



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



EL VALOR DEL PAISAJE COMO UNA PROPUESTA
METODOLOGICA DE DIAGNOSTICO SISTEMICO INTEGRAL
EN LA CUENCA DEL RIO PAPAGAYO, GRO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A

KARLA IVETTE MENDOZA ROBLES

ASESOR: DR. ARTURO GARCIA ROMERO



CIUDAD UNIVERSITARIA



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

A ti mamita

*Porque después de todos tus esfuerzos y
sacrificios por sacarme adelante,
esta meta cumplida es quizá más tuya que mía.*

In memoriam

Vivis, todavía te extraño

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Karla Ivette Mendoza
Robles

FECHA: 24/9/04

FIRMA: 

Agradecimientos

Afortunadamente es una lista bien larga

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitir que me formara como Geógrafa y como ser humano.

A la Facultad de Filosofía y Letras y al Colegio de Geografía, por todos los conocimientos adquiridos.

A los Profesores que he tenido a lo largo de toda mi vida, especialmente al Dr. Genaro Correa, por mi primer acercamiento al conocimiento Geográfico, al Lic. Eduardo Pérez Torres y al Dr. Luis Esparza, por enseñarme a respetar todos los puntos de vista y lo valioso del elemento social, a Lucía Alvear, mil gracias por compartir.

A ti mamá, por todas las noches de desvelo, por tu apoyo, por la esperanza que siempre has tenido en mí, por el ejemplo que me has dado y por enseñarme a ser, ante , todo, una guerrera en la vida, por ser mi luz.

A ti Papá, porque se que muy a tu manera siempre me has querido.

A mis hermanos: Sandra, por todo tu cariño; Olivia porque siempre has creído en mi incondicionalmente, Juan, porque nuestras diferencias nos han enseñado a encontrarnos, Carlitos, por ser mi cómplice y mejor amigo, a mis sobrinos Erikito y Edagarín, los quiero mucho. A mi sobrino Juanito, porque me has hecho recordar lo divertido que es ser niño, espero con ansia el momento en que podamos leer juntos estas líneas.

A mi familia, especialmente a mi Tía Aurorita, por constituir uno de los mejores recuerdos de mi niñez, a mi tía Rosa, por todo el cariño que siempre me ha demostrado, a mis primas Gaby y Lupe, (todavía soy su fan), a mis primos Ara y Uli, por la infancia compartida , a mis primas Susi y Cristy, porque sus apapachos siempre son bien recibidos

A la Dra. Carmen Juárez, por su gran labor docente y definitivamente por ser un ejemplo a seguir, sobre todo como ser humano, gracias por aceptar revisar mi trabajo.

Al Mtro José Manuel Espinoza, por aceptar hacer un espacio en su apretada agenda para revisar la tesis, por todo lo que aprendí en sus clases.

A la Dra Isabel Ramírez, gracias por todas sus sugerencias para mejorar esta investigación.

A mis geógrafos favoritos:

Al Dr. Arturo García Romero, por el acercamiento al maravilloso mundo del paisaje, por todo el estímulo y la paciencia, por la larga espera, por apoyarme en todas mis decisiones, aunque estas implicaran una carga doble de trabajo, y por respetar mis opiniones. Me siento muy honrada de trabajar contigo, sin ti, jamás lo habría logrado y estoy convencida de que no pude caer en mejores manos ¡Mil gracias Arturo!

Al Dr. Leopoldo Galicia, gracias por ayudarme a reconciliarme con la estadística y descubrir el decoro que los números pueden dar a la Ciencia Geográfica, por todos tus consejos, por obligarme a pensar y escuchar lo que pienso, por convencerme, aunque se que no sueles gastar tu tiempo en convencer y por animarme siempre.

Al Geóg. Enrique Muñoz, por apoyar en los peores momentos, por alegrarte conmigo en los mejores, por tu paciencia, por tu confianza, porque me enseñaste la parte "práctica" de la Geografía, agradezco que hayas sido mi primer contacto con la vida profesional, sabes que me habría encantado que se reconociera públicamente que opinabas que mi investigación era digna.

Los quiero mucho, los admiro y los respeto a los tres.

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por las oportunidades de trabajo y aprendizaje, especialmente a mis compañeros: Nadya, por toda la ayuda recibida y las sonrisas, Dani y Arturo, por todas las bromas juntos, Laurys, Margarita, Rocío y Oscar, por el compañerismo, Juan Carlitos, por la paciencia; Yurik, por estar ahí amigo; sin ustedes, estos últimos meses habrían sido muy pero muy largos, Leo, Carlitos, Abraham y Miguel, sus bromas me alegraron el día más de una vez. Un agradecimiento especial al super equipo del SIG: Norma Moreno, Javier Colín, Pedro Díaz y Daniel Ocaña, porque han dejado una huella imborrable en mi vida profesional.

Angie Rodríguez por todo lo que hemos pasado, por todo el cariño, por todos los recuerdos

A Lety, José Carlos, Victor, Gerardo e Israel, por formar parte de una de las épocas más divertidas de mi vida.

A las amiguitas del bosque: Silvita, Angie y Haidecita, por todas nuestras risas, por todas las lágrimas, por las experiencias, porque hemos sido como hermanas, porque después de tanto tiempo las quiero cada día más, nunca cambien.

Gabo, por todo lo que hemos pasado, por escucharme, por consentirme, por el reencuentro, porque eres importante.

Ernesto, flaquito, sabes que te amo, por ser mi gran amigo de siempre y espero por siempre, porque sabes de mi más que nadie y porque te quiero más que nunca.

Miguel y Mónica, por la amistad que nos une, aunque la distancia se interponga.

Luís Ramírez, porque a pesar de ser tan diferentes hemos encontrado puntos de encuentro, te quiero mucho amigo.

Al Museo Universum, por la oportunidad de divulgar lo poco que sé, en especial a mis compañeros: Robert, Toñito, Fede, Naye, Bety, Dante, David, Lilia, Isy, Moniquita, Fredy; por toda la diversión, las risas y las preocupaciones.

Susanita, Erika y Karlita Morales, que exquisito ser su amiga.

A mi ahijadita Karlita, porque tu nacimiento me hizo muy feliz, recuerda que siempre puedes contar conmigo, a Miguel e Isela, por la enorme confianza que depositaron en mi, espero nunca defraudarlos, a Miguelito, mi ahijadito postizo, los quiero muchísimo.

A mis grandes amigos Pedrito (I love you just the way you are), Chava (extrañaré las noches de tesis, y Ernesto de la Rosa, (gracias por estar siempre listo para ayudar).

A Braulio, por haber sido y porque se que nuestra amistad irá mas alla y a pesar de todo

A Yoanita, por quererme tanto y por darte a querer, a Ireri, por la tolerancia, a las dos les agradezco hacerme sentir como en casa y por el respeto a mis extraños hábitos.

A Alecita, porque tu presencia siempre le brinda paz a mi alma, por tratar de explicar todas mis metidas de pata, a Irinita, por dar siempre valor y fuerza.

Lorenita y Dulce, porque después de pensar que difícilmente volvería a confiar lo suficiente para hacer nuevos amigos, su entrega incondicional me ayudó a redescubrir la espontaneidad de conocer a alguien mágico, como ustedes y que todavía me puedo enyerbar en un mes, las quiero mucho.

Angel, porque sin ti, esto habría sido muy complicado, gracias por todo tu apoyo y por aparecer en el momento preciso, espero ser tan oportuna en tu vida como tu en la mía.

A mis amigos del Colegio de Geografía, ¡Que gran fortuna nuestra coincidencia espaciotemporal!, Eren, Edwin, Jannette, Quike, Isra Pantoja, Montse, Miguel Castillo y Alejandro Galindo.

A mi amigo del alma Sergio Maciel, porque nadie como tu comprende mis eternas tristezas, frustraciones y soledades, te quiero mucho amigo

A la Lic. Mardya Ezeta por ser una jefa inigualable, por todo el apoyo, admiro tu vocación docente y a todos mis alumnitos, porque estar junto a ustedes me llenó de energía.

A los amigos internacionales, Aurelie Fessier, porque tu presencia fue fundamental en Austin I wish you were here too!!, Sylvie Sbisangwa, que placer conocerte y ser tu amiga, Davicito Serrano, ¡Te extraño Marquéz de Barcelona!, Kemal y Mason, con la esperanza de que nuestra amistad crezca.

Finalmente a todos los que por la premura y el espacio no mencioné (tres hojas ya es demasiado), pero que saben son muy importantes, entre ellos mi angelito de la guarda.

ÍNDICE

Introducción	1
Capítulo I Los subgeosistemas	
1 Antecedentes	
1.1 Localización y marco geográfico de la zona de estudio	7
1.2 Regionalizaciones en México	8
1.3 Fundamentos conceptuales	12
2 Metodología	
2.1 <i>Análisis macroestructural</i>	
a) Historia geológica y tectónica regional	17
2.2 <i>Análisis mesoestructural</i>	
2.2.1 Unidades de relieve	
a) Estructura litológica	18
b) Altimetría	19
c) Energía del relieve	22
d) Pendiente	23
2.2.3 Características hidrológicas	23
2.2.4 Cobertura vegetal y usos de suelo	27
2.3 Síntesis ambiental y taxonomía de paisajes	29
3 Resultados	
3.1 <i>Análisis macroestructural</i>	
a) Historia geológica y tectónica regional	31
3.2 <i>Análisis mesoestructural</i>	
3.2.1 Unidades de relieve	
a) Altimetría	36
b) Energía del relieve	37
c) Pendiente	37
d) Morfología de laderas	39
e) Litología	40
3.2.2 Características hidrológicas	43
3.2.3 Cobertura vegetal y usos de suelo	45
3.4 <i>Síntesis ambiental y taxonomía de paisajes</i>	
a) Geosistema de la montaña granítica con bosques templados	46
b) Geosistema de los lomeríos de Gneis con selva baja caducifolia	49
c) Geosistema de la llanura aluvial con vegetación de Galería	50

Capítulo II La estructura del paisaje

1 Antecedentes

<i>1.1 Concepto de paisaje elemental y su relación con la estructura del paisaje</i>	52
<i>1.2 Consideraciones teóricas acerca de la fragmentación</i>	56
<i>1.3 Consideraciones teóricas acerca de la calidad fisonómica</i>	56

2 Metodología

<i>2.1 Cartografía de los paisajes elementales</i>	57
<i>2.2 Fragmentación</i>	60
<i>2.3 Calidad fisonómica</i>	61

3 Resultados

<i>3.1 Fragmentación</i>	
<i>3.1.1 Fragmentación del paisaje en el área de estudio</i>	62
<i>3.1.2 Fragmentación a nivel de los paisajes elementales</i>	
a) Paisajes de selvas	68
b) Paisajes de bosques	70
c) Otros paisajes naturales	71
d) Paisajes agrícolas	72
e) Paisajes carentes de cobertura vegetal	73
<i>3.2 Calidad fisonómica</i>	
<i>3.2.1 Calidad fisonómica del área de estudio</i>	73
<i>3.3 Caracterización y análisis de los paisajes elementales</i>	
a) Paisajes de selva	75
b) Paisajes de bosque	79
c) Otros paisajes naturales	80
d) Paisajes agrícolas	82
e) Paisajes carentes de cobertura vegetal	83

Capítulo III El valor del paisaje

1 Antecedentes

<i>1.1 El valor del paisaje</i>	
a) Consideraciones teórico metodológicas	84
<i>1.2 Fragilidad de los subgeosistemas</i>	86
<i>1.3 Significado social de los subgeosistemas</i>	
a) Historia del poblamiento	87
b) Características socio-económicas generales del área de estudio	89
c) Significado social de los subgeosistemas	91

2 Metodología

2.1 Cálculo de las variables del valor del paisaje

a) Calidad fisonómica	92
b) Significado social	94
c) Fragmentación de los subgeosistemas	96
d) Fragilidad de los subgeosistemas	96

<i>2.2 Cálculo del valor del paisaje</i>	96
--	----

Resultados y discusión

a) Calidad fisonómica	99
b) Significado social	101
c) Fragmentación	103
d) Fragilidad	106
e) El valor del paisaje en la zona de estudio	108

Conclusiones	113
---------------------	-----

Índice de cuadros

Capítulo I		
Cuadro 1.1	Regionalización geomorfológica de acuerdo con Bocc <i>et al.</i> (1999)	21
Cuadro 1.2	Regionalización geomorfológica de acuerdo con Hernández-Santana <i>et al.</i> (1999)	21
Cuadro 1.3	Superficie de las Subcuencas Hidrológicas que comprenden el área de estudio	24
Cuadro 1.4	Variables para el cálculo del escurrimiento aguas abajo	26
Cuadro 1.5	Volumen comprometido y volumen ecológico en las cuencas que abarcan la zona de estudio	27
Cuadro 1.6	Distribución de paisajes elementales por Subgeosistema	28
Cuadro 1.7	Síntesis de las características morfológicas por subgeosistema	30
Cuadro 1.8	Altitud por unidad de relieve	36
Cuadro 1.9	Energía del relieve por subgeosistema	38
Cuadro 1.10	Pendiente por unidad de relieve	39
Cuadro 1.11	Unidades Morfológicas	40
Cuadro 1.12	Distribución litológica en el área de estudio	43
Capítulo II		
Cuadro 2.1	Estructura vertical y horizontal de la vegetación en los sitios de muestreo	63
Cuadro 2.2	Características de la estructura espacial y composición del paisaje a escala de los Paisajes Elementales	67
Cuadro 2.3	Distribución de los Paisajes elementales por Subgeosistema	69
Cuadro 2.4	Calidad fisonómica de los paisajes elementales	75
Capítulo III		
Cuadro 3.1	Población y Superficie de los municipios en los que se encuentra el área de estudio	88
Cuadro 3.2	Calidad fisonómica por Subgeosistema	93
Cuadro 3.3	Significado social de los Subgeosistemas	95
Cuadro 3.4	Fragmentación del área de estudio	97
Cuadro 3.5	Fragilidad de los Subgeosistemas	107
Cuadro 3.6	El valor del paisaje en los Subgeosistemas	109

Índice de figuras

Capítulo I

Fig. 1.1	Localización del área de Estudio	9
Fig. 1.2	Morfoalineamientos	20
Fig. 1.3	Cálculo de la disponibilidad relativa	25
Fig. 1.4	Morfología	41
Fig. 1.5	División topológica de las cuencas del área de estudio	44
Fig. 1.6	Subgeosistemas	48

Capítulo II

Fig. 2.1	Paisajes elementales por Sugeosistema	59
Fig. 2.2	Número de parches naturales por clase	65
Fig. 2.3	Número de parches agrícolas por clase	65
Fig. 2.4	Número de parches sin cobertura vegetal por clase	65

Capítulo III

Fig. 3.1	Calidad fisonómica	100
Fig. 3.2	Significado social	102
Fig. 3.3	Fragmentación	104
Fig. 3.4	El valor del paisaje	110

Introducción

El presente estudio se llevó a cabo en el marco del proyecto “Estructura y fragilidad del paisaje”, el cual forma parte del proyecto interdisciplinario “Estudio socioambiental en el área de influencia del proyecto hidroeléctrico La Parota, en el estado de Guerrero”, a cargo del Programa Universitario del Medio Ambiente (PUMA) de la UNAM.

En el estudio se aplica una metodología original y enfocada a determinar el valor actual del paisaje en la cuenca baja del río Papagayo. Determinar el valor del paisaje consiste en revelar, de una manera sintética e integral el estado actual del paisaje por medio del análisis de cuatro variables que manifiestan, tanto sus características físicas como socioeconómicas: Calidad Fisonómica, Significado Social, Fragilidad y Fragmentación. Se determina por medio de un índice que se obtiene de la diferencia entre el valor estandarizado de las cuatro variables en una unidad de paisaje.

Las investigaciones que integran diversos aspectos ambientales, tanto de tipo natural como socioeconómico en el país, -sobre todo en áreas como la de la presente investigación, donde el disturbio se da de manera acelerada y desigual en el territorio-, son indispensables porque constituyen una herramienta que auxilia en la correcta toma de decisiones, que conllevan a mejorar las condiciones económicas de la población, pero sin comprometer la sustentabilidad de los recursos en bien de las generaciones futuras.

El estudio se desarrolla en la parte meridional de la cuenca del río Papagayo. Los paisajes del área son complejos y resultan tanto de los potenciales y limitantes naturales, como de una problemática socioeconómica desarrollada en el tiempo y que en las últimas décadas ha tenido mayor impacto. Su importancia radica en que la sociedad humana se ha constituido en el motor de una intensa transformación ambiental que se refleja en desequilibrios ambientales, procesos erosivos intensos y pérdida de la calidad visual y del valor del paisaje.

La cuenca se compone de tres principales unidades morfo-estructurales que tienen expresión clara en la organización del relieve. Las montañas, en su mayoría de origen ígneo intrusivo, se ubican en el extremo septentrional. Posteriormente se enlazan a través de un sistema de lomeríos, básicamente metamórficos, que se extienden a lo largo de la

porción central y meridional de la cuenca, donde también afloran algunos cuerpos graníticos que forman elevaciones menores. Finalmente, destaca la llanura aluvial que recorre el curso del río Papagayo y de algunos afluentes secundarios, así como antiguas llanuras inactivas, donde se concentra la actividad agropecuaria y algunas de las principales localidades del área.

El potencial bioclimático permite el desarrollo de la selva baja caducifolia en la mayor parte del área y bosques templados sólo en las montañas del extremo norte. De acuerdo a las observaciones hechas en campo, ambas formaciones vegetales presentan un alto grado de deterioro, sin embargo, las laderas montañosas que albergan a la mayoría de los bosques de encino y pino han sido poco accesibles para el desarrollo de las actividades agrícolas y ganaderas, mientras que las selvas bajas están notablemente afectadas por la tala y el fuego asociados a dichas actividades.

