

se presentan son de tipo feozem (Hh/1) con clase textural gruesa, en su interior se desarrolla una vegetación de tipo selva mediana subperenifolia.

#### **Planicie aluvial.**

Localizada en la parte oeste del área, corresponde al arroyo El Zarco, que es un afluente del arroyo Chamela, se encuentra controlada por un sistema de fallas. Tiene una diferencia altitudinal de 10 m en promedio, las pendientes varían de 0° a 4°, en su interior se presentan terrazas de antiguos niveles erosivos, los suelos que se presentan son de tipo feozem (Hh/1) con clase textural gruesa, en su interior se desarrolla una vegetación de tipo selva mediana subperenifolia. En temporada de lluvias ciclónicas intensas, presenta escorrentía mientras que en la mayor parte del año se encuentra seca.

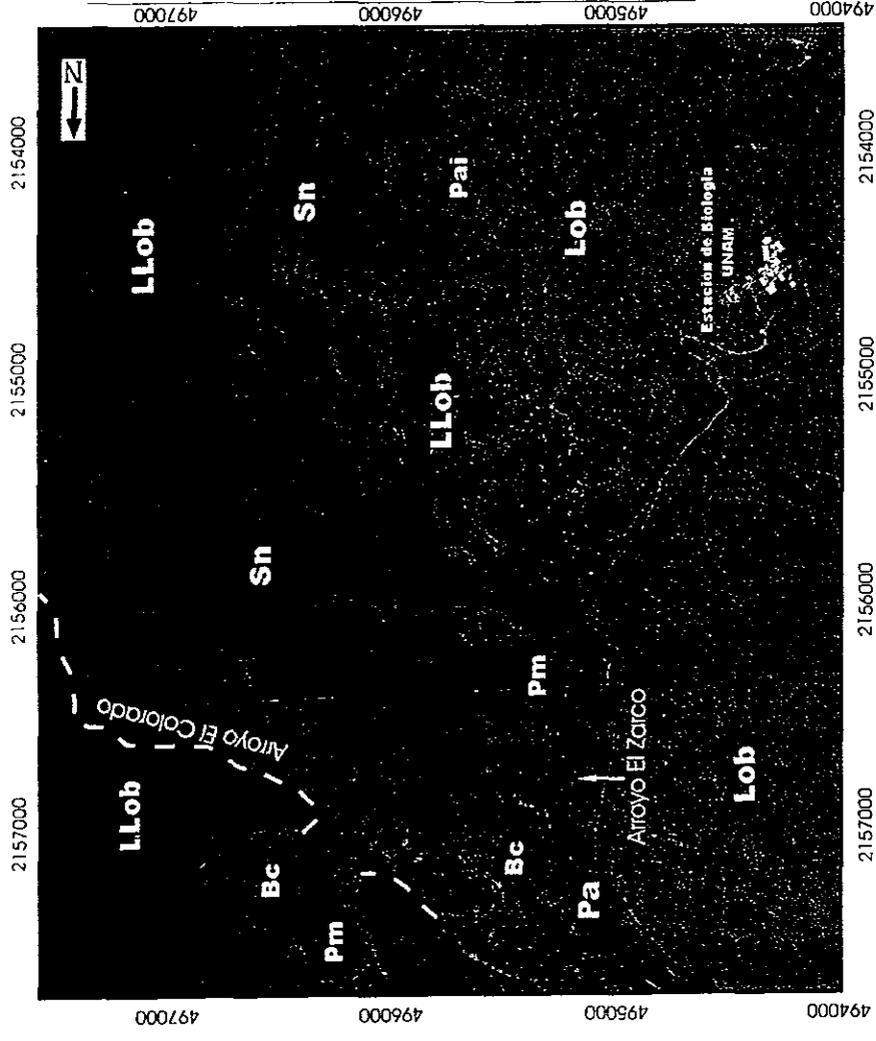


Fig. 63 Mosaico Fotográfico con la delimitación de las Unidades Morfogénicas a escala 1:25 000.

A partir de los resultados obtenidos en la presente tesis, se han planteado las siguientes conclusiones:

La cartografía morfogenética jerárquica, realizada en este trabajo, proporciona información concisa y sistemática sobre las formas del terreno, las unidades morfogenéticas cartografiadas se presentan de tal manera que su origen y desarrollo son claramente reconocibles; lo anterior permitió jerarquizarlas, puesto que cada una de las unidades geomórficas se encuentra enmarcada dentro de un sistema de unidades mayor, en escala espacial y en complejidad funcional.

Geológicamente, el cuerpo intrusivo granítico, emplazado en el Cretácico provocó fuertes deformaciones en las rocas preexistentes, mientras que en el Terciario ocurrieron los depósitos de rocas volcánicas y sedimentarias continentales, por último, en el Cuaternario se formaron los suelos que se encuentran en los litorales, cerca de las costas, así como los que rellenan los valles fluviales de esta región.

Todos esos materiales fueron fracturados por la tectónica que se presenta en esta porción del país. Al ser una área en donde convergen esfuerzos de tipo compresivo y distensivo, que crean pisos altitudinales bien diferenciados, los cuales corresponden a las grandes unidades morfogenéticas de relieve positivo (laderas de montaña y lomeríos), asimismo controlan el desarrollo de los piedemontes. Los límites de las estructuras disyuntivas están controlando la configuración de la red fluvial (trayecto de los cauces, patrón de drenaje y planicies aluviales).

En el planteamiento y desarrollo de la metodología aplicada en este trabajo, para la elaboración del mapa morfogenético, se tomó en cuenta parte de la metodología propuesta y empleada en el ITC de Holanda (por Verstappen y Van Zuidam), sin embargo, gran parte del método empleado es un aporte original, el cual se ha aplicado y se dirige, para que en un futuro cercano, pueda llegar a ser,

con el consenso y aporte de los especialistas en geomorfología en México, una metodología aceptada de manera general, con su estandarización y formalización correspondiente. Todo esto para la elaboración de mapas morfogenéticos a escalas medias, basándose en la consideración de los cuatro aspectos fundamentales mencionados en la tesis: Origen / Tipo / Edad / Geometría.

Como criterios de delimitación de las unidades morfogenéticas, durante la interpretación del espaciograma y de las fotografías aéreas empleados en este trabajo, se tomó en cuenta: la diferenciación de los pisos altitudinales, la inferencia de lineamientos locales y regionales, los cambios de pendiente, y finalmente, la consideración de los cambios en los tonos de gris en función de los procesos que ocurren en el interior de los polígonos (que conforman una unidad) y asimismo por los diferentes usos del suelo.

El trabajar a tres escalas diferentes, de lo general a lo particular, permitió considerar elementos del relieve cada vez más detallados, para delimitar las fronteras de las unidades morfogenéticas, estos límites que en un principio representaban áreas homogéneas con poco detalle, en escalas más grandes ha sido posible refragmentarlas en las escalas mayores, como a 1:75,000 y a 1:25,000.

A la escala 1:25,000 los límites de las unidades ya trazados (a escala 1:75,000) sirvieron de referencia básica, sin embargo, con la información más detallada aportada por las fotografías registradas por nosotros en 1996, fue posible el delimitar diferentes rasgos del relieve, los cuales, a la primera escala mencionada, constituyen áreas cartográficamente representativas, dichas unidades o áreas pueden ser consideradas, a esa escala, como unidades morfogenéticas verdaderas.

En el caso de la escala 1:75,000, para la cual se utilizaron fotografías aéreas como fuente principal de información, se fragmentaron (las unidades

cartografiadas en la escala 1:250,000), en 16 tipos de unidades morfogénicas de las cuales se describen sus parámetros más importantes para las unidades que cubren una superficie considerable dentro del área de estudio.

**Laderas de montaña altas**, corresponden a un 14% del área, presentan una altura media que va de los 300 a los 1380 msnm, las pendientes en general son iguales o mayores a 35°, tienen una altura relativa superior a los 300 m y están compuestas por *materiales graníticos del Cretácico*

**Laderas de montaña bajas**, que corresponden a un 12% del área, presentan una altura media que va de los 100 a los 1020 msnm, las pendientes en general varían entre los 20° y los 35°, tienen una altura relativa superior a los 300 m y están compuestas por *materiales graníticos del Cretácico*.

**Lomeríos altos**, abarcan un 13% del área, presentan una altura media que va de los 50 a los 1100 msnm, las pendientes en general varían entre los 18° y los 30°, tienen una altura relativa mayor a 150 m y menor a 200 m y están compuestos por *materiales graníticos del Cretácico y conglomerados*.

**Lomeríos bajos**, corresponden a un 22% del área, presentan una altura media que va de los 0 a los 500 msnm, las pendientes en general es de 18°, tienen una altura relativa mayor a 30 m y menor a 100 m y están compuestos por *materiales graníticos del Cretácico, ígneas extrusivas y tobas*.

**Piedemontes**, corresponden a un 6% del área, presentan una altura media que va de los 25 a los 500 msnm, las pendientes en general varían de los 8° a los 16°, tienen una altura relativa superior a 10 m e inferior a 80 m, están compuestas por *materiales graníticos y tobas del Cretácico*.

**Planicies aluviales**, ocupan un 6% del área, presentan una altura media que va de los 0 a los 100 msnm, la pendientes en general es de 6°, tienen una altura relativa mayor a 10 m y menor a 40 m y están compuestas por *materiales aluviales del Cuaternario*.

**Planicies costeras**, que corresponden a un 5% del área, presentan una altura media que va de los 0 a los 25 msnm, las pendientes en general varían entre los

0° y los 0.5°, tienen una altura relativa menor a los 20 m y están compuestas por materiales aluviales, eólicos, litorales y palustres del Cuaternario.

Por el detalle de las fotografías utilizadas en la escala 1:25,000, se delimitaron algunas unidades similares a la escala anterior (superficies de nivelación, lomeríos bajos, piedemonte, planicies aluviales intermontanas, planicie aluvial), además se identificaron subunidades asociadas a estas, como un piedemonte de detritos y algunas porciones de bloques caídos (Bc).

**Piedemonte:** está compuesto por materiales detríticos de caída, se encuentra en la base del microbloque El Colorado, presenta pendientes que en general varían de los 8° a los 16°, tienen una altura relativa superior a 10 m e inferior a 50 m.

**Bloques caídos:** está compuesto por materiales graníticos del Cretácico, se encuentra en la parte centro norte del área, como resultado de movimientos tectónicos de menor actividad compresiva que en el resto del microbloque El Colorado, tienen una altura relativa mayor a 10 m y menor a 30 m, presenta pendientes que en general varían de los 2° a los 35°.

El utilizar un sistema de información geográfica (SIG) como herramienta de integración y análisis de información de geometría del relieve, ayudó a caracterizar en términos morfométricos a cada una de las unidades morfogenéticas. Por ejemplo, el mapa altimétrico, el de pendientes y sus cruzamientos digitales con las áreas de cada polígono, de cada unidad trazada a escala 1:75,000, permitió el tener las estadísticas descriptivas básicas para cada unidad (altura relativa, concavidad-convexidad, pendiente, etc.).

Al crear en el SIG un mapa de relieve sombreado, a partir de un MDT, se obtiene una base de referencia, para la transferencia de los resultados de la fotointerpretación a un medio cartográfico. Un punto clave en el cual se obtienen mejores beneficios del uso de esta herramienta, radica en el tener la posibilidad de cambiar los intervalos de clasificación de las variables morfométricas

consideradas, de acuerdo con la escala en que se delimitaron las unidades morfogenéticas; por ejemplo, los intervalos de altitud en las escalas 1:250,000 y 1:75,000.

Con los resultados que se obtuvieron en este trabajo, se han cumplido los objetivos planteados en el principio del mismo, ya que se realizaron los mapas morfogenéticos en las tres escalas y se construyó una base cartográfica, en formato digital, de la información, con lo cual se facilita su actualización futura.

El aporte principal de esta tesis ha sido la elaboración de la cartografía morfogenética jerárquica a tres escalas del área de estudio, una tabla sintética con los cuatro aspectos básicos considerados por unidad morfogenética y un anexo con la información que caracteriza cada uno de los polígonos delimitados dentro de cada tipo de unidad.

Esta información será de utilidad amplia como referencia básica para estudios a detalle, dentro de diferentes disciplinas (biología, ecología, edafología, geomorfología, agronomía y desarrollo rural, etc.), asimismo, para ser aplicada en estudios con miras a una evaluación de las condiciones ambientales de la región de estudio (aprovechamiento de recursos naturales) y particularmente para apoyar estudios que permitan establecer propuestas de desarrollo turístico y pesquero para el beneficio de los habitantes del área.