Sin embargo, debido a complejos procesos relacionados con la escasa productividad de la tierra, el deterioro ambiental, la falta de financiamientos y la inexistencia de planes y programas que impulsen el desarrollo, en la actualidad hay una fuerte tendencia al abandono de la actividad del campo. Numerosas parcelas que fueron abiertas a la agricultura y a la ganadería han sido abandonadas, con consecuencias sobre la intensificación de la erosión del suelo -al quedarse desprovisto de toda cobertura vegetal-, y la expansión de selvas secundarias, también conocidas como "acahuales". De acuerdo con Maass (1995), este tipo de vegetación secundaria tiene dos consecuencias sobre las características de la vegetación: por una parte, los acahuales representan un potencial para el reestablecimiento de la selva, lo cual ocurre bajo condiciones de estabilidad y mediante un proceso de desarrollo lento que, en ningún caso, aunque se alcance el desarrollo de selvas maduras y bien conservadas, puede asegurar la plena recuperación de la biodiversidad, pues esto depende de la competencia con especies exóticas y del grado de conexión con otras áreas de selva mejor conservadas.

Por otra parte, el sistema de manejo de recursos característico de las selvas bajas, siempre permite la posibilidad de nuevos procesos de tala o quema del acahual para la reapertura de campos de cultivo, lo cual supone un freno a la regeneración de las selvas, que se vería reflejado en el incremento de los niveles de deterioro del paisaje. Esta situación compromete la permanencia de las áreas forestales y, desafortunadamente,

existen amplias posibilidades de que así ocurra, sobre todo porque la tendencia es a la permanencia del actual sistema de manejo de recursos, caracterizado por la baja aplicación de la técnica en sistemas extensivos que afectan amplias áreas del territorio.

Por otra parte, la pobreza en el campo es un problema general y se refleja con claridad en los altos índices de marginación y escasas oportunidades de crecimiento, que se agravan debido a una importante tendencia de disminución de la población económicamente activa (Delgado, sin publicar). Como en el área existe sólo una localidad urbana y de importancia económica (Tierra Colorada), la población local tiende a emigrar hacia polos de desarrollo en el exterior. De entre más de cien localidades, sólo algunas pocas destacan por una mayor densidad de población y desarrollo económico, básicamente agrícola (Delgado, sin publicar).

Estas localidades son parte fundamental de la estructura del paisaje en el interior de la cuenca. Su función tiene una doble connotación, ya que por un lado, los pueblos constituyen áreas de intensa transformación natural, donde se concentran los mayores disturbios derivados de las acciones del hombre. Por otro lado, los pueblos forman parte de la diversidad de tipos y estructuras paisajísticas del territorio, al tiempo que constituyen áreas de alto valor social y económico, generadores de otros tipos de paisajes antropogénicos (grandes obras de infraestructura, áreas destinadas a la producción agropecuaria, etc.), los cuales interaccionan con los paisajes naturales de distinto grado de desarrollo, y de esta forma participan de la complejidad paisajística característica del área que se estudia.

Un aspecto importante de los estudios integrales en áreas tan complejas como la cuenca del río Papagayo es el manejo de diversas escalas de análisis y sistemas de clasificación. En este caso se utiliza el Sistema de Clasificación Taxonómico-corológico de G. Bertrand (1968), para el cual se propone un nuevo nivel de integración ambiental, el Subgeosistema, el cual permite el análisis ambiental a un nivel mesoescalar (1:50,000), sin perder el enfoque sistémico-integral y la aproximación a un entendimiento objetivo del territorio. El entendimiento dinámico del paisaje se asienta en sus Paisajes Elementales, los cuales corresponden a un nivel detallado de la integración ambiental que es equivalente a la Geofacie de Bertrand (1968). Su origen se relaciona con el disturbio del

Subgeosistema provocado, principalmente, por la aparición, expansión y dinámica de los usos del suelo, así como con los procesos naturales de regeneración post-disturbio.

Frente a los altos niveles de deterioro que afectan el área, entender los factores del equilibrio ambiental es un asunto de sumo interés, sobre todo en términos de la sustentabilidad de los recursos necesarios para el desarrollo de la población. En México se tienen reportadas pocas investigaciones que abordan problemas ambientales a través del estudio de sus paisajes (García-Romero 2003). Por lo tanto, este trabajo es innovador, sobre todo porque pretende plantear una opción para resolver un problema ambiental que ha sido escasamente tratado, como lo es la valoración cuantitativa del paisaje desde un punto de vista funcional. Este tema es particularmente valioso en el caso de la selva baja, tipo de vegetación que ha sido escasamente valorado en cuanto a sus paisajes.

Para tal fin, se propone la aplicación de una metodología, sustentada en bases conceptuales y metodológicas reconocidas, las cuales consideran el análisis e integración de los aspectos físicos y sociales más significativos del ambiente. De esta forma, el problema que se plantea es definir una metodología que permita evaluar desde una posición sistémica e integral las diferentes unidades de paisaje que conforman un territorio, en este caso la cuenca del río Papagayo, Guerrero. El producto final es proponer un índice del Valor del Paisaje que podría ser aplicado en áreas similares a la estudiada y a escalas mesorregionales. Por otra parte, al ser éste un diagnóstico de tipo espacial contribuye a generar bases de datos temáticos que serán de utilidad para posteriores estudios de planeación del aprovechamiento de los recursos naturales u ordenamiento territorial, entre otros.

El diagnóstico obtenido de la presente investigación es -por su naturaleza sistémica e integral,- una herramienta valiosa para elaborar estudios de impacto ambiental en la zona de estudio, la cual está propuesta para la construcción de una de las presas más importantes del país.

Hipótesis

Es posible evaluar el territorio de una manera objetiva e integral por medio de variables que representen las estructuras principales que definen la dinámica de los distintos paisajes que lo integran, como lo son el componente vegetal, la vulnerabilidad de las unidades de relieve a los diversos agentes erosivos y el aprovechamiento que el ser humano ha hecho del mismo, con consecuencias ambientales que afectan a los otros componentes.

Objetivo general

Proponer una metodología que permita clasificar el territorio que abarca la cuenca baja del río Papagayo en paisajes de distinto valor, para con ello contribuir a un mejor conocimiento de la distribución de los potenciales y limitantes naturales, así como de las variables socioeconómicas que en conjunto determinan el estado actual del equilibrio ambiental y del paisaje.

Objetivos particulares

- 1- Delimitar y cartografiar a escala media (1:50000) los paisajes a nivel de Regiones Naturales, Geosistemas y Subgeosistemas que forman la cuenca del río Papagayo, mediante la caracterización e integración (en SIG) de los componentes estructurales: morfo-estructuras y clima.
2. – Interpretar, caracterizar y cartografiar a escala detallada (1:25000) los Paisajes Elementales, tanto los naturales, como los derivados de la actividad antrópica del área de estudio, mediante la caracterización e integración (en SIG) de los componentes más dependientes: relieve, cobertura vegetal y de usos del suelo.
3. -Determinar el valor de los subgeosistemas que componen el área de estudio con base en el análisis y síntesis ambiental de las variables que mejor lo definan.
4. –Determinar cuales son las variables ambientales que explican la distribución del Valor del Paisaje en los subgeosistemas que conforman el área de estudio.

Estructura capitular

En el capítulo I se analizan los componentes ambientales de distinto rango (macro y mesoestructuras) que intervienen de manera significativa en la estructura y funcionalidad del territorio. Posteriormente, se describen las bases conceptuales y metodológicas que sirvieron de fundamento para la integración y síntesis ambiental y del paisaje, con especial atención en el sistema de clasificación utilizado para tal fin. Al final del capítulo se presenta y caracteriza la estructura paisajística, que consiste en 3 Geosistemas (Geosistema de la Montaña Granítica con Bosques Templados, Geosistema de los Lomeríos de Gneis con Selva Baja Caducifolia y el Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería) y 21 Subgeosistemas del paisaje.

En el capítulo II se presenta el análisis de los 16 tipos de Paisajes Elementales que integran a los diversos Subgeosistemas. Se pone especial atención en el significado del Paisaje Elemental dentro de la estructura y funcionalidad del territorio, para lo cual, se analiza la distribución de estas unidades, tanto a nivel general, como por cada uno de los Subgeosistemas. Se definen los conceptos de calidad fisonómica y fragmentación, se analizan los resultados obtenidos después de su cálculo a nivel de la zona de estudio y de cada uno de los paisajes elementales y se presentan como las variables que mejor representan las condiciones actuales del componente vegetal en la zona de estudio.

Finalmente, en el capítulo III se caracterizan cada uno de los Subgeosistemas de acuerdo a las cuatro variables que definen el Valor del Paisaje: Calidad Fisonómica, Fragmentación, Fragilidad y Significado Social. Se define esta última variable y se plantea como el resultado de las características socioeconómicas básicas y de la historia del poblamiento en la cuenca. El capítulo concluye con el cálculo del Valor del Paisaje a nivel de Subgeosistemas, y se explican las posibles causas de los resultados, además de dar diversas propuestas para un correcto manejo del paisaje.

Capítulo I. Los Subgeosistemas

1 ANTECEDENTES

1.1 Localización y marco geográfico de la zona de estudio

El área de estudio de la presente investigación se extiende en una superficie de 13324.15 ha, entre las coordenadas de 17°15' 39"N y 18°26' 37"W y 99°33' 40"N y 99° 36' 20"W. Se localiza en la parte sur del estado de Guerrero y, de acuerdo con la clasificación de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH, 1968), pertenece a la Región hidrológica núm. 20, denominada Costa chica - Río Verde, abarca la subcuenca del río Papagayo, además de una porción de la cuenca baja del río Omitlán (Fig. 1.1).

El área de estudio se encuentra ubicada, de acuerdo con la clasificación internacional de Ferreras y Fidalgo (1999) en la zona intertropical, que a su vez se divide en tres áreas que dependen básicamente de la duración de la época de sequía en el año: la primera es la de régimen ecuatorial, definida por precipitaciones extendidas a lo largo de todo el año, la segunda es aquella con una o dos estaciones sin precipitaciones importantes y se le denomina subecuatorial, y por último, se encuentra la de regímenes tropicales, con notables variaciones pluviométricas, la zona de estudio se ubica en la que tiene una o dos estaciones sin precipitaciones importantes, este tipo de régimen de humedad permite el dominio de especies de hojas caducas y variables en su fisonomía a lo largo del año.

La organización morfo-estructural del área permite amplios desniveles altitudinales que se reflejan en dos unidades bioclimáticas principales. Una de ellas es la de los bosques templados que se desarrollan en las zonas montañosas constituidas por cuerpos intrusivos. Se caracterizan por ser áreas que imponen grandes limitantes a prácticamente cualquier tipo de actividad, por lo cual, el grado de perturbación tiende a ser bajo.

Por otra parte, se encuentra el área de la selva baja caducifolia, conformada en su mayoría por paisajes con altos porcentajes de vegetación secundaria (denominados acahuales) y, en menor proporción, paisajes agrícolas y de selvas bien conservadas.

La existencia de acahuales obedece a una dinámica social y económica que será explicada con claridad en el tercer capítulo.

Respecto al contexto social, la cuenca del río Papagayo se encuentra contenida en cinco municipios del estado de Guerrero: Juan R. Escudero, Tecoanapa, Chilpancingo de los Bravo, Acapulco y San Marcos (Fig. 1.1). Los tres primeros se ubican, desde un punto de vista geográfico - económico en la región Centro; Acapulco es el único de la región que lleva el mismo y San Marcos pertenece a la región Costa Chica. La mayor parte del área de estudio (83%) se encuentra comprendida en Acapulco y Juan R. Escudero, la porción de Tecoanapa (9%) abarca principalmente zonas agrícolas y la superficie que corresponde a Chilpancingo solamente representa 5% del total. No obstante que la mayor parte del área se encuentra en uno de los municipios con mayor desarrollo económico del estado (SEGOB, 1988; Ortiz, 1998; Estrada, 1994; Propín y Sánchez, 1998), este desarrollo se concentra entorno al puerto de Acapulco, que queda fuera del área de interés, la cual se caracteriza por ser una de las más marginadas y de escaso crecimiento en el estado de Guerrero (SEDESOL, 2001).

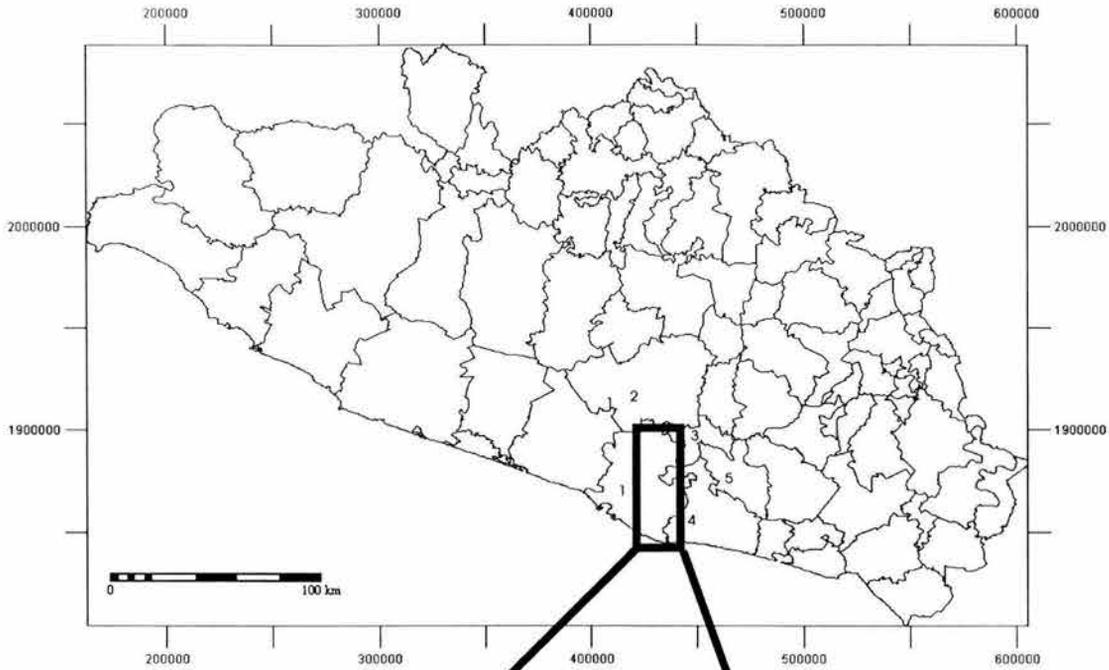
1.2 Regionalizaciones en México

Existen diversas metodologías para elaborar regiones ambientales a nivel nacional en México. A fin de establecer un marco que permita destacar los principales aportes a esta investigación, a continuación se exponen brevemente las metodologías más importantes y utilizadas más ampliamente en los estudios ambientales a una escala macroregional,

La metodología del Levantamiento Fisiográfico de la República Mexicana fue desarrollado por Ortiz y Cuanalao (1978), quienes proponen dos sistemas jerárquicos a nivel nacional: la Faceta y el Sistema Terrestre. La Faceta es la unidad básica de clasificación de esta metodología, se caracteriza por ser un área de geomorfología simple, que comparte características litológicas, edáficas y de humedad. Se cartografía a escalas de 1:10,000 a 1:80,000, y su importancia radica en que proporciona información sobre recursos naturales, aspectos sociales y económicos de un área.

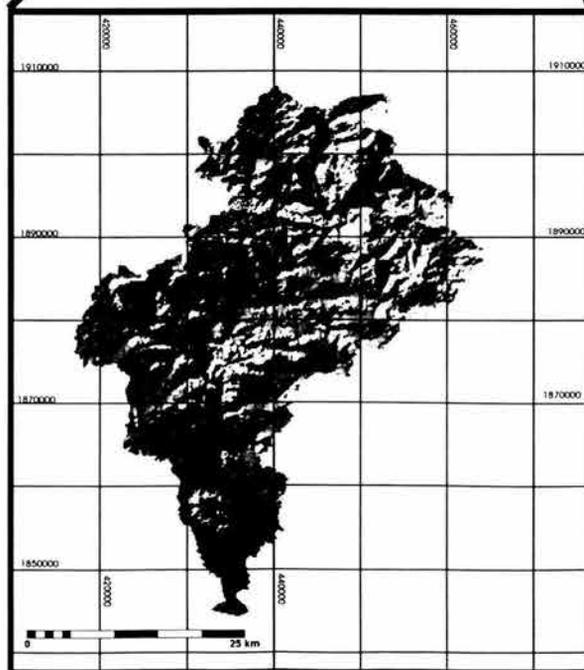
Fig. 1.1 Localización del área de estudio

Estado de Guerrero



Fuente: Con base en INEGI (2000)

Modelo sombreado de la
cuenca del río Papagayo



Municipios del
área de estudio

- 1.-Acapulco
- 2.-Chilpancingo de los Bravo
- 3.-Juan R. Escudero
- 4.-San Marcos
- 5.-Tecoanapa

Fuente: Elaboración propia
con base en INEGI (1999))

Los Sistemas Terrestres se definen como una agrupación de patrones recurrentes de grupos homogéneos de Facetas que generalmente se cartografían a escalas pequeñas (1:250,000 y 1:1,000,000), (Ortiz y Cuanalao, 1978) y de acuerdo con Arellano (2001), son de gran utilidad para la planeación regional.

Las Facetas pueden dividirse en el caso de que se requiera una clasificación más detallada, y el producto de esta división son los Elementos (por ejemplo, la ladera de una cresta) y las Variantes (por ejemplo, un sustrato específico de una faceta). Estas unidades ya no son cartografiables e incluso, en el caso de las Variantes, necesitan trabajo de campo para ser identificadas, ya que no pueden distinguirse en fotografías aéreas (Ortiz y Cuanalao, 1978).

Posteriormente se elaboró el Sistema de Clasificación de las Unidades Terrestres para el levantamiento fisiográfico de México (Cuanalao *et al.*, 1989), el cual consiste en dos unidades: la Región Terrestre y la Provincia Terrestre. La Provincia Terrestre se cartografía a escala 1:5,000,000 a 1:15,000,000 y corresponde a estructuras de segundo orden o a grandes asociaciones litológicas. La Región Terrestre es la unión de formas o propiedades superficiales de una asociación litológica con una evolución geomorfológica comparable y se representa en escalas de 1:1,000,000 a 1:5,000,000.

En la cartografía resultante se representó una tercera unidad: la Subregión Terrestre, cuya escala de representación es la misma que para las regiones. Finalmente se obtuvieron 16 Provincias terrestres, 100 regiones y 234 subregiones.