## BIBLIOGRAFÍA

Bandy, W. L. (1992), Geological and geographical investigation of Rivera-Cocos plate. Boundary: Implication for Plate Fragmentation. Ph Thesis, University of Texas at Austin, EUA.

Boer, D. H. de (1992), "Hierarchies and spatial scale in process geomorphology: a review", *Geomorphology*, 4, pp. 303-318.

Burrough, P. A. (1989), *Principles of Geographic Information Systems*. Clarendon Press, Oxford. 194 pp

Bullock, S. H. (1986), *Climate of Chamela Jalisco and trend in the South coastal region of Mexico*. *Arch. Metropol. Geophys. Bioclimatol.* 36. Pags 297-316.

Corbero, M. V., Figueras, P., Llado, C., Murgadas, F., Perede, M. A., Prim, C., Roig, M. (1993), *Trabajar mapas*. Biblioteca de recursos didácticos. Alhambra, Madrid, España. 149 pp.

Córdova F de A, C. (1988), *Cartografía geomorfológica en escala pequeña del occidente de la República Mexicana*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.

Cserna, Z de. (1970), "Reflexiones sobre algunos de los problemas de la geología en la parte centromeridional de México", en libro guía de la excursión México-Oaxaca; Sociedad Geológica Mexicana. pp 92-93.

Demant, A. (1978), *Características del eje neovolcánico transmexicano y sus problemas de interpretación*. *Revista del Instituto de Geología*. UNAM. Vol. 2, Núm. 2, pp 172-187.

Galicia, L. (1992), Influencia de la variabilidad de la forma de la pendiente en las propiedades físicas de los suelos y su capacidad de retención de agua en una cuenca tropical estacional. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 116 pp

Galicia, L., García-Oliva, F. y López-Blanco, J. (1995), Efecto de la estructura jerárquica del relieve en la distribución de las características físicas de los suelos en una cuenca tropical estacional mexicana. Invest. Geogr. Bol Núm. Especial 3, 53-75.

Galicia, L, López-Blanco, J., Zarco-Arista, A. E., Philips, V., García-Oliva, F. (en prensa), "The relationship between solar radiation interception and soil water content in a tropical deciduos forest in Mexico". Catena. Elsevier.

García-Oliva, F., Ezcurra, E. and Galicia, L. (1991), Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. Geografiska. Annaler 73A (3-4):179-186.

García-Oliva, F., Cesar, I., Morales, P. (1994), Forest-to-pasture conversion influences on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest, Oecología 99:392-396.

García-Oliva, F., Martínez-Lugo, R & Maass, J. M. (1995), Soil <sup>137</sup>Cs Activity in a Tropical Deciduos Ecosystem Under Pasture Conversion in Mexico. J. Environ. Radioactivity 26(1995) 37-49. ELSEVIER. Printed in Ireland.

García, E. (1988), Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª edición; México. 217 pp.

Goerte, B. y W. Koolhoven. (1990), "Interpolation between isolines based on the Borgfors distance transform". ITC Journal 1990-3:245-247.

Hernández, J. R., Ortiz Pérez, M. A., Zamorano Orozco, J. J. (1995), *Regionalización Morfoestructural de la Sierra Madre del Sur*, México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía. No. 31. UNAM. México.

INEGI (1991), Cartografía Topográfica y temática a escala 1:250 000 (clave E13-2-5), y a escala 1:50 000 (clave E13-A-19, E13-B-11, E13-A-29, E13-B-21, E13-B-31), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México

INEGI. (1995), Espaciomapa Manzanillo (clave E13-2-5), Escala 1:250 000, elaborado con las bandas 2-3-4 de las imágenes LANDSAT de febrero-marzo de 1993, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

Instituto de Ecología A C. (1995), Ordenamiento Ecológico de la Región de Costa Alegre, Jalisco. México. 44 pp.

ITC. (1992), Integrated Land and Water Information System (ILWIS). User's Manual Version 1.3, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences Enschede, The Netherlands.

ITC (1997), Integrated Land and Water Information System (ILWIS). User's Manual Version 2.1, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, The Netherlands.

Johnson, C. and Harrison, C. (1989), Tectonics and Volcanism in Central Mexico: A Landsat Thematic Mapper Perspective. *Remoting Sens. Envir.* 28, 273-286.

López-Blanco, J., Galicia, L. y García-Oliva, F. (1996), Aplicación de un SIG para la caracterización morfológica y la delimitación de unidades de ladera de una cuenca tropical estacional en Chamela, Jalisco, México, *Invest. Geogr. Bol. Núm. Especial 4*, 39-61.

- López-Ramos, E (1983), Geología de México. Tomo III. 2ª edición. 446 pp.
- Lott, E (1985), Floristic Diversity and Structure of Upland and Arroyo Forest of Coastal Jalisco. *Biotropica* 19(3):228.235.
- Lugo, J (1988), Elementos de geomorfología aplicada (métodos cartográficos). Instituto de Geografía. UNAM. México. 109 pp.
- Lugo, J. (1990), El relieve de la República Mexicana. *Revista*, vol. 9, Núm. 1. Instituto de Geografía. UNAM. México. pp 82-11.
- Maass, J., Jordan, C. F. and Sarukhan, J. (1988), Soil erosion and nutriment losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *Journal of Applied Ecology*. 25, 595-607.
- Maldonado-Koerdell, M. (1970), "Perspectivas y apreciación del área oaxaqueña en sus aspectos geodésicos, geofísicos y geomorfológicos y como ámbito humano", en libro-guía de la excursión México-Oaxaca, Sociedad Geológica Mexicana. México. pp 33-36.
- Mammerickx, J. And Klidgord, H. (1982), Northern East Pacific Rice: evolution from 25 m.y.b.p. to present. *J. Geophys. Res.* 87, 6751-6759.
- Mammerickx, J. And Carmichel, I. (1989), A spreading incursion in the continental near the Rivera Plate and Jalisco Block?. *ESO, Trans. Am. Geophys. Union.* 70, 1318-1319.
- Manrique, L, (1988), Flora y Fauna Mexicana, Panorama actual. Editorial Everest Mexicana, S. A. Colección Raíces Mexicanas. México D.F. pp. 287.

Martínez de Pinson, E (1982), El relieve de la Tierra. Colección Salvat, temas clave Aula Abierta, Barcelona, España. 64 pp.