Otro método de regionalización es el del Sistema Fisiográfico de INEGI (Quiñónez, 1987). Esta metodología cualitativa toma en cuenta las características geológicas, topográficas y geométricas del territorio y cuenta con dos unidades básicas: el Elemento Topográfico, que presenta características topográficas homogéneas (plano, cóncavo, convexo) y la Topoforma, que se caracteriza por elementos topográficos.

Con esta clasificación del territorio se obtienen cinco niveles jerárquicos. La Provincia Topográfica ocupa el primer nivel del sistema y se define como una región del territorio que presenta un origen geológico regional común. Se divide en Subprovincias

Fisiográficas que se distinguen por presentar geofomas particulares al resto de la provincia con quien comparte características de morfología o litología.

Las Subprovincias son discontinuidades fisiográficas que poseen un origen, morfología y litología propios y se dividen a su vez en Topoformas. Los Sistemas de Topoformas son áreas que tienen algún patrón estructural o degradativo con un origen común. Las Inclusiones son un conjunto de topoformas o unidades individuales que se distinguen porque su origen, morfología y litología no se relacionan con la unidad a la que pertenecen.

La metodología del Ordenamiento Ecológico del Territorio desarrollada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, 1986), consiste en una regionalización por medio de la cual se obtienen unidades ambientales descriptivas. Se basa en la cartografía fisiográfica elaborada por INEGI Quiñónez (1987) y diversas fuentes cartográficas de acuerdo con el nivel que se trate.

Se presentan de esta manera cinco niveles de clasificación del territorio nacional. La Zona se representa a escalas de 1:5,000,000 a 1:2,000,000, y se definió con base en la correspondencia entre las grandes zonas climáticas del país y las estructuras geológicas mayores. Se encontraron cuatro zonas: Trópico seco, Trópico húmedo, Zona Templada y Zona Árida. Los siguientes cuatro niveles de la clasificación: Provincia Ecológica, Sistema Terrestre, Paisaje Terrestre y Unidad Natural, están basadas principalmente en diferencias climatológicas y geomorfológicas. Esta clasificación es la de mayor aceptación a nivel nacional y tiene como objetivo dividir jerárquicamente al país.

Arriaga *et al.* (2000) elaboraron una Regionalización de México cuyo objetivo es detectar áreas con características ambientales que favorezcan las condiciones para la conservación de la biodiversidad en México en diferentes ámbitos ecológicos. Los criterios utilizados para esta regionalización fueron básicamente de tipo biológico y consideraron las amenazas que presentan y la posibilidad real de llevar a cabo su conservación. Su delimitación se basó en el análisis de los elementos del medio físico, entre ellos la topografía y la vegetación, de lo cual resultaron 152 regiones prioritarias

terrestres para la conservación de la biodiversidad en México, las cuales cubren 515 558 km² de los estados de Chihuahua, Sonora y Coahuila, principalmente.

El objetivo principal de este trabajo es contribuir a integrar una agenda para la inversión que las agencias nacionales e internacionales aportan como apoyo a las actividades de conservación y conformar un marco de referencia que pueda ser utilizado en la toma de decisiones para definir programas que ejecutan los diferentes sectores y niveles de gobierno (Arriaga *et al.*, 2000).

La carta de Clasificación de Regionales Naturales de México 2, elaborada por Cervantes *et al.* (1991) para el Atlas Nacional de México, tuvo como objetivo principal reflejar la especialidad de la regionalización elaborada por SEDUE (1986). El nivel de detalle que se logró es de provincias y sistema ecogeográficos no menores a 400 km².

Si bien los ejemplos de clasificaciones de escala macroregional que se presentaron en este punto son valiosos, en la actualidad existe un gran interés por metodologías que permitan un acercamiento a la realidad concreta del territorio a nivel mesoregional y del paisaje.

1.2 Fundamentos conceptuales

Uno de los Sistemas de Clasificación de Paisajes que ha sido probado y valorado por su efectividad en casos de aplicación en áreas de escala media es el propuesto por Bertrand (1968). De acuerdo con Bolós (1975) y García-Romero y Muñoz (2002), este sistema de clasificación del paisaje es uno de los mejor estructurados, y la importancia de su aplicación en la presente investigación radica en que propone una metodología para la integración holística de los componentes del paisaje para lograr su comprensión.

Para Bertrand (1968), el paisaje es el resultado de una interacción dinámica entre elementos físicos, biológicos y antrópicos sobre una cierta porción del espacio; dicha interacción hace del paisaje un conjunto indisociable y en continua evolución (García-Romero y Muñoz, 2002; Arellano, 2001). Si bien el paisaje no es una suma de

características del territorio, los análisis sectoriales son valiosos para conocer el funcionamiento y la dinámica del mismo (Bertrand, 1968; Bolos, 1975; García-Romero y Muñoz, 2002) y se considera que, sin perder su carácter integral, el paisaje puede ser dividido en unidades menores para facilitar su comprensión. Los niveles de integración ambiental de distinto rango que integran la clasificación son los siguientes:

a) Zona: División mayor de la superficie terrestre, cuya dimensión se mide en millones de kilómetros cuadrados, su límite principal son los grandes dominios climáticos, por ejemplo: zona templada, zona tropical, etc.

b) Dominio: Al igual que la zona se define también por el clima, pero en una escala regional, generalmente tiene relación con grandes dominios orográficos o características morfoestructurales propias, por ejemplo, la vertiente oriental de Sierra Madre Oriental.

c) Región natural: Se da entre miles y centenares de kilómetros cuadrados, la manera de definirla es por medio de ciertas características geomorfo-hidrológicas y por la caracterización general de los componentes antrópico, edáfico y biológico, así como las interacciones que mantienen entre si, un ejemplo podría ser la Llanura costera del Pacífico en México.

d) Geosistema: Son áreas de cientos de kilómetros cuadrados, aunque pueden abarcar superficies mayores. Representan ambientes homogéneos en cuanto a su potencial ecológico, las formas de vida que en él ocurren y los patrones de uso y aprovechamientos del suelo por parte del hombre. Estos ambientes se definen al establecer las relaciones que existen entre los componentes bióticos y abióticos del territorio. Un ejemplo podría ser un sector de montaña que corresponde a una estructura geológico-tectónica, con un clima uniforme, en torno al cual se han desarrollado ciertas formaciones vegetales y otras formas de vida (suelos y fauna), que pueden ser utilizadas por la sociedad para su desarrollo bajo patrones de uso y ocupación del suelo específicos (García-Romero y Muñoz, 2002).

Para delimitar un Geosistema se necesita conocer el funcionamiento de los componentes físicos del territorio, pero concebidos bajo un enfoque integral y sin

considerar una jerarquización establecida para el papel que tiene cada componente ambiental en su formación y dinámica, sino que cada componente ocupa un lugar distinto según la naturaleza del área que se estudia (Beroutchachvili y Bertrand, 1978; Rougerie y Beroutchachvili, 1991).

e) Geofacias: Corresponde a un nivel de integración paisajística ubicado entre el Geosistema y el geotopo, definido por configuraciones específicas al nivel del relieve, vegetación, los suelos y/o los usos del suelo. Sus dimensiones son, por lo general, de cientos de metros cuadrados y corresponden con paisajes homogéneos al interior del Geosistema. Un ejemplo de Geofacias es un valle pequeño o una ladera que se encuentra ocupada por un mismo tipo de vegetación, suelo y uso del suelo. El significado funcional de las Geofacias es muy importante, ya que se consideran como Paisajes Elementales –o pequeños sistemas integrales- que representan distintos estados específicos de la dinámica del Geosistema. Las Geofacias son el resultado de disturbios naturales y/o culturales o bien, representan facies de desarrollo post-disturbio que se manifiestan con cambios en la estabilidad, el contenido y/o la estructura del Geosistema.

f) Geotopo: Es el área más pequeña en que se puede dividir el paisaje y generalmente abarca algunos metros cuadrados. Se delimita con base en la microtopografía y en los componentes bióticos vegetales y faunísticos que dependen de sus características edáficas y microclimáticas.

Para la clasificación del paisaje a partir de este sistema se utilizan, por lo general, tres de los niveles de integración ambiental: Región Natural, Geosistema y Geofacias. El objetivo central es el diagnóstico de los Geosistemas o sistemas ambientales integrados, bajo los cuales es posible aprehender en un mismo nivel de aproximación espacio-temporal los diversos componentes ambientales de distinto rango espacial y temporal:

a) Macroestructuras: Se incluyen en este grupo los componentes morfoestructurales y climáticos, de fácil discriminación a grandes escalas. Se caracterizan por ocupar grandes unidades del terreno y, en condiciones naturales requieren de por lo menos cientos de años para manifestar cambios de fondo, por lo cual, se les considera como

dinámicamente estables e independientes, poco susceptibles frente a los demás componentes del medio (Zonneveld, 1995; Mateo y Ortiz, 2001). El interés por estos componentes mayores radica en que los aspectos orográficos, altitudinales, de orientación y litológicos en coordinación con ciertos parámetros climáticos, sobre todo térmicos y pluviométricos, determinan y controlan la capacidad del territorio para soportar una cierta carga biótica, la cual se expresa en la formación vegetal más desarrollada posible dentro de su ámbito.

b) Mesoestructuras. Al interior de una unidad macroestructural otros conjuntos de componentes ambientales que se manifiestan a escalas medias cambian con relativa rapidez y en distintos sentidos (Drdos, 1992). Dentro de ellos, se pueden distinguir dos grupos, el de los componentes abióticos –el agua, el relieve y el suelo-, que tienden a ser más estables, y el de los componentes bióticos –la vegetación, la fauna, y el componente humano-, que ocupan los peldaños más bajos de manifestación espacio-temporal y, por lo tanto, son los elementos más inestables, dependientes y dinámicos (García-Romero, 2002).

La dinámica a este nivel de aproximación se establece a partir de un complejo sistema de relaciones que se gesta en el interior de cada componente. Cada uno de ellos funciona a manera de un subsistema independiente y completo, funcional en cuanto que una serie de subcomponentes especializados, -por ejemplo, litológicos, morfológicos y de situación en el caso del relieve- intervienen desde sus propios niveles de funcionamiento, cubriendo un papel de mayor o menor significado, tanto para el funcionamiento del componente al que pertenecen como del territorio en su conjunto.

En el caso de la zona de estudio se le dio particular importancia a la estructura geológica ya que influye directamente en la génesis y caracteres del relieve. Por ejemplo, la litología es un factor que tiene clara correspondencia con los patrones morfológicos del territorio, además de que la resistencia de los materiales a los agentes erosivos exógenos influye en la susceptibilidad de las tierras a desarrollar procesos erosivos, en los tipos e intensidades del aprovechamiento agropecuario de la tierra, así como en los niveles de perturbación (Muñoz, 1993; Alnert, 1998).

El estudio integral se logra por medio de un inventario geoecológico o reconocimiento del contenido y la estructura de todos los componentes ambientales del territorio (García-Romero y Muñoz, 2002). A partir de esta base es posible establecer la fase de desarrollo que representa cada uno de los Paisajes Elementales o Geofacies que forman un Geosistema; su distribución espacial, y las causas que las originan y de las cuales dependen su desarrollo y permanencia (Bolós, 1975, 1977; Beroutchachvilli y Bertrand, 1978; García-Romero y Muñoz, 2002).

Como parte de la adaptación del Sistema de Clasificación del Paisaje de Bertrand (1968) al área de estudio, se estableció un nuevo nivel taxonómico-corológico al cual se le denominó "Subgeosistema", categoría de nivel mesoescalar e intermedia entre el Geosistema y la Geofacies. A esta escala se considera que es todavía posible comprender de manera integral el territorio (Galicia y Zarco, 2002). De esta manera se pretende obtener un conjunto de unidades holísticas y básicas o de referencia, que al igual que el Geosistema, representen una visualización totalizadora de la naturaleza y la sociedad en un enfoque integrador y espacial (Aguilar, 1983).

Para establecer el concepto de Subgeosistema se toma como fundamento que una unidad de paisaje debe representar una herramienta básica de integración de la información territorial y al mismo tiempo, una trama de referencia espacial para analizar los componentes, la organización y el funcionamiento de los paisajes (Pérez-Chacón, 2002). Por otra parte, también es importante que la clasificación de los paisajes tenga como base la dominancia de los elementos que los caracterizan o que determinan su funcionalidad (Bovet y Ribas, 1992).

En este caso, se utilizaron las unidades del relieve como la base para la delimitación de otros componentes del medio natural y de los Subgeosistemas (Bocco *et al.* 1999). Se partió del criterio que considera al relieve como una síntesis de la relación entre los grandes compartimentos de la estructura geológico-tectónica, que han sido modelados por la acción pasada del clima. De acuerdo con Mendoza y Bocco (1987) el relieve es un factor clave *"en la mayoría de las estrategias de la clasificación del terreno y del paisaje, toda vez que las características del sustrato abiótico lo hacen aceptablemente susceptible de ser segmentado"*. También es importante mencionar que en el caso de

la zona de estudio las formas del relieve condicionan de manera importante la estabilidad de laderas y sus implicaciones sobre la dinámica de los paisajes naturales.

Por lo tanto, en la presente investigación el Subgeosistema se define como una geocora intermedia entre la Geofacies y el Geosistema propuestos originalmente en el sistema taxonómico corológico de Bertrand (1968). Su delimitación resulta de la integración de variables pertenecientes a dos temáticas centrales: relieve (altitud, morfología, litología, pendiente y energía del relieve), y vegetación – uso de suelo (coberturas), cuyo principal objetivo es conocer, de una manera integral y sintética las características del territorio.

Bovet y Rivas (1992) mencionan que la tipología del paisaje debe estar en concordancia con las características ambientales de cada unidad. Se observó que en la zona de estudio la unidad del relieve (montaña, submontaña, lomerío) es un factor clave de la organización paisajística, relacionada, en principio, a la organización altitudinal y luego, a la morfología (abrupta, muy abrupta) y al material litológico del cual están conformadas (gneis, granito, etc.). Finalmente, a la vegetación y los tipos e intensidades de los usos del suelo, de tal manera que, atendiendo a este orden de importancia se determinó la tipología de las unidades.

2 METODOLOGÍA

2.1 Análisis macro-estructural

a) Historia geológica y tectónica regional

Conocer la tectónica del área de estudio es importante porque el relieve es producto de la relación o interacción de fuerzas que actúan por debajo y por encima de él. La tectónica es responsable de la dinámica interna del planeta y, de la estructura geológica (disposición), al tiempo que también interactúa directamente con los procesos externos en el modelado del relieve (Muñoz, 1993). Es importante mencionar que las unidades de relieve son fundamentales para establecer los límites de los Subgeosistemas en el área de estudio.

Para obtener la información concerniente a las características de la tectónica regional y ante la imposibilidad de realizar trabajo de campo para obtener información específica acerca de este punto, se decidió llevar a cabo una revisión bibliográfica de trabajos relacionados con el área de estudio.

2.2 Análisis mesoestructural

2.2.1 Unidades del relieve

El criterio de partida para la interpretación de las unidades del relieve consistió en identificar mediante fotointerpretación áreas paisajísticamente homogéneas y coincidentes con las unidades y otros diversos aspectos del relieve (laderas, lomeríos, llanuras, etc.) que se estudian.

Una interpretación preliminar de las unidades del relieve se realizó a partir de cartas topográficas (1: 50,000) y geológicas (1:250,000) (INEGI, 1999, 1985^a) que cubren el área, así como del modelo sombreado obtenido de la imagen del satélite LANDSAT TM del año 2000. A partir de esta base cartográfica se analizó la distribución en el área de una serie de variables morfológicas: altimetría, energía del relieve y pendiente del terreno, las cuales se consideraron significativas para la diferenciación, caracterización y clasificación de las unidades del relieve.

a) Estructura litológica

La litología del área de estudio se obtuvo a partir de la información contenida en la carta geológica (esc: 1:250,000) (INEGI, 1985^a) y de la interpretación del mapa topográfico (esc: 1:50,000) (INEGI, 1999), además de diversos trabajos que se han elaborado para la zona (De Cserna, 1965; Ortiz, sin publicar; Technoconsult, 1995; Fries, 1960; Ortega, 1977; INEGI, 1982).

El proceso consistió en delimitar la distribución de los afloramientos litológicos del área y observar su correspondencia con los patrones de modelado interpretados a partir de las curvas de nivel del mapa topográfico. Adicionalmente, se realizó el mapa de morfoalineamientos (Fig 1.2) como apoyo para la identificación y delimitación de

algunas litologías (cuerpos de granito y/o granodiorita) que no pudieron ser claramente identificadas por otros medios.

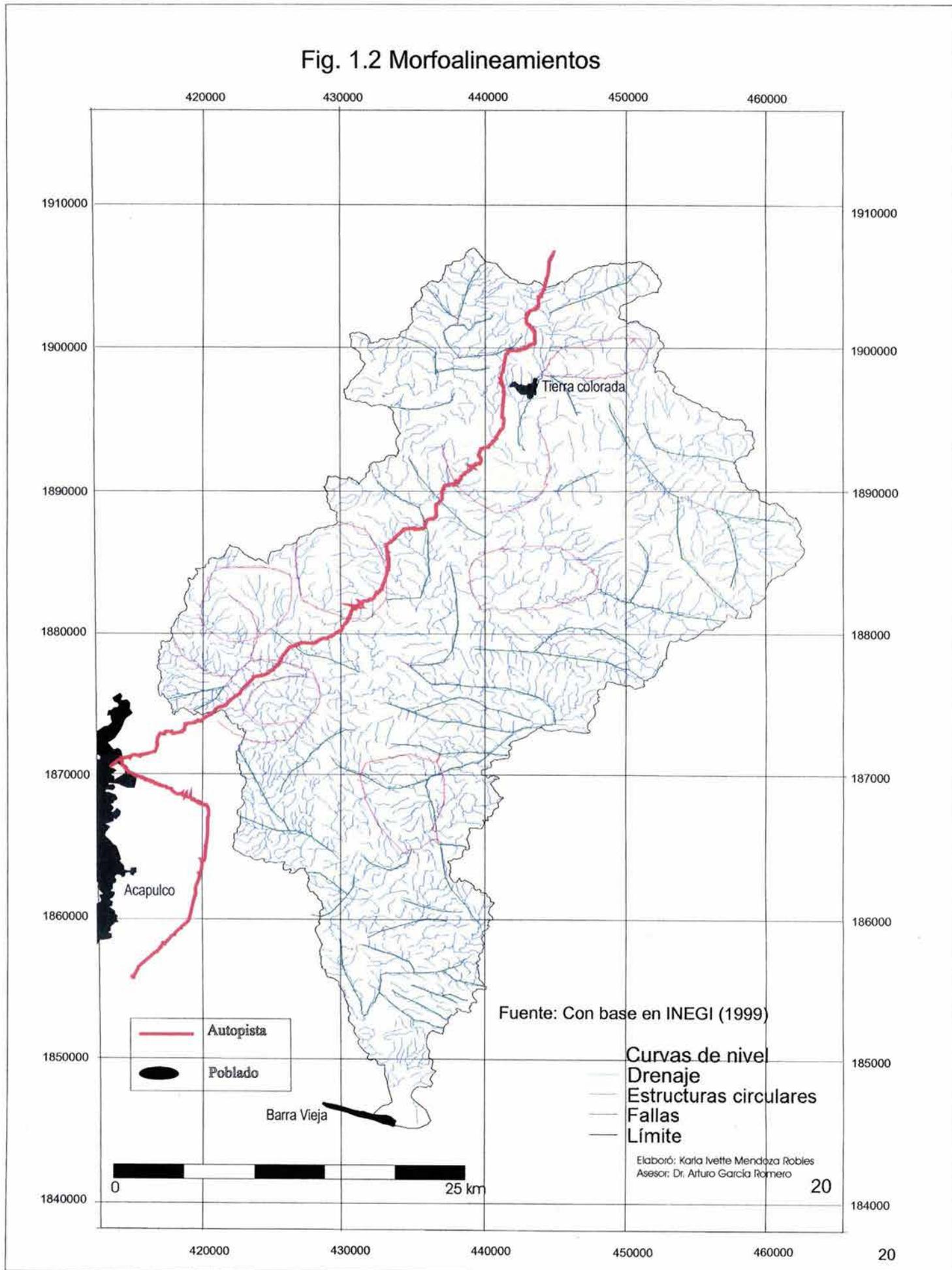
b) Altimetría

A partir de la carta topográfica 1:50,000 (INEGI, 1999) se realizó un muestreo dirigido de altitudes mediante la selección directa de los sitios, para lo cual se consideraron todas las cimas identificadas al interior del área de estudio. Este método se consideró adecuado para representar la variabilidad morfológica del sistema de lomas escalonadas que conforman la mayor parte de la cuenca. Se obtuvieron la altitud media y la altitud máxima de las cimas en las diversas unidades de relieve previamente interpretadas. Para determinar los rangos de altitud que mejor reflejan las diferencias entre las unidades del relieve se tomaron en cuenta dos estudios de regionalización geomorfológica elaborados en áreas con ambientes morfogénicos similares al de la región de análisis.

Uno de ellos es el elaborado por Bocco *et al.* (1999), el cual propone las características del relieve para definir unidades ambientales en el estado de Michoacán. El trabajo muestra una primera agrupación de las morfoestructuras en unidades sin relieve positivo y elevaciones (Cuadro 1.1). En el primer grupo se incluyen valles, planicies, altiplanicies y piedemontes, en el caso de las elevaciones existen cuatro clases: colinas, lomeríos altos, lomeríos bajos y sierras. La diferencia se da a partir de la altura relativa, la pendiente y el tipo de elevación o forma que tienen.

Hernández-Santana *et al.* (2004) elaboraron una regionalización geomorfológica para el estado de Oaxaca, la cual se basa en investigaciones similares desarrolladas en Cuba (Díaz, *et al.*, 1986). Este autor hace una clasificación compleja que toma en cuenta atributos de tipo morfotectónico y estructural, así como exógenos y endógenos (Cuadro 1.2). Una de las variables principales en su clasificación es la altura relativa de las unidades de relieve y las divide en cinco grupos: montañas (Tres clases), premontañas, elevaciones, llanuras costeras y llanuras intramontanas (Tres clases).

Fig. 1.2 Morfoalineamientos



Cuadro 1.1: Regionalización geomorfológica de acuerdo con Bocco *et al.* (1999).

Unidad de relieve	Pendiente (%)	Altura relativa (m)	Tipo de relieve
Valles	>3		Planos, resultado de la acción fluvial
Planicies	>3	100	Sin relieve, excluyendo la actividad fluvial
Altiplanicie	>6	100	Plano, flanqueado por una ladera fuertemente incidida
Piedemonte	>10		Transicional entre un relieve positivo y la planicie de nivel de base local
Colinas	3 – 8	> 250	Suave
Lomeríos altos	20 – 45	500 – 1000	Abrupto
Lomeríos bajos	6 – 20	250 – 500	
Sierra	< 30	1000 - 4000	Elevaciones más abruptas

Con base en: G. Bocco *et al.* (1999)

Cuadro 1.2: Regionalización geomorfológica de acuerdo con Hernández-Santana *et al.* (2004).

Tipo principal	Clases	Alturas relativas
	Altas	2500
Montañas	Medias	1300 – 2500
	Bajas	800 – 1300
Premontañas		400 – 800
Elevaciones		200 -400
Llanuras Costeras		> 200
	A	1400 – 4800
Llanuras intramontanas	B	800 – 1200
	C	400 – 800

Con base en: J. R. Hernández-Santana *et al.* (2004)

A partir de la consideración de las regionalizaciones previamente citadas y las características propias del área de estudio se establecieron seis rangos de altitud, los

cuales se cartografiaron y analizaron en conjunto con la versión preliminar de la morfología, a fin de establecer una clasificación jerárquica (en rangos de altitud) de las unidades del relieve. Cabe destacar a tres unidades que se definieron no con base en sus rangos altitudinales, sino en sus atributos morfológicos, para lo cual se siguieron los criterios de Lugo (1989):

Una unidad del relieve que fue delimitada bajo estos criterios es la llanura aluvial, que se define como una porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión y equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación (Lugo, 1989). Otro caso es el de la cresta, término que se aplica a cualquier elevación menor sobre el terreno (loma) que tenga laderas estrechas y alargadas longitudinalmente. (Lugo, 1989). Finalmente se decidió incluir como unidad del relieve a una cuenca del sector centro – oeste, cuyas dimensiones y particularidades ambientales son suficientes para considerarla como un Subgeosistema de características de desarrollo independientes.

c) Energía del relieve

El análisis de algunas de las características morfométricas del relieve permitió evaluar la susceptibilidad del terreno frente a diversos procesos exógenos (Lugo, 1988), aspecto que se consideró fundamental para elaborar el diagnóstico del territorio. De acuerdo con Wright (1972), es importante considerar que para definir unidades de paisaje se deben elegir características preferentemente medibles, observables y accesibles.

La energía del relieve sintetiza la relación entre los procesos endógenos formadores de relieve y los exógenos asociados a la denudación y modelado de las formas (Lugo, 1988). Se obtuvo mediante un muestreo dirigido de las alturas relativas de las cimas, las cuales se midieron directamente sobre la base topográfica 1:50,000 (INEGI, 1999). Los datos fueron analizados en un programa estadístico, a fin de definir los rangos que mejor representan la variabilidad de la energía del relieve y se observó su comportamiento en las diversas unidades del relieve, previamente establecidas con base en criterios morfológicos, litológicos y de rango altitudinal.

Para obtener los datos de energía de relieve no se tomó en cuenta la llanura aluvial puesto que, como es de esperar, la diferencia de altitud entre la altura de la cima y el barranco no son apreciables a la escala en la cual se trabajó.

d) Pendiente

El valor de la pendiente representa las distintas inclinaciones del terreno; se obtuvo mediante la aplicación al Modelo Digital del Terreno de filtros (dfdx y dfdy) para generar mapas de gradientes en las direcciones X y Y, con los cuales y mediante una fórmula de cálculo se obtuvo el mapa de pendientes en grados (ITC, 2001). El modelo generado fue clasificado en seis clases de pendiente y, de la misma forma que en caso anterior, se observó su comportamiento en las diversas unidades del relieve, previamente establecidas con base en criterios morfológicos, litológicos y de rango altitudinal.

2.2.3 Características hidrológicas

Para caracterizar la hidrología de la cuenca del río Papagayo, se decidió utilizar el único análisis hidrológico elaborado en el área de estudio por Macías (2003), quien realizó una investigación de la disponibilidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Papagayo ubicada en la región hidrológica No. 20. Como se mencionó anteriormente, la hidrología del paisaje es un componente mesoestructural fundamental para explicar las condiciones de la cobertura vegetal y el desarrollo de asentamientos humanos, factores clave del funcionamiento del paisaje.

Para obtener los resultados, la autora dividió a la cuenca en siete subcuencas de acuerdo con sus propios límites, además de considerar límites estatales, municipales y de la región previamente definidos por la CNA, y los límites de las cuencas vecinas. Dado que la autora no proporciona una cartografía, puesto que sus zonas se delimitaron por un análisis matemático, es importante aclarar que en esta investigación se llama cuenca a los límites de Macías (2003), aún cuando no correspondan a la definición geográfica que se tiene del término.

Se procedió a comparar los puntos de referencia y límites topológicos de sus unidades con el límite del área de la presente investigación y se decidió ubicar a la misma en cuatro de las subcuencas originales (Cuadro 1.3): Río Omitlán, Presa La venta, Río Papagayo cinco y Río Papagayo seis. Los datos hidrológicos se obtuvieron a partir de las nueve estaciones hidrométricas que se encuentran en el río Papagayo, ocho de las cuales están ubicadas en los cauces principales y una sobre un canal de conducción.

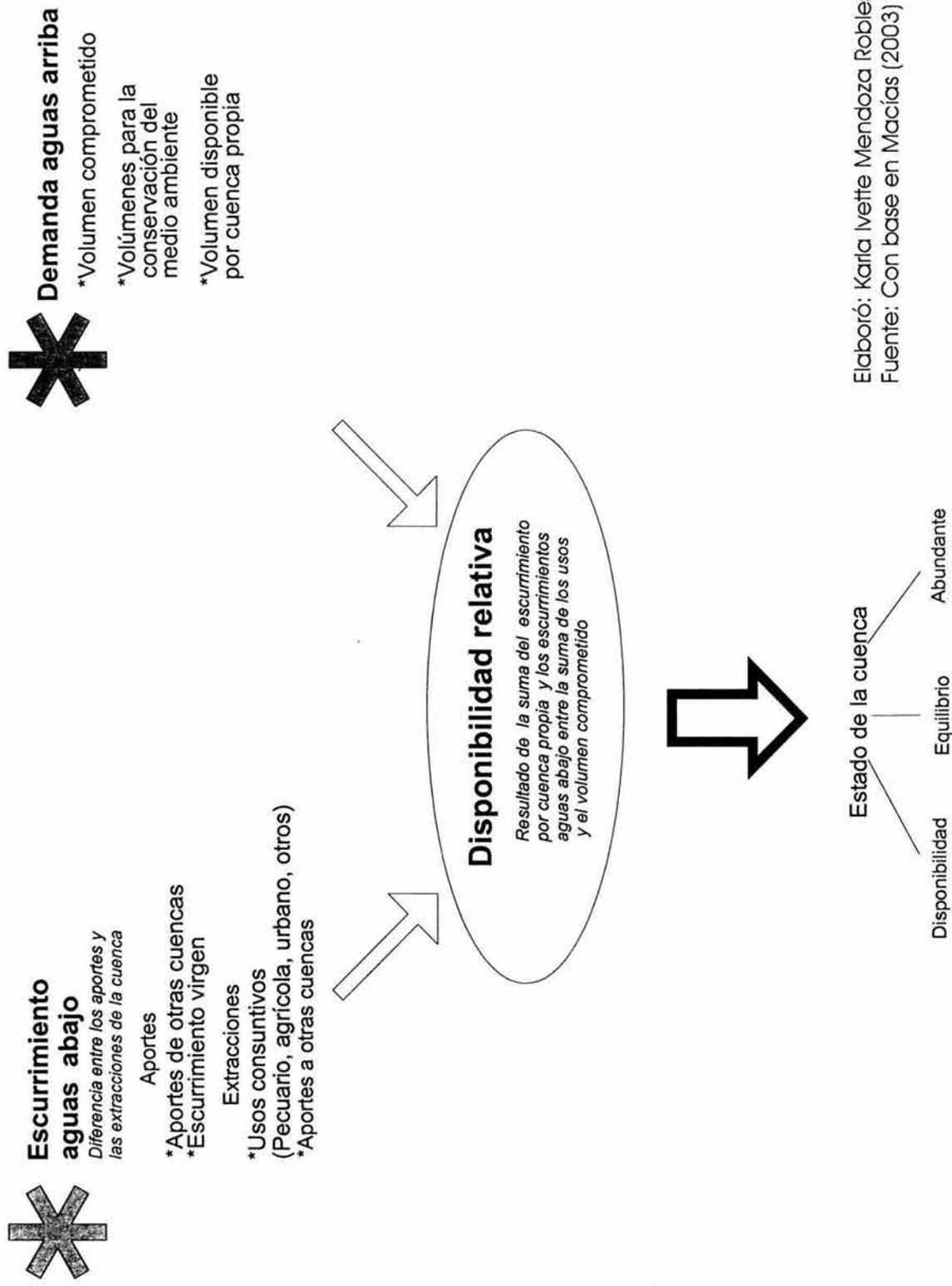
Cuadro 1.3: Superficie de las subcuencas hidrológicas que comprenden el área de estudio.

Subcuenca	Superficie (km)
Río Omitlan	3416.00
Presa La Venta	320.00
Río Papagayo cinco	593.10
Río Papagayo seis	311.80

Con base en M. Macías (2003).

Macías (2003) elaboró diversas mediciones que en el estudio del paisaje resultan importantes debido a que: a) indican la disponibilidad del agua para el desarrollo de la vegetación y de las actividades agropecuarias, b) dan idea de los diferentes niveles de erosión que pueden presentarse por éste agente. Asimismo, son de interés las mediciones que se refieren a la disponibilidad relativa de la cuenca, la cual tiene distintas etapas de cálculo: (Figura 1.3).

Fig. 1.4 Cálculo de la disponibilidad relativa



Elaboró: Karla Ivette Mendoza Robles
Fuente: Con base en Macías (2003)

1.-La primera etapa es el cálculo del escurrimiento aguas abajo de la salida de la cuenca (Cuadro 1.4). Este dato indica la cantidad de agua que sale de una cuenca hacia una cuenca o subcuenca de cotas inferiores a través de un cauce natural. Permite conocer los volúmenes comprometido y ecológico y utiliza los siguientes parámetros para su medición:

Cuadro 1.4: Variables para el cálculo del escurrimiento aguas abajo

Cuenca	Escurrecimiento virgen (Promedio)	Extracción				Evapotranspi- ración	Aportes de otras cuencas	Escurrecimiento aguas abajo
		Agricultura	Pecuario	Público	Otros			
Río Omitlán	-	6.86	0	2.768	0	0	0	1899.89
Presa la venta	102.7	7.221	0	0.867	0	25	3382.08	3451.7
Papagayo 5	150.79	5.11	0	0.641	0	0	3451.7	3601.84
Papagayo 6	63.02	0	0	1.329	0	0	3601.84	3531.92

M. Macías (2003).

*Todos los datos están dados en millones de metros cúbicos

2.- La segunda etapa es el cálculo de la distribución de las demandas aguas arriba para obtener el volumen comprometido, el cual es la fracción del escurrimiento que sale de la

cuenca y que contribuye a satisfacer las extracciones de la cuenca aguas abajo y las de la misma cuenca, para lo cual se utiliza la demanda y las exportaciones a otras cuencas.

3.-La tercera etapa consiste en el cálculo de los volúmenes de agua para la conservación del medio ambiente, es decir, los volúmenes que están destinados a la preservación de la flora y la fauna del cauce (Cuadro 1.5). En el método de Tennant (1975) se propone que sea el 10% del escurrimiento aguas abajo.

Cuadro 1.5: volumen comprometido y el volumen ecológico en las cuencas que abarcan la zona de estudio

Subcuenca	Volumen comprometido	Volumen ecológico
Río Omitlán	96.26	189.99
Presa La Venta	158.89	345.17
Papagayo cinco	131.30	360.18
Papagayo seis	132.938	353.19
M. Macías (2003).		

Finalmente, el cálculo de la disponibilidad relativa de la cuenca es el resultado de la suma del escurrimiento virgen entre la suma de los usos y el volumen comprometido, posteriormente la cuenca se clasifica en cuatro clases: escasa, en equilibrio, con disponibilidad o abundante, según sea el caso.

2.2.4 Cobertura vegetal y usos de suelo

Para obtener las coberturas de vegetación y usos de suelo (INEGI, 1985b) se hizo la interpretación de fotografías aéreas, composición en falso color 5/4/1 obtenida de la imagen de satélite LANDSAT del año 2000 y verificaciones de campo.

Para determinar el tipo de vegetación y la intensidad del uso del suelo que de manera general caracterizan a cada Subgeosistema se observó el porcentaje de su superficie cubierto por las distintas clases de coberturas, representadas por 16 Paisajes Elementales: Acahual, Asentamiento humano, Bosque de encino, Bosque de pino, Bosque de tachicón – Nanche, Cauce, Cultivo anual, Cultivo inactivo, Ladera erosiva, Pastizal, Plantación agroforestal, Sabana, Selva baja caducifolia, Selva mediana subperennifolia, Terraza aluvial y Vegetación de Galería. La metodología para obtener estos 16 tipos de Paisajes Elementales se explica con detalle en el capítulo II.