McDowell, F. W. and Clabaugh, S. E. (1979), Ignimbrites of the Sierra Madre Occidental and the relation to the tectonic history of western Mexico. In ash flow tuffs. Edited by Charles E. Chaplin and Wolfaugh E. Elston. Geological Society of America, special paper 1980, pp. 113-124.

Mosser, F. (1972), The Mexican Volcanic Belt: Structure and tectonic. Geof. Inter. 12, 55-77.

Negendank, J. F. W., Emmermann, R., Krawczyk, R. and Tobschall, H. J. (1986), Granitoid rocks of the Sierra Madre del Sur. Resúmenes de la VIII Convención Geológica Nacional de la Sociedad Geológica Mexicana. pp 92-93.

Palacio Prieto, J. L., J. López Blanco y M. A. Ortiz Pérez. (1991), "Evaluación geomorfológica estructural a través de modelos sombreados y pares estereoscópicos generados a partir de modelos digitales de terreno". Investigaciones Geográficas Boletín, núm. 23, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp 89-101.

Pantoja, J. A. y Estrada, B. S. (1986), Estratigrafía de los alrededores de la mina de fierro de El Encino, Jalisco. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XLVII, Núm. 1. pp 1-15.

Rodríguez-Torres, R. (1970), "Geología Metamórfica del área de Acatlán, Estado de Puebla". en libro-guía de la excursión México-Oaxaca, Sociedad Geológica Mexicana. México. pp 51-54.

Rzedowski, J. (1986). Vegetación de México. Editorial Limusa. pp 432.

SEMARNAP-CONABIO. (1995), *Reservas de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas de México*. Editores: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Coedición: Instituto Nacional de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad México. pp 163.

Skidmore, A. K. (1989), "A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model". *Int. Journal of Geogr. Inf Syst.*, vol.3, núm. 4, pp. 323-334.

Solís, V E (1993), *Características fisicoquímicas de un suelo en un ecosistema tropical estacional*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM México. 91 pp.

SPP-INEGI (1981), *Carta de Climas, Escala 1:500 000, Clave 13Q-VI, México*.

Valenzuela, C, y Baumgarden, M. F. (1990). "Selection of appropriate cell sizes for thematic maps". *ITC, Journal 1990-3*, pp 219-224.

Van Zuidam, R. A. (1986), *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Publishers. The Hague. The Netherlands. 442 pp.

Verstappen, H. Th. y Van Zuidam, R. A. (1991), *The ITC System of Geomorphologic Survey: A basis for evaluation of natural resources and hazards*, ITC Publicaton Number 10. Enschede, The Netherlands. 89 pp.

# ANEXO 1

Contiene la tabla A1. en la que se presentan los resultados obtenidos en el SIG, utilizado para realizar "cruces" de la información obtenida mediante la digitalización y proceso de la misma, dicha información se encuentra constituida básicamente por los mapas de pendientes, altimétrico, geológico, edafológico; así como por las unidades delimitadas mediante el proceso de la fotointerpretación, la geometría del relieve y finalmente el área por cada uno de los polígonos delimitados.

Síntesis por polígono de los principales elementos que conforman a las unidades morfo-genéticas, diferenciadas en la cartografía a escala 1:75 000.

Unidad morfo-genética	Pendientes (mín y máx) en m	Altura Relativa en m	Geología	Edafología	Geometría del Relieve (en perfil longitudinal de la fazera)	Área en Km <sup>2</sup>
Lma1	16,90	380	Igea 60%, Gr 40%	Hh+Re/2 60%, Re+Hh/1 40%	recta	24 17
Lma2	8,90	430	Gr 70%, Igea 30%	Hh+Re/2 60%, Re+Hh/1 40%	recta	28 56
Lma3	8,90	450	Gr 80%, Igea 10%	Re+Hh/1	recta	74 32
Lma4	8,55	480	Gr	Re+Hh/1	recta	54 35
Lmb1	16,55	210	Gr 70%, Cg 30%	Re+Hh/1	recta	11 27
Lmb2	16,55	210	Gr	Re+Hh/1 70%, Hh+H/1 10%, t-Re/1 10%	convexa	25 11
Lmb3	16,55	250	Gr	Re+Hh/1	recta	24 94
Lmb4	8,55	210	Gr 80%, T 20%	Re+Hh/1	recta	5 58
Lmb5	8,90	210	Igea 60%, Gr 40%	Hh+Re/2 80%, Re+Hh/1 15%	recta	11 05
Lmb6	8,90	250	Igea	Hh+Re/2	recta	10 86
Lmb7	16,55	290	Gr	Re+Hh/1	recta	6 24
Lmb8	8,55	260	Gr	Re+Hh/1	recta	7 83
Lmb9	8,55	210	Gr	Re+Hh/1	plana	29 95
Lmb10	8,55	230	Gr	Re+Hh/1	convexa	12 62
Lmb11	8,35	210	Gr	Re+Hh/1	recta	11 96
Lmb12	8,55	310	Gr	Re+Hh/1	recta	8 1
Vc1	2,16	50	Igea 70%, Al 20%	Hh+Re/2	plana	0 71
Vc2	2,16	30	Gr	Re+Hh/1	plana	0 13
Loa1	8,35	170	Gr	Re+Hh/1	recta	14 16
Loa2	8,35	150	Gr	Re+Hh/1	recta	18 91
Loa3	8,55	190	Gr	Re+Hh/1	recta	3 18
Loa4	4,35	160	Gr	Hh+Re/1 70%, Re+Hh/1	convexa	5 02
Loa5	16,55	150	Gr	Re+Hh/1	convexa	3 05
Loa6	8,35	150	Gr	Re+Hh/1	convexa	14 78
Loa7	8,35	150	Cg 60%, Gr 25%, T 10%	Re+Hh/1	convexa	14 44
Loa8	16,55	160	Gr	Re+Hh/1	recta	4 58