Se tuvo especial atención en el porcentaje ocupado por la superficie de Acahual (Cuadro 1.6), que en la mayoría de los casos representa la matriz del mosaico ambiental y, posteriormente se consideró el porcentaje de la superficie del

Fig. 1.6 Distribución de Paisajes Elementales por Subgeosistema (Datos en porcentajes)

Subgeosistema	Clave	A	AH	BE	BP	BT-N	C	CA	CI	LE	P	PA	Sab	SBC	SMSp	TA	VG
Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado	BC	0.88	0	0	99.12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva muy Abierta	SMA	84.45	3.51	0	0.40	0	0	0.15	1.03	0.62	3.63	0.09	0	6.11	0	0	0
Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	75.96	0.13	0	0	0	0	0.64	0	0.18	3.26	0	0	8.13	11.70	0	0
Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva muy Abierta	SMA	81.76	0.78	2.44	0.54	0	0.08	0.22	1.09	0.01	5.41	0.07	0	7.30	0.00	0.11	0.20
Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta	SA	72.82	2.21	0.00	0	0.08	0	0.67	1.24	5.64	5.00	0	0	9.09	3.24	0	0
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	BC	74.27	0.60	0.00	14.82	0	1.28	0.08	4.87	0	1.29	1.42	0	0.98	0	0	0.40
Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta	SA	78.34	3.05	0.36	6.99	0	0.04	0.30	8.70	0	2.17	0	0	0	0	0.04	0
Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	SC	69.88	2.99	0	0	0	0	1.10	3.49	0	0.63	1.69	0	20.20	0	0.03	0
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	SC	53.79	2.23	0	0.07	0	0.05	0.48	1.15	1.44	1.72	0.07	0	36.66	2.11	0.15	0.07
Llanura aluvial con Selva Cerrada	SC	44.59	2.63	0	0	0	9.22	1.20	1.79	0.06	7.04	9.18	0	9.25	0.33	12.01	2.70
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	73.38	1.61	0	0	0.81	0.17	0.68	0.24	3.22	3.78	0.01	0	4.14	11.74	0.07	0.16
Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	SC	63.74	0.53	7.17	2.24	0.91	0.34	0.28	0.92	0.45	1.82	0	5.27	15.32	0	0.52	0.48
Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta	SMA	90.82	0	0.0	0	0	0.33	0	0.00	0	5.86	0	0	3.00	0	0.00	0
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado	BC	49.15	0	25.09	0	0	1.13	0	0.41	0.54	0.07	0	16.09	6.58	0	0.77	0.17
Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	SA	78.27	0	4.37	6.32	0	0	0.04	1.85	0.45	4.01	0	0	4.68	0	0	0
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	SC	60.40	0.62	0.23	6.99	0	0.37	0	0.07	0.43	1.37	0.08	0	28.78	0	0.45	0.22
Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	BC	41.95	0.08	0	47.15	0.52	0.01	0.27	0.38	0	0.75	0	0	8.89	0	0	0
Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	73.61	0.02	0	0	0	0	1.54	5.19	0	2.62	0	0	17.02	0	0	0
Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	SC	67.20	0	0	0	0	11.62	0	0	0	0.81	0	0	20.31	0.07	0	0
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	SMA	81.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0.72	0	0	17.42	0	0	0
Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	BC	80.93	0	0	18.55	0	0	0	0	0	0.48	0.04	0	0	0	0	0

Clases de Paisajes Elementales: (A) acahual, (AH) asentamiento humano, (BE) bosque de encino, (BP) bosque de pino, (BT-N) bosque de tachicón y nanche, (C) cauce, (CA) cultivo anual, (CI) cultivo inactivo, (LE) ladera erosiva, (P) pastizal, (PA) plantación agroforestal, (Sab) sabana, (SBC) selva baja caducifolia, (SMSp) selva mediana subperennifolia, (TA) terraza aluvial, (VG) vegetación de galería.

Fuente: Con base en la interpretación de INEGI (1999), INEGI (1995), Imagen landsat TM (2000) y trabajo de campo

Subgeosistema ocupado por las otras clases de coberturas, las cuales representan paisajes de distintos grados de desarrollo -natural o cultural-, de lo cual derivaron cuatro categorías.

- a) Selva cerrada: Se le asignó esta categoría a todos los Subgeosistemas con cobertura de selva baja caducifolia que supera el 15%, y cuyo porcentaje de acahual no rebasa el 70%.
- b) Bosque cerrado: En esta categoría se agruparon todos los Subgeosistemas con cobertura de bosque, de encino o de pino que superara el 14%.
- c) Selva abierta: Esta categoría corresponde a todos los Subgeosistemas cuya cobertura de acahual se encuentra por debajo del 80%.
- d) Selva muy abierta: En esta categoría se agrupan los Subgeosistemas con cobertura de acahual que supera el 90%.

2.3 Síntesis ambiental y taxonomía de paisajes

Se procedió a dividir el área de estudio en unidades jerárquicas, a partir de la integración de los datos obtenidos para las diversas variables recabadas en el análisis macro y mesoestructural (Cuadro 1.7). De esta forma, en el caso de los Subgeosistemas la tipología se forma de cinco elementos clave:

- a) Forma del relieve
- b) Litología
- c) Rango altitudinal
- d) Morfología de laderas
- e) Cobertura vegetal representativa

Cuadro 1.7 Síntesis de las características morfológicas por Subgeosistema

Núm.	Subgeosistema	Area			Características morfológicas			
		(km2)	(%)	Altitud (m)	Litología	Morfología	Pendiente (Grados)	Energía del relieve
1	Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	56.51	4	1000-1500	Caliza	Crestas	15-45	147.69
2	Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	117.71	9	1000-1500	Granito	Crestas	15-45	178.24
3	Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado	12.21	1	1000-1500	Gneis	Crestas	5-30	150
4	Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	62.02	5	1000-1500	Granito / Granodiorita	Crestas	5-30	116
5	Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado	18.34	1	500 - 1000	Toba	Crestas	15-45	116
6	Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	181.08	14	500 - 1000	Gneis	Crestas	5-30	103
7	Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	75.47	6	500-1000	Granodiorita	Crestas	5-30	105
8	Montaña Baja Moderada de Marmol con Selva muy Abierta	8.24	1	500 - 1000	Mármol	Crestas	0-15	60
9	Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	8.03	1	500 - 1000	Granito	Crestas	15-45	356
10	Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	2.58	0	300-500	Gneis	Crestas	5-30	170
11	Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	8.30	1	300-500	Granodiorita	Colinas y Crestas	5-30	82
12	Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva muy Abierta	4.17	0	300-500	Granito / Granodiorita	Crestas	5-30	63
13	Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	13.60	1	200-400	Granodiorita	Cresta	5-30	108
14	Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva muy Abierta	40.56	3	300-700	Granito / Granodiorita	Colinas y Crestas	0-15	50
15	Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva muy Abierta	102.74	8	300-600	Gneis	Colinas y Crestas	5-30	51
16	Lomerío Alto Moderado de Gneis con Bosque Cerrado	38.46	3	300-600	Gneis	Colinas y Crestas	0-15	40
17	Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta	31.61	2	300-600	Granito	Colinas y Crestas	0-15	44
18	Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta	94.61	7	300-600	Granodiorita	Colinas	0-15	37.6
19	Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	329.10	25	100-300	Gneis	Colinas	0-15	57.37
20	Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	51.30	4	60-100	Gneis	Colinas	0-5	31
21	Llanura Aluvial con Selva cerrada	75.78	6	0	Aluvial	Llanura	0-5	0

Fuente: Elaboración propia

La correspondencia espacial (en SIG) entre el mapa de coberturas de vegetación y usos del suelo y el correspondiente a las unidades del relieve fue la base para determinar los Subgeosistemas. El criterio de partida consistió en considerar a la unidad del relieve como una síntesis de estructuras abióticas del paisaje (macroestructuras), y lo suficientemente permanente como para servir de base para la delimitación física de sistemas ambientales. De esta forma, el área de cada Subgeosistema es la misma que la de la unidad de relieve que le corresponde. Dado que al interior de cada unidad del relieve existen potenciales y recursos que son homogéneos dentro de ciertos rangos, existe entonces un solo tipo de vegetación natural más desarrollada y unos patrones generales de uso del suelo que se mantienen constantes en toda el área.

En el caso de los Geosistemas, el nombre se derivó de la forma de relieve predominante y su potencial bioclimático.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS MACROESTRUCTURAL

a) Historia Geológica y tectónica regional

Después de la revisión bibliográfica y de las observaciones derivadas del trabajo de campo se encontró que la región bajo estudio se ha visto involucrada, desde fines del Mioceno hasta la fecha (Hernández *et al.*, 1995; De Cserna, 1965; Ortiz, sin publicar) en el cabalgamiento del continente sobre el Océano Pacífico, lo cual provocó que quedara dividida en varios bloques, Esta cabalgadura provocó la tensión vertical en la corteza terrestre y tuvo como consecuencia un sistema perpendicular de fallas y fracturas en la zona de estudio (Hernández *et al.*, 1995). Esta posición de las placas explica que la llanura costera sea tan angosta en el área de estudio y en el Pacífico en general.

La zona de estudio tiene indicios de haber sido la fosa de un área geológica, donde la corteza oceánica se transforma en continental, llamada también eugeosinclinal y que se caracteriza por contener grandes espesores de materiales sedimentarios (De Cserna, 1965).

Este cuerpo sedimentario, formado básicamente por lutitas, quedó dividido en dos grandes bloques, uno de esquistos en el sector norte, y uno de gneis en el sector meridional. De Cserna (1965) afirma que el esquistos es más antiguo que el gneis y que el contacto entre ambos está formado por una de las fallas mencionadas anteriormente. La mitad meridional que abarca prácticamente toda la zona de estudio, se constituye como un macizo metamórfico que sufrió deformación y metamorfismo regional en tiempos premesozoicos, (De Cserna, 1965).

Posteriormente, en el Cretácico tardío, tanto el gneis como los esquistos fueron intrusionados por grandes cuerpos de monzonita cuarcífera. El rumbo de la foliación indica que estos troncos desplazaron un poco a las rocas metamórficas en la parte sur (De Cserna, 1965). En el caso de la zona de estudio se presentan unidades menores de rocas ígneas en la parte central donde prevalecen los cuerpos metamórficos de relieve en su mayoría suave.

Por otro lado, De Cserna (1965) encontró al este de la carretera la presencia de un anticlinal muy amplio que se inclina hacia el NW y en cuyo núcleo aflora la formación Chapolapa, la cual a su vez, se encuentra cubierta por otras rocas sedimentarias que conservan su posición original; el metamorfismo aquí fue de poca intensidad.

Las rocas que datan del Mesozoico indican la presencia de plegamientos, por ejemplo, la formación Morelos se establece en dos grandes anticlinales separados por un sinclinal, donde se encuentra un lomerío y una zona amplia de llanura justo entre los grandes bloques de montañas, graníticas y gneísicas del norte de la cuenca. En esta región están indicadas una gran cantidad de fracturas que son posteriores al Terciario y a la formación de pliegues en las rocas mesozoicas De Cserna (1965).

La secuencia de gneis no presenta variaciones petrológicas tan notables como la secuencia de esquistos, ya que las lutitas que la originaron son homogéneas y se formaron en un ambiente de menor actividad tectónica. Los procesos de subducción entre las placas de Cocos y Norteamérica condicionaron la orientación preferencial NW-SE de la Sierra Madre del Sur (SEPLAP, 1985; Lugo, 1990), y permitieron la formación de grandes zonas sísmicas, con numerosas fallas que en su mayoría tienen conexión con el fondo del océano (Ordóñez, 1946), así como la intrusión de rocas

ácidas (rocas ígneas intrusivas), desde el Cretácico superior y Paleoceno y derrames volcánicos en el Terciario y Cuaternario (López Ramos, 1981).

Debido a que la sierra tiene su origen en diversos eventos geológicos, presenta diferentes características geomorfológicas y litológicas de acuerdo con la sección de la que se trate (SPP, 1982; López-Ramos, 1981). La sección meridional de la sierra a la que pertenece el área de estudio está constituida por afloramientos de antiguas rocas metamórficas del Paleozoico, rocas calizas cretácicas que fueron parcialmente afectadas por deformación y metamorfismo regional durante tiempos premesozoicos, cuerpos batolíticos del Mesozoico Superior y del Cenozoico (SPP, 1982), así como depósitos piroclásticos que evidencian la dinámica extrusiva en un pequeño sector de la cuenca. De esta forma, las secuencias volcánico-sedimentarias mesozoicas de la zona, así como de gran parte de la Sierra Madre del Sur provienen de la actividad magmática de un límite convergente de placas (SPP, 1982; SEPLAP, 1985), desarrollado en esta porción de la República Mexicana y se ven afectadas por el intemperismo derivado de la variabilidad térmica, que constituye la principal fuente de aporte y transporte sedimentario (Ortiz, sin publicar).

El estudio geológico más detallado para el área es el de De Cserna (1965), el cual consiste en un reconocimiento geológico del tramo entre Acapulco y Chilpancingo. En él se describe la existencia de diversas formaciones geológicas, que posteriormente han sido examinadas más ampliamente por otros autores y que se presentan a continuación de acuerdo con el tiempo geológico al cual corresponden.

Paleozoico

A esta Era Geológica pertenecen los afloramientos del Complejo Xolapa.

a) Complejo Xolapa

Su composición es básicamente metamórfica y consiste en esquistos y gneises de biotita, con algunos horizontes de cuarcita, mármol cipolino y pegmatitas (López-Ramos, 1981; SPP, 1982). Aunque su posición estratigráfica no ha podido ser definida

con exactitud, De Cserna (1965) menciona que este complejo data de la Era Paleozoica (Cámbrico a Devónico), ya que subyace prácticamente al resto de las formaciones del área que tienen su origen en eventos ocurridos en el Mesozoico, además de que no se sobrepone a rocas sedimentarias del Paleozoico. Es probable que las rocas originales de este complejo fueran areniscas arcillosas o rocas ígneas ácidas antiguas (Ortiz, sin publicar). Ortega *et al.* (1977) suponen que este complejo es parte de una faja de alta presión y temperatura que corresponde a las raíces de un antiguo arco volcánico y que se formó por el ascenso y emplazamiento de magma y a la fusión y magmatización de la corteza terrestre.

Mesozoico

A esta era pertenecen los afloramientos de las formaciones Chapolapa y Morelos, además de diversos cuerpos ígneos intrusivos.

a) Formación Chapolapa

Está constituida por una serie de capas rojas formadas por conglomerados, tobas, areniscas y lutitas que, de acuerdo con De Cserna (1965) datan del post Triásico-tardío al Jurásico-temprano, aunque López-Ramos (1981) encontró que los sedimentos más antiguos del último período que la cubre corresponden al Jurásico medio. En el área de estudio se encuentra cubierta por la Formación Morelos (López – Ramos, 1981; De Cserna, 1965) y, de acuerdo con Ortiz (sin publicar) su origen es la depositación riftogenética de apertura continental.

b) Formación Morelos

Esta constituida por una secuencia de calizas y dolomitas en capas gruesas, que en conjunto pueden tener un espesor aproximado de 800 m y de acuerdo con Fries (1960) corresponde a un depósito de ambiente de plataforma somera. En la parte meridional de su área de distribución (región que abarca el área de estudio) disminuye su espesor debido a una menor acumulación original y a la erosión que aconteció al final del Cretácico (De Cserna, 1965; Fries, 1960). Esta Formación tiene sus orígenes en el Albiano inferior del período Cretácico por lo que cubre, tanto a la Formación Chapolapa como al Complejo Xolapa.

c) Rocas ígneas intrusivas

Esta unidad esta formada por cuerpos batolíticos de granito, granodiorita, diorita, dacita, cuarcita y monzonita, además de casi todas las representativas del grupo ácido. Deben su origen a los procesos geotectónicos que todavía ocurren en las zonas de contacto entre las placas de Norteamérica, Cocos y del Pacífico. De Cserna (1965) decidió llamarlos troncos y no batolitos porque no tienen relación alguna con el cuerpo que los envuelve, como sucede generalmente con los cuerpos de la segunda categoría. El principal de ellos es el denominado tronco de Xaltianguis, que se emplazó a principios del Cretácico tardío y se encuentra conformado principalmente por monzonita cuarcífera. Otra estructura intrusiva importante en el área es el tronco de Acapulco, formado en su mayor parte por granito y es más antiguo que el primero por algunos millones de años. También existen algunos diques y diquestratos de diorita que no han podido ser datados con precisión, aunque se piensa que una parte de ellos emergieron en el Cuaternario.

Cenozoico

A este tiempo corresponden los afloramientos de la Formación Papagayo, así como los depósitos sedimentarios cuaternarios y actuales, que se distribuyen en la costa y en los fondos de barrancos, principalmente.

a) Formación Papagayo

La conforman una serie de derrames piroclásticos y derrames de lava de composición riolítica, los cuales se encuentran interestratificados con tobas. De Cserna (1965), después de diversos estudios estratigráficos y radiométricos, le asigna a esta Formación una edad miocénica. En el caso del área de estudio abarca una superficie relativamente pequeña de la porción inferior con un espesor máximo de 300 m.

b) Depósitos aluviales del Cuaternario y actuales

Los depósitos más recientes en el área de estudio son de tipo aluvial y afloran, tanto en el fondo de algunos barrancos principales, como en la llanura del río principal y en el área de la costa. La distribución de estos materiales es muy selectiva puesto que la mayor parte de los escurrimientos todavía son jóvenes y se encuentran en un proceso de erosión activa (De Cserna, 1965).

3.2 UNIDADES DE RELIEVE

a) Altimetría

Después de obtener los nueve rangos altitudinales presentes en la zona de estudio, se encontró que el mayor porcentaje del área (54.93) se encuentra ocupada por relieves de tipo plano, como lo son los lomeríos medios y bajos y la llanura aluvial (Cuadro 1.8), mientras que los menos representados son las crestas y las cuencas, lo cual se explica por la historia geológica del área de estudio, que se caracteriza por una relativa calma en los últimos períodos de formación, la presencia de montañas se debe a las intrusiones ígneas que son los últimos vestigios de actividad tectónica en el área.

Cuadro 1.8. Altitud por unidad de relieve

Unidad de relieve	Rango altitudinal	Área (ha)	Area (%)
Montaña Media	1000 – 1500	24845.68	18.65
Montaña Baja	500 – 1000	28119.65	21.10
Submontaña	300 – 500	2307.49	1.73
Cresta	200 – 400	722.95	0.54
Cuenca	300 – 700	4055.60	3.04
Lomerío Alto	300 – 600	27440.68	20.59
Lomerío Medio	100 – 300	33041.46	24.80
Lomerío Bajo	60 – 100	5129.54	3.85
Llanura Aluvial	0	7578.45	5.69

Fuente: Con base en G. Bocco *et al.* (1999); INEGI (1999); Hernández-S. *et al.* (2004).

b) Energía del relieve

El valor más bajo de energía del relieve en el área de estudio es de 20 m (frecuente en el área de lomeríos) y el máximo de 580 m que se obtuvieron en la submontaña muy abrupta de granito. Como la morfología del terreno está compuesta en su mayoría de lomeríos, la mayor parte de las muestras se distribuyen entre los 20 y 80 m. Los datos más altos se presentaron principalmente en la zona de montañas y submontañas, aunque en muy pocos casos sobrepasan los 180 m (Cuadro 1.9).

c) Pendiente del terreno

La pendiente es un factor que tiene una estrecha relación con la energía del relieve y se considera complemento del mismo, por lo tanto, el comportamiento de ambas variables deja ver tendencias similares (Cuadro 1.10). Se encontró que la superficie ocupada por rangos de pendientes altas son escasos y en su mayoría se distribuyen en Subgeosistemas que se caracterizan por tener los niveles de energía del relieve más altos, también es importante resaltar que la mayor parte de la superficie presenta pendientes por debajo de los 30°.

Cuadro 1.9: Energía del relieve por subgeosistema
Número de muestras en unidad del paisaje por rango altitudinal

Sistema de paisaje/Energía de relieve en m.	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	340	460	560	580	Dato max.	Dato min.	Promedio	Rango
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	0	0	0	3	3	1	1	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	340	80	147.69	50 - 150
Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	0	0	1	3	1	3	1	2	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	300	60	178.24	>150
Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	120	150	50 - 150
Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	0	0	3	4	5	3	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	280	60	116.67	50 - 150
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado	0	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	80	116.67	50 - 150
Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	0	2	3	7	4	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	40	103.2	50 - 150
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	0	2	8	5	7	4	2	1	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	260	40	105.88	50 - 150
Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva muy Abierta	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	40	60	50 - 150
Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	580	100	356.36	>150
Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	240	100	170	50 - 150
Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	0	0	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	60	82	50 - 150
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	40	63.33	50 - 150
Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	0	0	4	3	1	4	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	60	108.89	50 - 150
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva muy Abierta	0	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	40	50	35 - 50
Lomerio Alto Abrupto de Gneis con Selva muy Abierta	6	19	16	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	20	50	35 - 50
Lomerio Alto Moderado de Gneis con Bosque Cerrado	2	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	20	40	35 - 50
Lomerio Alto Moderado de Granito con Selva Abierta	3	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	20	44	35 - 50
Lomerio Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta	8	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	20	37.6	35 - 50
Lomerio Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	8	42	54	22	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	20	57.37	35 - 50
Lomerio Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	20	31.43	>35

Fuente: Con base en INEGI (1999).

Cuadro 1.10: Pendiente por unidad de relieve

Sistema de paisajes/Pendiente (Grados)						Rango
	0-5	5-15	15-30	30-45	45-90	Promedio*
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza	2.92	11.19	22.00	17.06	3.37	15-45
Montaña Media Muy Abrupta de Granito	3.14	24.52	52.83	33.83	3.45	15-45
Montaña Media Abrupta de Gneis	1.18	4.96	4.77	1.22	0.04	5-30
Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita	3.77	21.85	27.18	8.90	0.33	5-30
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba	0.58	4.01	8.19	4.94	0.63	15-45
Montaña Baja Abrupta de Gneis	12.22	56.09	79.02	31.80	1.94	5-30
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita	8.94	33.66	26.21	6.42	0.23	5-30
Montaña Baja Moderada de Mármol	4.27	3.29	0.62	0.05	0.00	0-15
Submontaña Muy Abrupta de Granito	0.17	1.73	4.01	2.04	0.08	15-45
Submontaña Abrupta de Gneis	0.06	0.68	1.18	0.63	0.02	5-30
Submontaña Abrupta de Granodiorita	1.16	3.87	2.72	0.54	0.01	5-30
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita	0.54	1.90	1.60	0.13	0.00	5-30
Cresta Abrupta de Granodiorita	2.15	5.52	4.81	1.10	0.02	5-30
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita	15.28	19.77	5.04	0.49	0.01	0-15
Lomerío Alto Abrupto de Gneis	24.58	47.97	25.37	4.63	0.17	5-30
Lomerío Alto Moderado de Gneis	16.07	17.15	4.81	0.42	0.00	0-15
Lomerío Alto Moderado de Granito	7.12	15.66	7.62	1.18	0.03	0-15
Lomerío Alto Moderado de Granodiorita	40.07	42.88	10.35	1.22	0.03	0-15
Lomerío Medio Moderado de Gneis	95.07	160.97	65.49	7.36	0.12	0-15
Lomerío Bajo Suave de Gneis	35.97	13.41	1.83	0.09	0.00	0-5
Llanura Aluvial	62.95	10.93	1.73	0.23	0.01	0-5

*Nota: En negritas se indican los rangos de pendiente que concentran el 75% o más del área de la unidad

Fuente: Con base en INEGI (1999); ITC (2001).

d) Morfología de laderas

Dado que la pendiente y la energía del relieve son considerados como indicadores de la sensibilidad del relieve a la erosión, el análisis de correspondencia entre ambas variables permitió diferenciar distintos tipos de "morfología de laderas", caracterizados por distintos niveles de susceptibilidad del relieve a desarrollar procesos erosivos y en consecuencia a mostrar cambios en los patrones de la cobertura vegetal y los usos de suelo.

Se determinaron cinco clases de morfología de laderas: Muy abrupta, Abrupta, Moderada, Suave y Llanura (Cuadro 1.11). La distribución de las unidades deja ver el predominio de las clases intermedias, aunque con importante representación de las morfologías abrupta y muy abrupta (Fig. 1.4), lo cual se correlaciona con el tipo de litología y la historia geológica de la zona que ha sido explicada con anterioridad.

Cuadro 1.11: Unidades Morfológicas

Clase	Pendiente (grados)	Energía del relieve (m)	Área (ha)	Área (%)
Muy Abrupto	15 – 45	> 110	20059.87	15.06
Abrupto	5 – 30	>50	45386.69	34.06
Moderado	0 – 15	< 60	55086.97	41.34
Suave	0 – 5	< 35	5129.54	3.85
Llanura	<3	0	7578.45	5.69

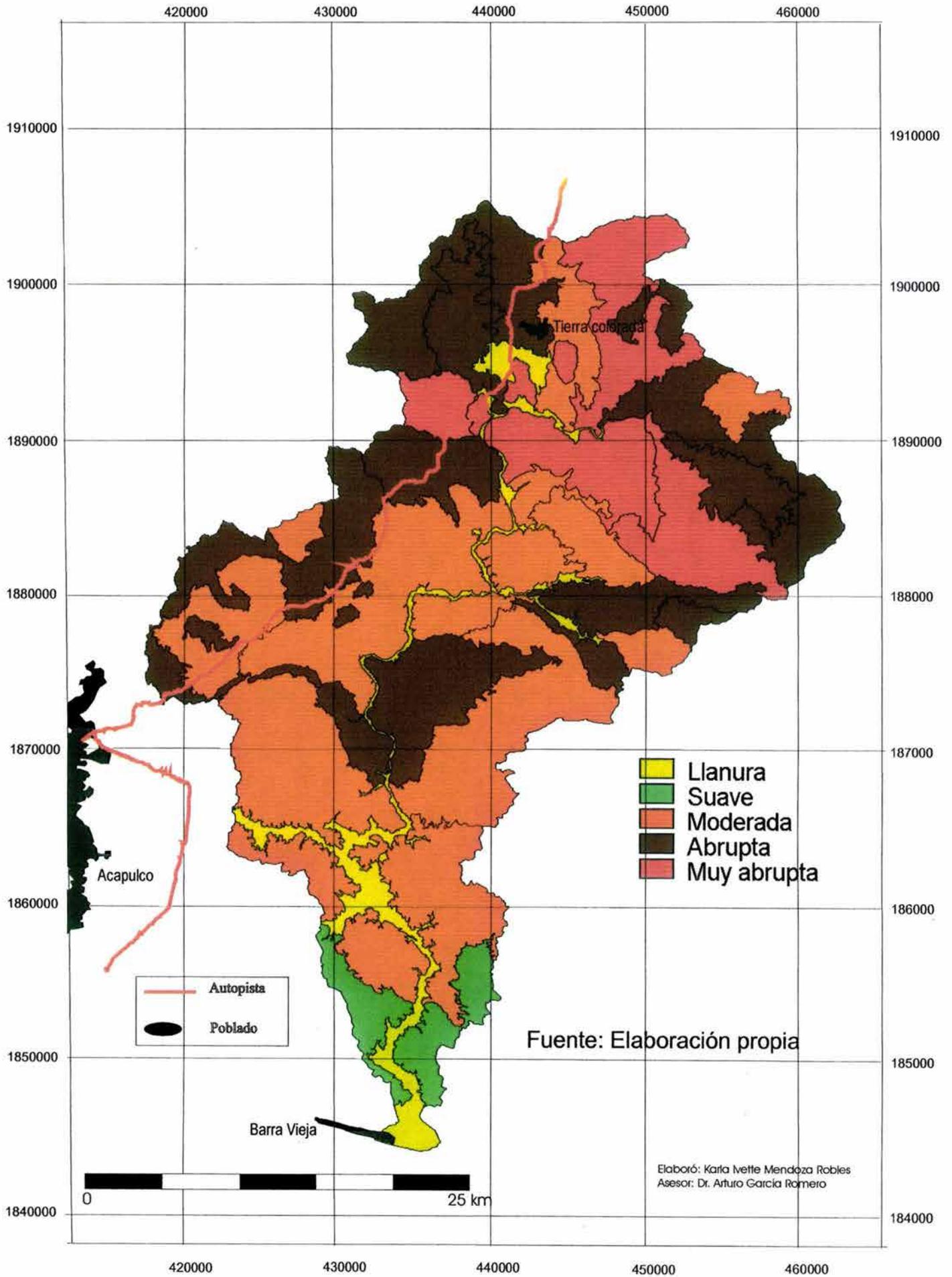
Fuente: Con base en los cuadros 1.9 y 1.10.

e) Litología

La interpretación de los morfoalineamientos y de los patrones del modelado característicos de distintas litologías permitió reconocer el afloramiento en el área de ocho unidades litológicas: gneis, granito, granito/granodiorita, caliza, mármol, toba y aluvi3n con diferente representatividad en el 3rea (Cuadro 1.12).

El grupo de rocas metam3rficas es el m3s representativo del 3rea y se correlaciona con los materiales m3s antiguos, correspondientes a los afloramientos del Complejo Xolapa del Paleozoico (L3pez-Ramos, 1981; SPP, 1982). El gneis es la roca de m3s amplia distribuci3n (Cuadro 1.11). Se forma en condiciones de presi3n y temperatura extremas y derivadas generalmente de la fusi3n y posterior recristalizaci3n, ya sea de rocas 3gneas (ortogneis) o sedimentarias (paragneis) (Ortiz, sin publicar). Al igual que los esquistos, tienden a agrietarse muy f3cilmente a lo largo de sus planos de foliaci3n, lo cual las hace muy susceptibles al desgaste. El m3rmol es otro tipo de roca existente, aunque de distribuci3n escasa y su origen se explica por el metamorfismo de materiales c3lcicos, por lo que es una roca muy suave y se disuelve con facilidad en un per3odo corto de tiempo.

Fig. 1.4 Morfología



El grupo intrusivo está representado por afloramientos de cuerpos (troncos, diques y diquestartos) de granito, diorita y granodiorita que datan del Cretácico y Cuaternario y en la actualidad forman importantes resaltes topográficos en la parte central y alta de la cuenca. El granito es una roca félsica muy abundante en la corteza continental, generalmente tiene su origen en los procesos que forman grandes montañas, es muy resistente a la meteorización y frecuentemente forma el núcleo de las montañas erosionadas. La diorita es una roca menos abundante en la corteza continental, con las mismas características de resistencia que el granito, pero se diferencia en que no tiene cristales de cuarzo visibles. La granodiorita resulta de la combinación de las dos anteriores y se distribuye en la parte centro y noreste de la zona.

La caliza es el único tipo de roca del grupo sedimentario que aflora en el área, sin considerar la relación de este grupo con los materiales aluviales característicos de la desembocadura y las llanuras de las diversas corrientes fluviales. Se le asocia a la Formación Morelos que forma capas gruesas en la parte central de la cuenca. Está compuesta por calcitas derivadas de procesos inorgánicos o como resultado de procesos bioquímicos en ambientes de plataforma somera durante el Cretácico (Tarbuck y Lutgens, 1999).

Finalmente, las tobas derivadas de diversas fases de actividad volcánica que afectaron una pequeña superficie de la cuenca, forman parte de la Formación Papagayo del Mioceno (De Cserna, 1965), y consisten en 300 m de cenizas de arena y lapilli, compactados y cementados, aunque muy susceptibles a la erosión.

Cuadro 1.12: Distribución litológica en el área de estudio

Litología	Área (ha)	Área (%)
Gneis	71798.83	53.84
Granito	15735.79	11.82
Granodiorita	19065.95	14.40
Granito / Granodiorita	10674.21	8
Caliza	5651.33	4.23
Mármol	823.61	0.61
Toba	1833.81	1.37
Aluvión	7578.45	5.68

Fuente: Con base en la interpretación de INEGI (1999) e INEGI (1985a).

3.2.2 Características hidrológicas

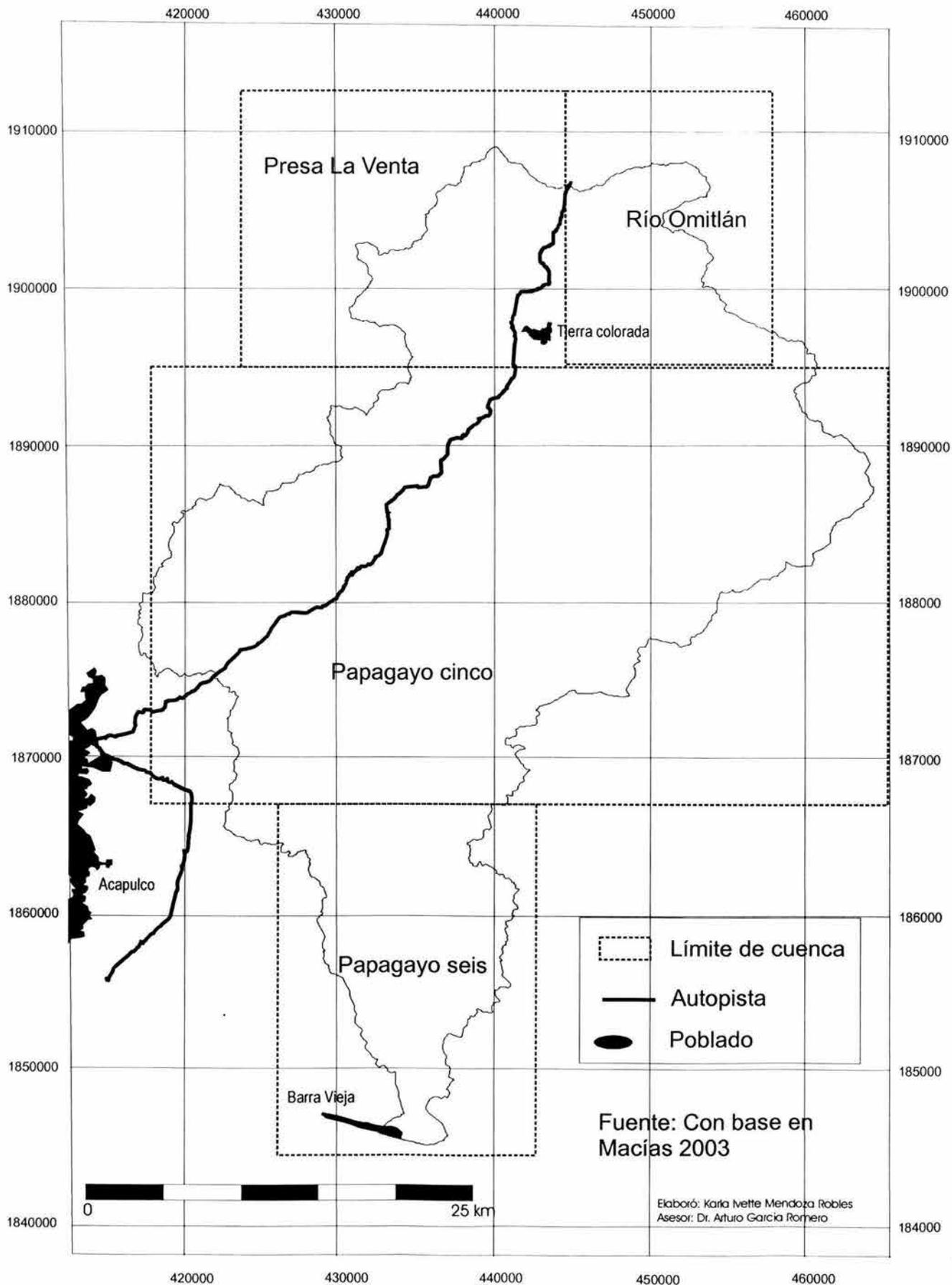
El área de estudio se distribuye en un 40% dentro de la Subcuenca Papagayo cinco y 40% en la Papagayo seis, mientras que el 20% restante coincide únicamente con la porción sur de la Subcuenca Presa La Venta (Fig. 1.5) y con el extremo oriental de la Subcuenca Río Omitlán, por lo que sus características no son relevantes desde un punto

de vista global. Las últimas tres subcuencas tienen similitud en cuanto a los volúmenes comprometido y ecológico, sin embargo, la subcuenca Papagayo cinco reparte un escurrimiento aguas abajo similar a las otras en una superficie dos veces mayor, razón probable de que se encuentre en disponibilidad y no en abundancia (Macías, 2003).