Loa9	8,35	150	Gr	Re+Hh/1	recta	5,21
Loa10	8,35	170	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/2 20%	recta	9,42
Loa11	8,35	180	Gr	Re+Hh/1	côncava	26,26
Loa12	8,55	170	Gr	Re+Hh/1	convexa	6,93
Loa13	16,55	150	Gr	Re+Hh/1	convexa	4,13
Loa14	8,35	160	Gr	Re+Hh/1	convexa	16,96
Loa15	8,55	190	Gr	Re+Hh/1	recta	13,28
Loa16	8,55	190	Gr	Re+Hh/1	recta	8,59
Loa17	8,55	160	Gr	Re+Hh/1	recta	2,24
Lom1	8,35	130	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 20%	côncava	9,86
Lom2	16,35	110	Gr	Re+Hh/1 50%, Hh+Re/1 50%	recta	3,36
Lom3	8,35	110	Gr	Re+Hh/1 70%, Bc+Re/1	convexa	0,82
Lom4	4,35	120	Gr	Re+Hh/1	convexa	5,99
Lom5	8,35	150	Gr 60%, Igei 40%	Re+Hh/1 85%, I+Re/1 10%	recta	20,42
Lom6	8,35	140	Gr	Re+Hh/1	recta	4,12
Lom7	8,35	100	T 90%, Igea 10%	Re+Hh/1	convexa	5,28
Lom8	8,35	110	Gr	Re+Hh/1	recta	4,15
Lom9	8,35	140	Gr	Re+Hh/1	convexa	11,91
Lom10	8,35	100	Gr	Re+Hh/1	convexa	5,67
Lom11	8,35	110	Gr	Re+Hh/1	recta	4,21
Lom12	4,35	100	Gr	Re+Hh/1	convexa	5,05
Lom13	4,35	120	Gr	Re+Hh/1	convexa	10,60
Lom14	16,35	110	Gr	Re+Hh/1	convexa	0,77
Lom15	8,35	130	Gr	Re+Hh/1	recta	1,22
Lom16	8,55	130	Gr	Re+Hh/1	convexa	8,88
Lob1	8,35	60	Gr 80%, Cg 20%	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/2 10%	convexa	9,26
Lob2	8,35	90	Gr	Re+Hh/1	recta	10,06
Lob3	8,35	70	Gr	Re+Hh/1	recta	7,77
Lob4	8,35	50	T	Bc+Re/1	recta	7,92
Lob5	8,35	60	Gr	Re+Hh/1 60%, I+Re/1 30%	recta	2,86
Lob6	8,35	70	T	Re+Hh/1/1	recta	3,75
Lob7	8,35	30	T	I+Re/1	côncava	0,25

Lob8	8,35	80	Gr 60%, T 40%	Re+Hh/1 20%, I+Re/1 20%	recta	9,34
Lob9	8,35	90	Gr	Hh+I/2	recta	1,81
Lob10	8,35	40	Gr	Re+Hh/1 80%, Bc+Re/1 20%	concava	0,72
Lob11	8,35	50	T	I+Hh+Re/1	convexa	1,53
Lob12	8,35	20	Gr	Re+Hh/1	convexa	12,89
Lob13	8,35	80	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 10%	convexa	10,67
Lob14	8,35	90	T	Re+Hh/1	recta	3,22
Lob15	4,35	60	T 50%, Igei 40%	Re+Hh/1	plana	7,97
Lob16	16,55	90	Gr	Re+Hh/1	recta	1,84
Lob17	8,35	90	Gr	Re+Hh/1 70%, Hh+Re/1 30%	recta	12,34
Lob18	8,35	50	Gr	Re+Hh/1	recta	2,18
Lob19	4,35	80	Gr 90%, T 10	Re+Hh/1	concava	14,97
Lob20	8,35	50	Igea 60%, T 40%	Bc+Re+I/1 50%, Re+Hh/1 50%	convexa	3,39
Lob21	8,35	70	T 60%, Igea 20%, Cg 20%	Re+Hh/1 80%, Bc+Re+I/1 20%	convexa	10,67
Lob22	8,35	30	Igea 80%, Gr 20%	Re+Hh/1	convexa	1,53
Lob23	8,35	30	Gr 60%, Igeb 40%	Re+Hh/1	plana	3,07
Lob24	8,35	90	Gr 80%, Cg 20%	Re+Hh/1 70%, Bc+Re/1 20%	convexa	2,43
Lob25	8,35	80	Gr	Re+Hh/1	convexa	8,75
Lob26	8,35	90	T 90%, Gr 10%	Re+Hh/1	convexa	10,76
Lob27	8,35	70	Gr	Re+Hh/1	recta	5,22
Lob28	8,35	50	T	Re+Hh/1	recta	4,88
Lob29	8,35	50	T 60%, Gr 40%	Re+Hh/1	concava	3,00
Lob30	8,35	90	Gr	Re+Hh/1	concava	16,76
Lob31	8,35	70	Gr	Re+Hh/1 90%, Bc+Re/2 10%	recta	58,45
Lob32	8,35	80	Gr	Re+Hh/1	recta	6,81
Lob33	8,35	70	Gr	Re+Hh/1	convexa	1,55
Lob34	4,35	80	Gr	Re+Hh/1	plana	4,61
Lob35	4,35	90	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 15%	convexa	7,07
Lob36	8,55	60	Gr	Re+Hh/1	recta	1,80
Lob37	4,35	60	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 20%	recta	3,92
Lob38	8,35	90	Gr	Re+Hh/1	recta	2,62
Lob39	4,35	60	Gr	Re+Hh/1	recta	4,52

Loa40	8,35	50	Gr		Re+Hh/1	convexa	4,35
Loa41	8,55	90	Gr	Re+Hh/1 70%, Hh+Re/1 30%		convexa	1,99
Sn1	2,8	20	Gr		Re+Hh/1	plana	1,55
Sn2	8,16	30	Gr		Re+Hh/1	plana	0,38
Sn3	8,16	50	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 20%		plana	3,83
Sn4	8,16	50	Gr		Re+Hh/1	plana	3,09
Sn5	2,8	30	Gr		Re+Hh/1	plana	1,55
Sn6	2,8	40	Gr		Re+Hh/1	plana	2,92
Loaa1	8,35	50	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,39
Loaa2	8,35	50	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,18
Loaa3	8,35	50	Gr	Re+Hh/1 70%, Je/1 30%		convexa	0,18
Loaa4	8,35	60	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,65
Loaa5	8,35	50	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,33
Loaa6	16,55	80	T		Re+Hh/1	convexa	0,17
Loaa7	8,55	50	T		Re+Hh/1	convexa	0,59
Loaa8	16,35	50	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,17
Loab1	8,35	30	Gr		Re+Hh/1	recta	0,24
Loab2	8,35	30	Gr		Re+Hh/1	convexa	0,30
Loab3	8,35	30	T		Re+Hh/1	convexa	0,15
Loab4	2,4	10	T		I+Re+Bc/1 50%, Be+Hh+Je/1 50%	convexa	0,07
Loab5	2,8	30	Gr 70%, Pa 30%		Re+Hh+I/1 50%, Zo-n/1 50%	côncava	0,38
Loab6	8,35	30	T		Be+Hh+Je/1	recta	0,08
Loab7	8,35	20	Igel		Be+Hh+Je/1	convexa	0,24
Loab8	4,16	20	Igel		Be+Hh+Je/1	côncava	0,16
Loab9	8,35	20	Igel		Be+Hh+Je/1	côncava	0,30
Loab10	16,35	20	T		Hh+Be/1	côncava	0,06
Loab11	8,35	20	T		Hh/1 80%, Je/1 20%	recta	0,16
Loab12	8,35	30	Gr		Re+Hh/1	recta	0,21
Loab13	8,35	20	Cg		Re+Hh/1	recta	0,30
Loab14	4,16	20	Igea		Re+Hh/1	convexa	0,19
Loab15	0,4	10	Igea		Re+Hh/1	convexa	0,09
Loab16	8,35	20	Cg		Re+Hh/1 80%, Zo+Zg-n/2 20%	convexa	0,53

Loeb17	0,16	20	Igea	Re+Hh/1 80%, Zo+Zg-n/2 20%	convexa	0,46
Loeb18	4,16	10	Igea	Je/1	convexa	0,09
Pm1	2,16	60	Gr 70%, Cg 20%	Re+Hh/1 70%, Be/1 20%	recta	11,18
Pm2	2,35	60	Gr 80%, T 20%	Re+Hh/1	recta	10,21
Pm3	8,35	50	Cg 60%, Gr 40%	Re+Hh/1 80%, Je/1 20%	còncava	1,74
Pm4	4,35	40	Gr	Re+Hh/1	recta	8,87
Pm5	8,35	50	Gr	Re+Hh/1 70%, Hh+Re/1 20%	recta	3,58
Pm6	0,16	40	Gr 50%, T 25%, Pa 25%	Re+Hh/1 50%, Hh/2 20%, Zo-n/1 20%	recta	4,40
Pm7	0,4	10	T 70%, Al 30%	Be+Hh+Je/1 40%, Re+Hh/1 40%, I+Re/1 20%	còncava	0,48
Pm8	2,16	30	T 70%, Cg 30%	Re+Hh/1	recta	1,20
Pm9	4,16	20	T	I+Hh+Re/1	recta	0,34
Pm10	2,16	50	Gr	Re+Hh/1	recta	1,19
Pm11	0,8	20	Igei 60%, Al 40%	Be+Hh+Je/1 70%, Re+Hh/1 25%	recta	1,70
Pm12	4,16	20	Gr 50%, Al 50%	Re+Hh/1 70%, Hh+Re/1 30%	còncava	0,15
Pm13	8,16	40	Gr 90%, Al 10%	Re+Hh/1 90%, Hh+Re/1 10%	recta	1,24
Pm14	8,16	30	Gr	Re+Hh/1	còncava	0,26
Pm15	4,16	30	Gr	Re+Hh/1	recta	0,68
Pm16	8,35	40	Igea 80%, Gr 20%	Hh+Re/2	còncava	3,93
Pm17	4,35	40	Gr	Re+Hh/1 90%, Hh+Re/1 5%	recta	6,21
Pm18	4,16	50	Gr 80%, Igea 20%	Hh+Re/2 60%, Re+Hh/1 40%	còncava	7,37
Pm19	4,16	50	Gr 70%, Cz 20%, Igea 10%	Hh+Re/2 40%, Re+Hh/1 20%, Lv 10%	recta	5,19
Pm20	8,16	60	Gr 90%, Igea 10%	Re+Hh/1	recta	3,01
Pm21	16,55	80	Gr	Re+Hh/1	recta	2,15
Pm22	4,16	50	Gr	Hh+Re/1 50%, Re+Hh/1 50%	recta	2,05
Pm23	2,16	20	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh+Re/1 20%	còncava	0,17
Pm24	4,16	40	Gr	Hh/2 60%, Re+Hh/1 40%	recta	0,67
Pm25	4,16	30	Gr	Re+Hh/1 80%, Hh/2 20%	recta	0,35
Pm26	8,35	60	Gr	Re+Hh/1	recta	0,30
Pa1	4,16	20	Gr	Re+Hh/1	plana	0,89
Pa2	2,4	10	Gr	Re+Hh/1	plana	0,18
Pa3	2,4	30	Gr	Re+Hh/1	plana	0,46
Pa4	2,4	10	Gr	Re+Hh/1	plana	0,23