Macías (2003) encontró que las cuencas Presa La Venta y Papagayo seis se encuentran en abundancia y la Papagayo cinco y Río Omitlán con disponibilidad. La autora plantea que el estado de abundancia en el caso de las subcuencas Presa La Venta y Papagayo seis se explica, en el primer caso, por la infraestructura de aprovechamiento de la presa La venta y, en el segundo caso, por su ubicación en la parte sur, donde recibe el aporte de las otras cinco cuencas de estudio.

De las subcuencas Papagayo cinco y seis, en las cuales se encuentra la mayor parte de la superficie se encontró que la primera coincide con todas las unidades

Fig. 1.5 División topológica de las cuencas del área de estudio



compuestas por una morfología de laderas abrupta y muy abrupta, mientras que la Papagayo seis se distribuye en los paisajes de lomeríos y la zona donde la llanura aluvial es más amplia, lo cual contribuye a que esa zona desarrolle una mayor cantidad de paisajes agrícolas y plantaciones agroforestales, como se revelará en el siguiente capítulo.

3.2.3 Cobertura vegetal y usos de suelo

Los Subgeosistemas se encuentran agrupados en cada una de las siguientes categorías de cobertura vegetal:

a) Selva cerrada: Se consideran en esta categoría a seis Subgeosistemas que tienen entre 41% y 70% de Acahual. A excepción de la Llanura Aluvial que ocupa el resto de su superficie en paisajes agrícolas, estos Geosistemas contienen superficies mayores al 15% de Selva baja caducifolia. Algunos Subgeosistemas que tienen un porcentaje bajo de Acahual no se consideran en esta categoría porque corresponden a bosques de pino o de encino (Cuadro 1.6).

b) Bosque cerrado: Se agrupan en esta categoría cinco Subgeosistemas caracterizados por porcentajes de cobertura forestal que superan el 14% de su superficie, ya sea de bosque de pino o de encino. Cabe aclarar que en esta categoría queda comprendida la submontaña muy abrupta de granito, con un porcentaje muy alto de Acahual (80.93%) (Cuadro 1.6).

c) Selva abierta: Incluye a seis Subgeosistemas caracterizados por altos porcentajes de Acahual (del 72% al 78%), excepto en el caso de la submontaña muy abrupta de granito, la cual contiene un alto porcentaje de bosque (18.5%) en comparación con el resto de los Subgeosistemas (Cuadro 1.6)

d) Selva muy abierta: Se agrupan en esta categoría cuatro Subgeosistemas, caracterizados por coberturas de Acahual que superan el 81% (Cuadro 1.6).

e) Selva cerrada y cultivos: En esta categoría se considera al Subgeosistema de la Llanura Aluvial que, independientemente del bajo porcentaje de Acahual (44.59%), se

define mejor por ser el Subgeosistema con el más alto porcentaje de superficie ocupada por cultivos (28%) (Cuadro 1.6).

3.4 Síntesis ambiental y taxonomía de paisajes

Los resultados finales revelaron que el área se encuentra formada por 3 Geosistemas y 21 Subgeosistemas que se distribuyen de la siguiente forma: a) Geosistema de la Montaña Granítica con Bosques Templados (14 Subgeosistemas), b) Geosistema de Lomeríos con Selva Baja Caducifolia (6 Subgeosistemas) y, c) Geosistema de la Llanura Aluvial (1 Subgeosistema).

1.4.2.1 Geosistema de la Montaña Granítica con Bosques Templados

El área de montaña queda definida entre 500 y 1500 m, su litología es variada y se relaciona con el ascenso de cuerpos intrusivos de granito y granodiorita que afloran en el área y otros substratos de caliza y gneis que resultaron levantados y plegados tras el ascenso de los batolitos. Los paisajes de montaña están preferentemente relacionados con afloramientos de rocas ígneas intrusivas (granito) que abarcan el área más extensa (31.81%), le siguen los de origen metamórfico (14.7%) y sedimentario (4.2%) y otros afloramientos litológicos, como es el caso de los paisajes de toba y mármol, apenas ocupan el 1.9%. Se incluyen dentro de esta unidad las crestas de granito que corresponden a elevaciones pronunciadas de forma alargada que se levantan aisladas sobre los lomeríos bajos de la mitad sur de la cuenca. Esta distribución se debe a que los materiales intrusivos presentan alta resistencia a la erosión, por lo que constituyen el cuerpo principal de las elevaciones montañosas. Como las altitudes permiten una transición hacia un clima templado, la vegetación es variada e incluye como principales formaciones a la Selva Baja Caducifolia y los Bosques Templados, los cuales se constituyen como el elemento diferenciador de la unidad.

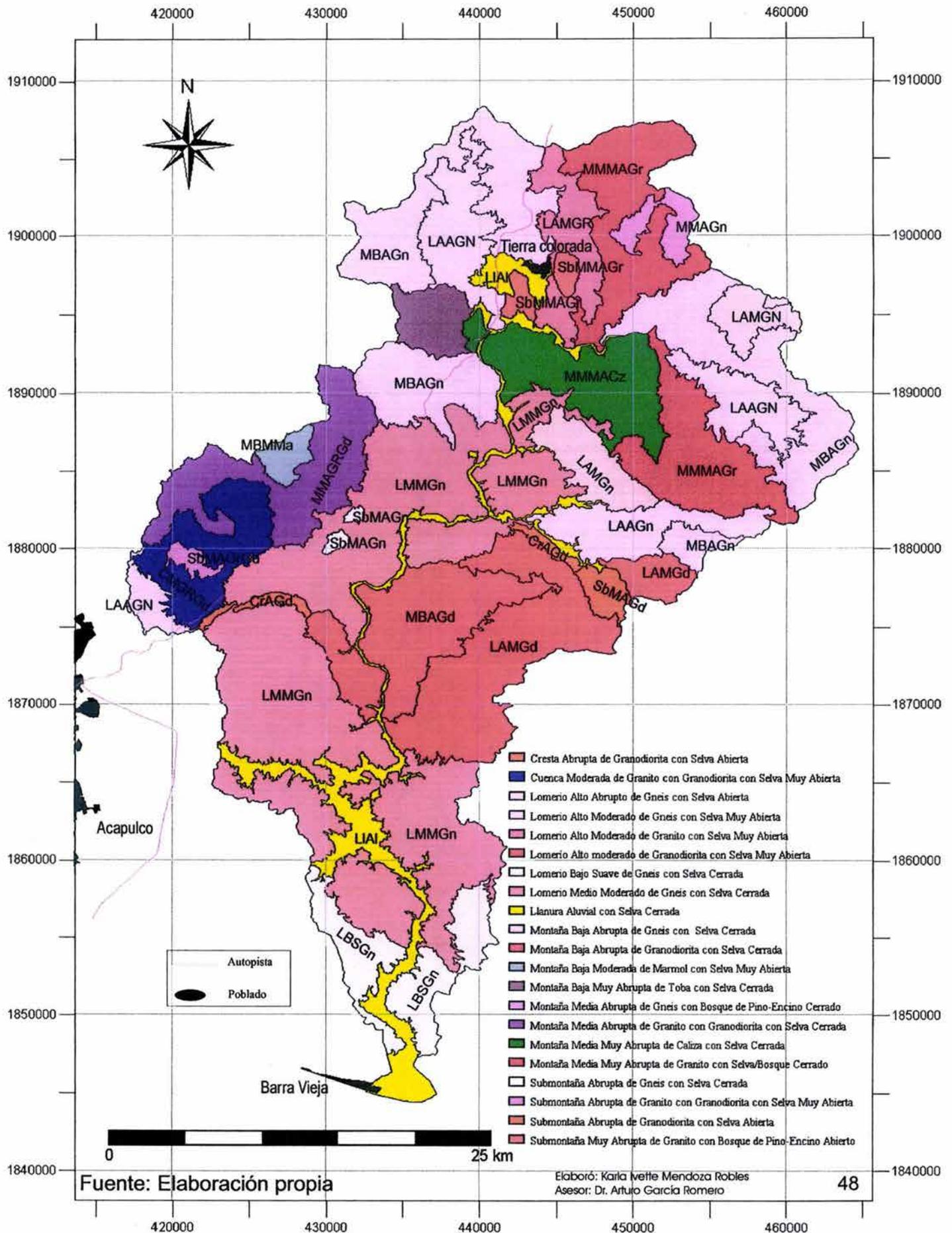
Se consideran dentro de este grupo los siguientes catorce Subgeosistemas: (Fig. 1.6)

- a) Montaña media muy abrupta de caliza con selva cerrada
- b) Montaña media muy abrupta de Granito bosque cerrado
- c) Montaña media abrupta de gneis con bosque cerrado
- d) Montaña media abrupta de granito/granodiorita con selva abierta
- e) Montaña baja muy abrupta de toba con bosque cerrado
- f) Montaña baja abrupta de gneis con selva cerrada
- g) Montaña baja abrupta de granodiorita con selva abierta
- h) Montaña baja moderada de mármol con selva muy abierta
- i) Submontaña muy abrupta de granito con bosque cerrado
- j) Submontaña abrupta de gneis con selva cerrada
- k) Submontaña abrupta de granodiorita con selva abierta
- l) Submontaña abrupta de granito/granodiorita con selva abierta
- m) Cresta abrupta de granodiorita con selva abierta
- n) Cuenca moderada de granito/granodiorita con selva muy abierta

En todos estos Subgeosistemas la morfología de las laderas es abrupta o muy abrupta, con pendientes que alcanzan los 45° y energía de relieve que con frecuencia supera los 100 m, razón por la cual la accesibilidad se complica y permite el predominio de áreas forestales que forman grandes fragmentos. Destaca dentro del conjunto el Subgeosistema de la Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta, el cual está formado por tres cuencas hidrográficas que confluyen en la cuenca y abarcan una superficie considerable (40.56 km²) que presenta los mismos procesos de laderas como para considerarla una entidad independiente dentro del contexto de montaña.

El área de montaña se distribuye básicamente en la zona centro y sur de la cuenca, de acuerdo con las observaciones en campo y a las interpretaciones de las imágenes de satélite, las montañas muy abruptas localizadas en la parte norte coinciden con las coberturas vegetales mejor conservadas, a pesar de que los procesos de ladera tienden a desarrollarse con mayor intensidad pues son de acceso restringido para el desarrollo de actividades económicas o de algún asentamiento humano.

Fig. 1.6 Subgeosistemas



De manera general, las montañas ubicadas en la parte central que son en su mayoría bajas o pertenecen a la categoría de submontañas con morfología moderada y abrupta presentan una cobertura poco conservada (selva abierta y muy abierta). Se encuentran más vinculadas a los asentamientos humanos y se suma a los procesos de explotación intensiva de los recursos una mayor fragilidad, incluso la Montaña Baja de Toba presenta una alta degradación en la ladera sur, la cual es muy contrastante con la ladera norte, cuyos altos valores de vegetación conservada son suficientes para dar a este Subgeosistema la categoría de Selva cerrada.

1.4.2.2 Geosistema de los Lomeríos de Gneis con Selva Baja Caducifolia

Se extienden por debajo de los 500 m y se caracterizan por tener una forma circular y no alargada, la mayor parte de ellos corresponden a una litología de gneis y de morfología moderada y suave, con pendientes en su mayoría por debajo de los 30° y energía del relieve por debajo de los 50m El origen de estas unidades proviene de la disección de antiguas planicies levantadas y plegadas.

Los Subgeosistemas incluidos en este grupo son: (Fig. 1.6)

- a) Lomerío alto abrupto de Gneis con selva muy abierta
- b) Lomerío alto moderado de Gneis con bosque cerrado
- c) Lomerío alto moderado de Granito con selva abierta
- d) Lomerío alto moderado de Granodiorita con selva abierta
- e) Lomerío medio moderado de Gneis con selva cerrada
- f) Lomerío bajo suave de Gneis con selva cerrada

En comparación con los Subgeosistemas montañosos, los altos porcentajes de ocupación se explican por una accesibilidad que resulta de una mayor proximidad a la costa y una morfología más suave de las vertientes, lo cual permite el desarrollo de diversas actividades económicas, principalmente agricultura y ganadería.

La categoría de selva cerrada que se le da al lomerío bajo y lomerío medio se explica porque la selva baja caducifolia tiene mayores posibilidades de desarrollo en relieves suaves, pero aun así no se encuentra en las mejores condiciones, las observaciones

en campo revelaron que en general la selva encontrada en el Geosistema anterior presenta una mejor estructura y fisonomía.

Se podría decir que el Subgeosistema de Lomerío Bajo de gneis está muy relacionado con el de Llanura debido a que ambas morfologías son muy parecidas y facilitan el desarrollo Socioeconómico de la región, a pesar de que otras características Socioeconómicas no han permitido un crecimiento muy amplio de la agricultura y la ganadería.

Resalta por su ubicación en la parte norte el Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Muy Abierta que ha permitido la existencia de Tierra Colorada, uno de los asentamientos más importantes en la cuenca, beneficiado por la cercanía a la parte del Subgeosistema de Llanura y al límite con la Montaña Media Abrupta de gneis con Bosque de Pino Encino cerrado.

1.4.3.3 Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería

Este Geosistema comprende un solo Subgeosistema, (1.7), el de la Llanura aluvial con selva cerrada y en el cual se incluyen las diversas formas de terraza aluvial derivadas de la acumulación de sedimentos en el curso medio y bajo del río Papagayo. La cobertura del área consiste de un 9% de selva cerrada que se forma en relación con antiguos abanicos de detritos en las laderas, pero de morfología llana y en muchos casos relacionados con la dinámica hidrológica de la Llanura, razón por la cual los abanicos se incluyeron en los límites de esta unidad. Otro aspecto importante es que esta cobertura presenta un bajo porcentaje de acahual en relación con los otros Subgeosistemas (44.59%); debido a que es el Subgeosistema con el porcentaje más alto de superficie ocupada por paisajes agrícolas (29%).

Este Subgeosistema representa una gran importancia para el desarrollo económico de la región, su presencia marca la diferencia entre la existencia de asentamientos humanos y la intensidad de la explotación de los recursos; los dos ejemplos más contrastantes se dan entre la parte sur, donde el río ha formado una llanura muy ancha con desarrollo agroforestal, y en el área norte donde, debido a la naturaleza de los materiales no se observa la formación de una llanura propiamente y no existen

plantaciones agroforestales, a excepción del límite con el lomerío Alto Moderado de Granito, donde también hay un desarrollo de la llanura y se forma una superficie significativa de pastos.

Capítulo II. Estructura del paisaje

1 ANTECEDENTES

1.1 Concepto de Paisaje Elemental y su relación con la estructura del paisaje

El paisaje presenta por sí mismo una heterogeneidad en la vegetación que está ligada a las características ambientales, los procesos ecológicos y los disturbios de origen natural y antrópico. Como estos aspectos son únicos en cada territorio, el paisaje tiene como una de sus propiedades más importantes una estructura o arreglo espacial que le es inherente y cuyo equilibrio es fundamental para la regulación de sus características ecológicas (García-Romero, 2002; Brokaw, 1998; Maass y Correa, 2000).

El estudio de los Paisajes Elementales tiene como objetivo determinar la disposición de la vegetación a nivel del área de estudio y al interior de los Subgeosistemas del Paisaje, como base para explicar su calidad, estructura y fragilidad. Para contextualizar al concepto en el marco de la Geoecología del Paisaje, es necesario explicar la relación con otros enfoques y sistemas taxonómicos que se han tenido sobre la dinámica del paisaje.

Para el método conocido como Análisis Integrado de Paisajes (Bertrand, 1968), cuyo Sistema de Clasificación taxonómico-corológico incluye seis niveles de integración ambiental (Zona, Dominio, Región Natural, Geosistema, Geofacies y Geotopo), el Paisaje Elemental corresponde a la Geofacies o paisaje homogéneo que resulta de la configuración específica entre una comunidad vegetal, el suelo y el uso del suelo - como indicador del tipo de aprovechamiento que representa la Geofacies (Bolós, 1975). El estudio de las Geofacies tiene como objetivos identificar y evaluar paisajes homogéneos que representan distintos grados de desarrollo, así como determinar su posición dentro de la dinámica funcional del Geosistema (García-Romero, 2003; Bolós, 1992). En el área de estudio, algunos ejemplos de Geofacies son los campos de cultivo que se abren tras la tala y/o quema de la selva para el desarrollo de la producción agrícola, así como los acahuales que representan el abandono de la actividad agrícola y la recuperación silvestre de los contenidos bióticos del territorio.

Diversas fuentes señalan que el origen de las Geofacias se debe a procesos de disturbio o a la regeneración -post-disturbio- que involucran la transmisión de energía, materia e información dentro del Geosistema (Bolós, 1992). Estos aportes de energía se dan de forma heterogénea en el territorio y provienen de diversas fuentes, tanto de tipo natural (como la derivada de un derrumbe), como antrópica (por ejemplo, la aplicación de cierto tipo de fertilizantes) (Ortiz, sin publicar). La disminución o el aumento de cualquier tipo de energía conducen a la transformación de los contenidos y estructuras internas del Geosistema, lo cual se manifiesta con la aparición o eliminación de Geofacias. Por lo general, se entiende que la pérdida de la riqueza en los paisajes es proporcional a la intensidad del disturbio (Bolós, 1992).

Un ejemplo claro de la homogeneidad paisajística en el área de estudio es la que resulta de la excesiva expansión de los acahuales y la consecuente simplificación de la diversidad ambiental. Los paisajes de acahual abarcan más del 60% del área total y en su distribución influyen, tanto las variables ambientales de las que depende la distribución del Geosistema de la selva, como diversas actividades antrópicas (ramoneo intensivo, extracción de leña, quemadas, etc.).

De esta forma, las Geofacias se definen por la diversidad de contenidos naturales y culturales dentro del Geosistema. Las mejor conservadas se dan por límites naturales, como pueden ser los contactos entre formas del relieve y las formaciones vegetales, mientras que las Geofacias culturales deben su formación a causas antrópicas, como el desarrollo de una zona agrícola o una ganadera (Forman y Godron, 1986; Bolós, 1992). En este sentido, las Geofacias no tienen superficies iguales, ya que la dinámica de los procesos que las forman, es decir, la entrada, salida o desaparición de las diferentes energías de origen natural o cultural, se puede presentar tanto en pequeñas como en grandes extensiones del territorio.