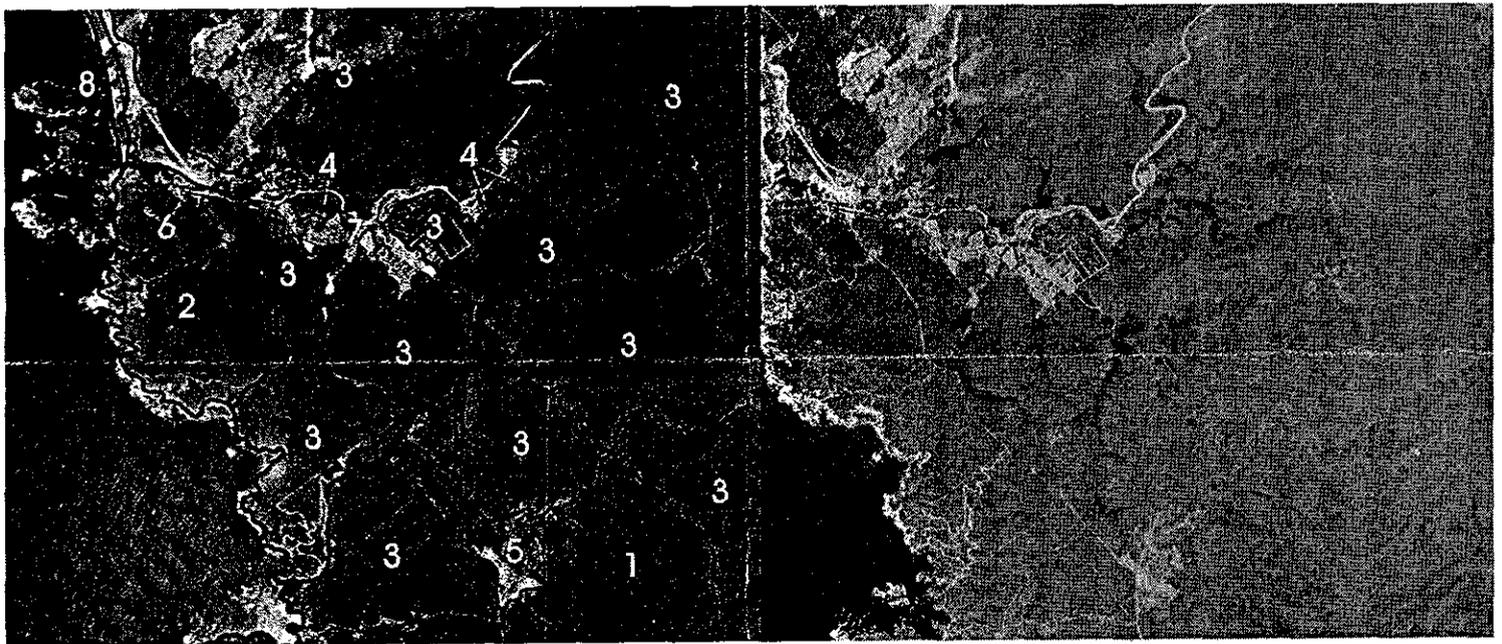
Pa5	0,4	20	Al 60%, Cg 40%	Re+Hh/1	plana	0,43
Pa6	0,4	20	Gr	Re+Hh/1	plana	0,09
Pa7	2,8	20	Gr	Re+Hh/1	plana	0,15
Pa8	8,16	20	Gr	Re+Hh/1	plana	0,12
Pa9	4,8	30	Gr	Re+Hh/1	plana	0,12
Pa10	2,8	10	T	Re+Hh/1	plana	0,11
Pa11	2,4	30	Al	Je/1 50%, Re+Hh/1 25%, Hh+Re/1 25%	plana	2,75
Pa12	4,8	20	Gr	Hh+Re/1 40%, Je/1 40%, Re+Hh/1 20%	plana	0,37
Pa13	0,8	30	Al 70%, Gr 30%	Bc+Hh/2 60%, Re+Hh/1 40%	plana	1,01
Pa14	2,4	10	Gr	Hh+Re/1	plana	0,17
Pa15	2,4	10	Gr	Hh+Re/1 60%, Re+Hh/1 40%	plana	0,10
Pa16	4,8	10	Al	Hh+Re/1 80%, Re+Hh/1 20%	plana	0,11
Pa17	2,8	30	Al 60%, Gr 40%	Hh+Re/1 80%, Re+Hh/1 20%	plana	0,47
Pa18	2,4	10	Al	Je/1 50%, Re+Hh/1 50%	plana	0,17
Pa19	2,4	20	Gr	Re+Hh/1	plana	0,31
Pa20	2,16	50	Gr	Re+Hh/1	plana	0,90
Pa21	2,4	40	Gr	Re+Hh/1 50%, Hh+Re/1 50%	plana	0,79
Pa22	2,4	30	Gr	Hh/2 50%, Re+Hh/1 50%	plana	0,85
Pa23	0,4	10	Gr	Re+Hh/1	plana	0,08
Pa1	0,4	30	Al 80%, Gr 10%	Je/1	plana	24,01
Pa2	0,4	30	Al 80%, T 20%	Bc+Re/1	plana	2,02
Pa3	0,05	40	Al	Be+Hh+Je/1 70%, Re+Hh/1 20%	plana	5,76
Pa4	0,8	20	Al 90%, Gr 10%	Re+Hh/1 40%, Hh/1 25%, Hh+Ber1 25%, Je/1 10%	plana	5,71
Pa5	0,4	20	Al 80%, Li 10%, Eo 10%	Je/1 30%, Re+Hh/1 30%, Zo+Zg-n/2 10%, Be+Hh/2 10%	plana	35,26
Pa6	0,4	10	Al	Be+Je/1 80%, Re+Hh/1 20%	plana	0,15
Pa1	2,16	30	Cg	Re+Hh/1	plana	1,42
Pa2	4,16	30	Gr	Re+Hh/1	plana	1,65
Pc1	2,4	10	Li 60%, T 40%	Bc+Re/1	plana	0,19
Pc2	0,05	10	Pa40%, Li 30%, Al 20%, Eo10%	Zo-n/1	plana	1,14
Pc3	0,05	10	Pa 60%, Li 40%	Re+Hh+I/1 80%, Zo-n/1 20%	plana	0,20
Pc4	0,05	20	Al 80%, Eo 20%	Be+Hh+Je/1 60%, Re+Hh+I/1 30%	plana	5,25

Pc5	0,0 5	10	Pa 30%, Eo 25%, Al 25%, Li 20%	Re+Hh/1 70%, Zg+Zo-n/2 25%	plana	1 20
Pfc	0,0 5	20	Al	Hh/1 50% Je/1 30% Re+Hh/1 15%	plana	0 49
P/c	0,0 5	20	Pa	Zo-n/1 60%, Re+Hh+I/2 40%	plana	0 19

**Significado de las abreviaturas.**

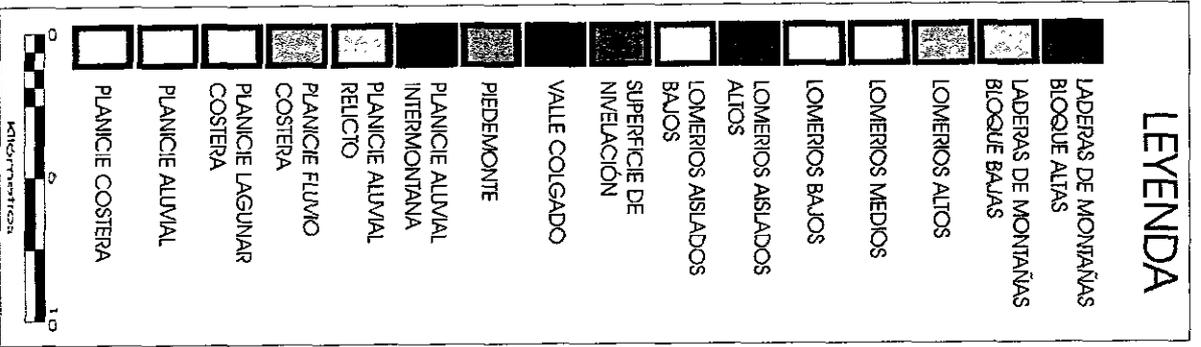
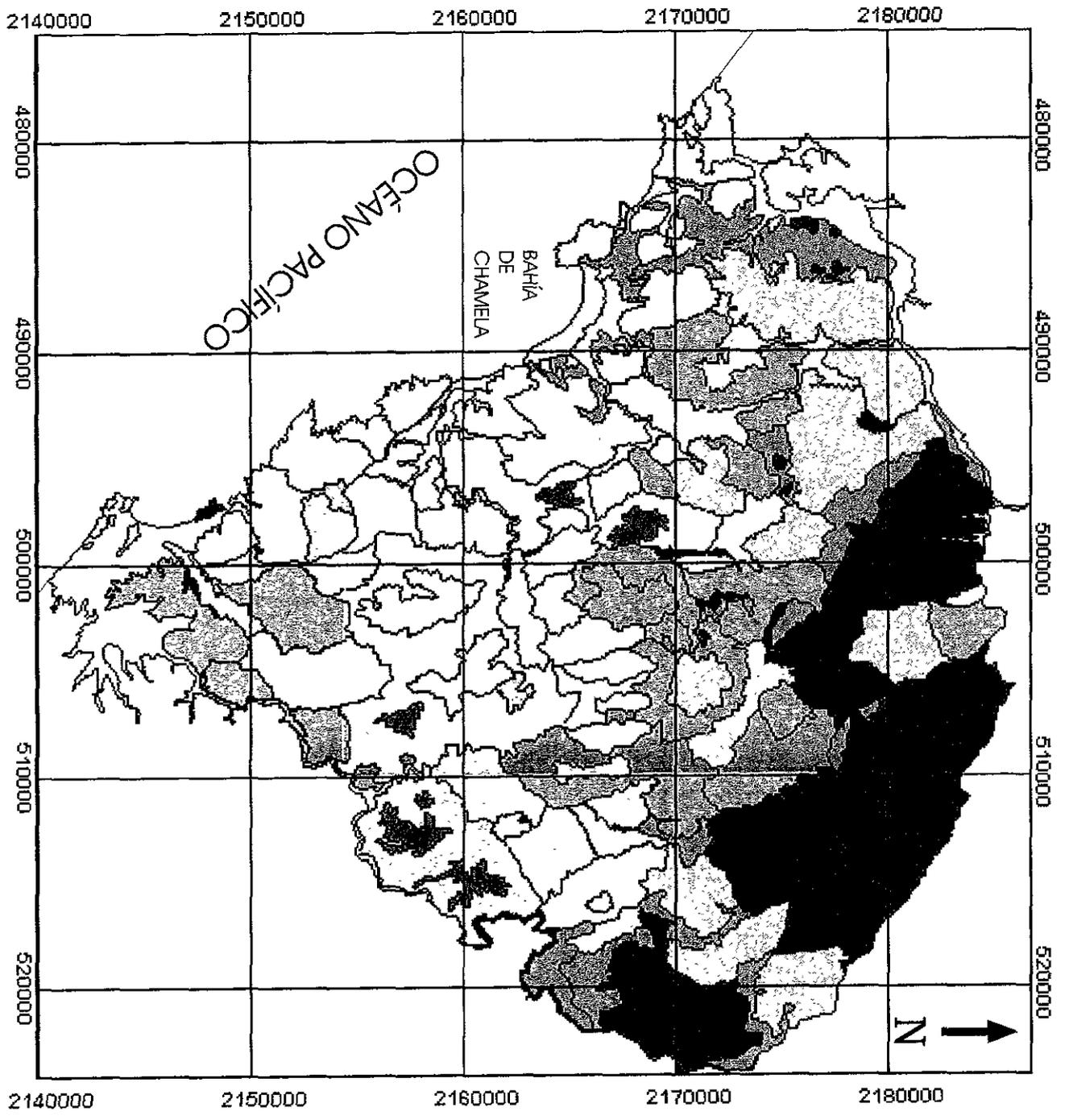
- Lma.** Laderas de montañas bloque altas de origen endógeno modelado.  
**Lmb.** Laderas de montañas bloque bajas de origen endógeno modelado.  
**Vc.** Valles colgados.  
**Loa.** Lomerios altos de origen endógeno modelado.  
**Lom.** Lomerios medios de origen endógeno modelado.  
**Lob.** Lomerios bajos de origen endógeno modelado  
**Sn.** Superficies de nivelación.  
**Loaa.** Lomerios aislados altos de origen endógeno modelado.  
**Loab.** Lomerios aislados bajos de origen endógeno modelado.  
**Pm.** Piedemontes.  
**Pai.** Planicies aluviales intermontanas.  
**Pa.** Planicies aluviales.  
**Par.** Planicies aluviales relicto.  
**Pc.** Planicies costeras.  
**Pfc.** Planicie fluvio-costera.  
**P/c.** Planicie lagunar costera.

La interpretación de las fotografías aéreas, consistió en una diferenciación de los pisos altitudinales, la inferencia de lineamientos locales y regionales, los cambios de pendiente, la determinación de cambios en los tonos de gris en función de los procesos que ocurren en el interior de cada subunidad y en los diferentes usos del suelo principalmente.



1. LADERAS DE MONTAÑAS BLOQUE BAJAS
2. LOMERÍOS MEDIOS
3. LOMERÍOS BAJOS
4. LOMERÍOS AISLADOS BAJOS
5. PLANICIE ALUVIAL RELICTO
6. PLANICIE FLUVIO COSTERA
7. PLANICIE ALUVIAL
8. PLANICIE COSTERA

"Par estereoscópico" de la parte centro-oeste del área de estudio, se observa la planicie aluvial del arroyo Chamela y algunos Lomeríos adyacentes, escaneadas de las fotografías aéreas a escala 1:75 000.



TESIS UNAM  
 Ramón Rodríguez Hernández  
 Colegio de Geografía, 1999.

Fig. 31 Mapa de Unidades Morfogenéticas a escala 1:75 000.