Para el estudio de la fragmentación espacial se consideró emplear las propuestas desarrolladas en la Ecología de Paisaje, disciplina que se ha interesado por los conceptos y métodos propios para el análisis espacial de la estructura del paisaje a escala media. El criterio de partida consistió en analizar las características de los fragmentos del paisaje (forma, tamaño, conectividad, etc.), pero sin dejar de lado el significado funcional de los fragmentos dentro de la estructura jerárquica de la

clasificación y, por lo tanto, se les consideró como áreas que revelan alguno de los estados evolutivos del Subgeosistema al que pertenecen.

Para la Ecología del Paisaje, el paisaje corresponde a un sistema territorial complejo y compuesto por un conjunto de paisajes menores o “parches” funcionales que interactúan todo el tiempo y de cuyas relaciones depende la dinámica del paisaje. Los parches se definen por una comunidad vegetal que aprovecha los recursos geomorfológicos y climáticos, además de responder a un mismo tipo de perturbación (Farina, 1996; Forman y Godron, 1986; Durán *et al.*, 2002).

Todos los paisajes tienen una estructura o mosaico constituido por parches y corredores contenidos en una matriz, de tal manera que también se propone la subdivisión horizontal del territorio en geocoras. El objetivo es explicar la estructura y la función de las diferentes unidades que integran al paisaje así como los cambios que se generan en ellos (Bólós, 1992; Durán *et al.*, 2002; Forman y Godron, 1986). Aunque los procesos de integración y síntesis de los componentes ambientales que forman al paisaje no son tan completos como en el caso de la propuesta metodológica del Análisis Integrado de Paisajes, el interés por este enfoque está en aplicarlo para explicar las relaciones espaciales entre las distintas unidades del paisaje, es decir, la distribución de energía, materiales e información, en relación con los tamaños, formas, números y configuración de los parches (Forman y Godron, 1986, Farina 1998).

Los parches son áreas homogéneas, que difieren de la superficie que los rodea en contenido, apariencia, tamaño, forma, origen, etc. Pueden también definirse como una combinación particular de especies tanto vegetales como animales, así como por la ausencia casi absoluta de cualquier forma de vida, como en el caso de una duna en un desierto arenoso (Forman y Godron, 1986; Farina, 1998). Los parches se clasifican en tres tipos:

Los parches naturales son aquellos que resultan de la fragmentación de ecosistemas, como es el caso, en el área de estudio, de los parches de selva baja caducifolia. Los parches Introducidos son aquellos que se derivan de las actividades humanas, como es el caso de los asentamientos humanos y los diversos paisajes agrícolas. Finalmente, están los parches que se forman por los cambios naturales de la

disposición de recursos, como es el caso de la selva mediana perennifolia y la vegetación de galería que se distribuyen en los fondos húmedos y umbrosos de algunos barrancos (Farina, 1996; Forman y Godron, 1986).

Los corredores son áreas estáticas y de morfología alargada que se conectan con otras áreas (parches y matriz), por lo que su función consiste en servir de comunicación entre diferentes tipos de paisajes. A su vez, son microambientes que se distinguen por tener estructuras y contenidos comunes. En concreto, estas unidades permiten el flujo de especies y por lo tanto, influyen en la recuperación de áreas perturbadas, pero también en la expansión de especies depredadoras y animales domésticos, no favorables a la regeneración de la vegetación (Farina, 1996; Forman y Godron, 1986).

La matriz es el tipo de parche dominante y que tiene mayor conexión con el resto de las unidades, por lo que juega un papel predominante en la dinámica y función del paisaje. De ella depende el grado de conectividad entre los parches y corredores, por lo que influye en la jerarquía de los procesos y patrones formadores del paisaje (Farina, 1996; Forman y Godron, 1986).

De esta forma, en la presente investigación los Paisajes Elementales son interpretados como funcionalmente equivalentes, tanto al parche ambiental utilizado en Ecología del Paisaje, como a la Geofacies utilizada en el Análisis Integrado de Paisajes. García-Romero (sin publicar) los define como: "las unidades básicas que resultan de la fragmentación de áreas naturales debido en ocasiones a procesos de carácter natural, por lo general asociados a la dinámica de vertientes y erosión intensa del suelo y, en otros casos resultan de las actividades humanas". El estudio de los Paisajes Elementales tiene como objetivo determinar la estructura al interior de los Subgeosistemas como base para explicar su composición, estructura y calidad.

1.2 Consideraciones teóricas acerca de la Fragmentación

Entre los métodos más difundidos para el análisis de la estructura y dinámica del paisaje y que se aplica tanto a los hábitats como a las poblaciones es el de la fragmentación, la cual de acuerdo con Burel y Braudy (2002) se define como: *“un proceso dinámico de reducción de la superficie de un hábitat y su separación en varios fragmentos, con consecuencias sobre la estructura y funcionalidad del sistema ambiental en su conjunto”*.

La fragmentación tiene también como consecuencia una pérdida significativa de la biodiversidad, puesto que desaparecen especies animales que necesitan superficies extensas para poder llevar a cabo sus funciones vitales. Se alteran los procesos de dispersión de semillas y la polinización de especies vegetales, además de que los procesos de competencia por luz, minerales, etc. se agudizan, lo cual provoca la pérdida de especies que son sensibles a cambios en el ambiente (Altieri, 1999; Brokaw, 1998; Bennett, 1999).

Por lo anterior se considera que el análisis de la fragmentación es una importante herramienta del análisis paisajístico. Sus consecuencias sobre el ambiente son tan graves que, aun en el mejor de los casos, por ejemplo, cuando se llevan a cabo programas de recuperación de áreas perturbadas por un proceso de fragmentación, los potenciales naturales nunca serán como los originales y las posibilidades de recuperación también dependen en gran medida de las especificidades del proceso de fragmentación que las hayan afectado (Farina, 1996; Ritters, 2002).

1.3 Consideraciones teóricas acerca de la calidad fisonómica

De acuerdo con el Ministerio del Medio Ambiente de España (MMA, 2000), la vegetación ha sido considerada como uno de los indicadores principales que definen la Calidad visual del paisaje y su estudio bien estructurado es de gran utilidad para reconocer en ella cambios reales del comportamiento funcional del paisaje en el área de interés.

De manera ya tradicional, la Calidad Visual del Paisaje se obtiene a través de métodos que se apoyan en la percepción visual del individuo a través de la consideración de los valores estéticos que posee y, por lo tanto, están afectados por aspectos subjetivos e inherentes al estado de ánimo, la edad, las experiencias, la cultura, etc., de las personas (MMA, 2000).

Debido a que la presente investigación pretende generar un conocimiento objetivo del territorio, el estudio de la Calidad Visual del Paisaje toma en cuenta aspectos estructurales de la vegetación, los cuales no dependen de la subjetividad inherente a la percepción de los individuos. Dado que este aspecto se refiere a la fisonomía o al aspecto exterior del paisaje, se optó por utilizar el término de Calidad Fisonómica y no Calidad Visual, puesto que, aunque se refiere a un aspecto percibido que se tuvo de la vegetación su valoración se da por métodos cuantitativos y no subjetivos.

En el área de estudio, el alto grado de la transformación del ambiente natural debido a la introducción de la agricultura y la ganadería extensiva, hace suponer altos niveles de deterioro ambiental que afectan la calidad visual de la vegetación y del paisaje. Esta situación, no sólo afecta la percepción, sino que compromete la permanencia de los espacios naturales, por lo que se ha considerado fundamental reconocer y evaluar la Calidad Fisonómica de todas las clases de Paisajes Elementales.

2 Metodología

2.1 Cartografía de los Paisajes Elementales

La diagnosis descriptiva del paisaje, elaborada a partir de los distintos métodos e instrumentos que interrelacionan los resultados del análisis de sus componentes, tiene un importante medio de representación en la cartografía. En este caso la diferenciación de Paisajes Elementales se hizo a través de los cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo, toda vez que estos componentes del ambiente - junto con el suelo-, han sido señalados como fiables indicadores de los disturbios relacionados con el origen y el significado funcional del territorio al nivel de paisaje.

Se realizó la cartografía de los Paisajes Elementales a partir de la interpretación en SIG (ILWIS ver. 3.0) de fotografías aéreas (1:75,000) del año 1995. El proceso

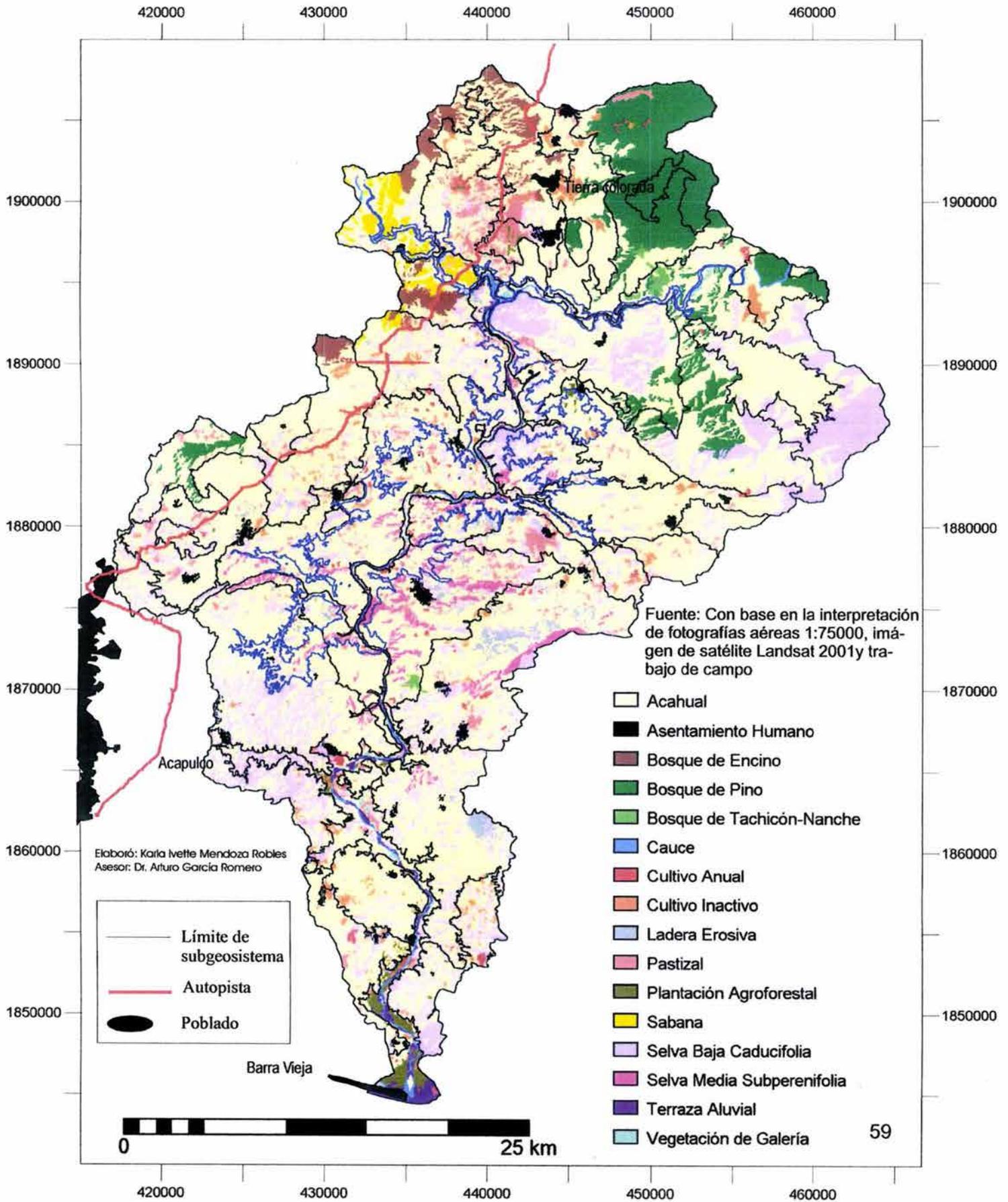
consistió en identificar áreas visualmente homogéneas y coincidentes con coberturas de vegetación y usos de suelo específicos. La determinación, verificación y en su caso corrección de las unidades se hizo mediante el levantamiento de puntos de verificación en campo, los cuales fueron georreferenciados con GPS. Además, como medida de verificación se interpretó la cartografía existente (INEGI, 1985b), fotografías tomadas en tierra y video tomado desde helicóptero en el año 2003.

El mapeo de algunos paisajes supuso problemas debido a la similitud espectral de la reflectancia entre las distintas clases. Este es el caso de la selva baja caducifolia - paisaje potencial de la zona de estudio y- para la cual, Trejo (1996) y Trejo y Dirzo (2000) encontraron que la identificación de este tipo de selva mediante recursos satelitales de percepción remota tiene una confiabilidad del 73%. Además, admiten que la variabilidad al interior de las comunidades no es fácil de reconocer, sobre todo porque se les encuentra en diferentes nichos, donde responden a una gran diversidad de micro-ambientes y, por lo tanto, su composición florística cambia y su interpretación requiere de estudios de potencialidad en el territorio.

Sin embargo, frente a la imposibilidad de realizar estudios de potencialidad, la interpretación de imágenes satelitales sirvió de apoyo para la diferenciación de la selva y de otras clases de paisajes difíciles de discriminar en las fotografías aéreas. Se utilizó la banda pancromática (en salida pseudocolor) y el compuesto 5, 4, 1 de las imágenes Landsat TM del año 2000. Para diferenciar la selva baja caducifolia de la selva mediana subperennifolia y los acahuales se generó en SIG una imagen cluster (clasificación no supervisada), con 4 bandas (1, 2, 6 y P) y 15 clusters para agrupar los píxeles con base en la afinidad matemática de las respuestas espectrales de los objetos. El área mínima cartografiable fue establecida en 50m².

Se diferenciaron en el área 16 clases de Paisajes Elementales: Acahual, Asentamiento Humano, Bosque de Encino, Bosque de Pino, Bosque de Tachicón-Nanche, Cauce, Cultivo Anual, Cultivo Inactivo, Ladera Erosiva, Pastizal, Plantación Agroforestal, Sabana, Selva Baja Caducifolia, Selva Mediana Subperenifolia, Terraza Aluvial y Vegetación de Galería (Fig. 2.1).

Fig. 2.1
Paisajes elementales por subgeosistema



2.2 Fragmentación del paisaje

Para evaluar los niveles de fragmentación se cuenta con una serie de indicadores que expresan la forma, tamaño, dimensiones, relaciones de proximidad, etc., (Bennett, 1999) entre los parches; aunque no existe un método definitivo puesto que cada uno utiliza las medidas que le son funcionales para explicar los procesos que se llevan a cabo en un territorio (Forman y Godron, 1986; Turner, 1989; Mas y Correa, 2000).

Por otra parte, en muchos casos el análisis de la fragmentación no podría tener una interpretación objetiva si no se auxiliara del cálculo de la conectividad, la cual se refiere a la medida de la proximidad o adyacencia de dos parches de un mismo tipo (Burel y Baudry, 2002; Bennett, 1999). El estudio de la conectividad es importante para entender el funcionamiento del paisaje porque algunos resultados sugieren que la dinámica de muchas comunidades de plantas y animales está influenciada por su proximidad a otros hábitats con las mismas poblaciones. Por eso, es también imprescindible para pronosticar la dinámica del paisaje después de una perturbación o el abandono de las tierras agrícolas.

Al igual que en el caso de la fragmentación, la medida de la conectividad puede obtenerse por diferentes métodos (Bennett, 1999). En esta investigación se partió del criterio de considerar a la conectividad como la conexión funcional entre parches -a una distancia de 500 m, proporcionado por el programa Fragstats- (Mc Garigal y Marks, 1995).

En cuanto al nivel taxonómico de los paisajes, en este caso se analizó la fragmentación a tres escalas: sitio del área de estudio, Subgeosistemas y Paisajes Elementales. Para la interpretación de la fragmentación espacial se consideraron las características asociadas a la presencia y cantidad de los diferentes tipos de parches dentro del área de estudio; se decidió considerar las siguientes variables: área total por clase, porcentaje de clase del área total, número de parches, área del parche más grande, media del área, conectividad y excepcionalidad.

2.3 Calidad fisonómica

Para obtener la Calidad Fisonómica del Paisaje se registró información referente a varios indicadores de la vegetación que los ocupa: Diámetro a la Altura del Pecho, Altura, Altura Máxima, Cobertura Acumulada, Número de Estratos, Área Basal y Densidad de Individuos.

Se estableció una escala de clases de Calidad Fisonómica de la vegetación, para lo cual se observó el comportamiento de diversos indicadores obtenidos en 34 inventarios de campo. Se trabajó en parcelas cuadrangulares de 100 m², en cada una de las cuales se registró el tipo de formación vegetal del sitio, el Diámetro a la altura de pecho de todos los individuos de talla arbórea y arbustiva, así como el Número de estratos de la comunidad (arbóreos, arbustivos, herbáceos y materia orgánica muerta), su talla, continuidad (regular, dispersa y en manchones) y cobertura aérea.

Además, en cada sitio de muestreo se registró información que pudiera estar relacionada con los niveles de estabilidad ambiental y de perturbación: litología, cobertura de los afloramientos rocosos, espesor del suelo, coberturas del suelo, pedregosidad, porcentaje de suelo desnudo, tipo en intensidad de los procesos erosivos, pendiente, número de tocones, troncos tirados e individuos afectados por cortes en ramas. Toda esta información fue de gran apoyo para las interpretaciones en los distintos temas del estudio.

En cuanto a la composición y estructura de la vegetación se utilizaron las siguientes variables definitivas para determinar la Calidad Fisonómica a nivel de Paisaje Elemental:

Diámetro a la Altura de Pecho (DAP). Es el promedio de las circunferencias medidas a la altura de pecho en todos los individuos de todas las parcelas de muestreo para una misma unidad de paisaje.

Altura Promedio (AP). Es el promedio de las alturas de todos los individuos de todas las parcelas de muestreo para una misma unidad de paisaje.

Altura Máxima Promedio (AMP). Es el promedio de las alturas de los individuos más altos registrados en todas las parcelas de muestreo de la misma unidad de paisaje.

Número de Estratos Promedio (NEP). Es el promedio del número de estratos obtenido para todas las parcelas de muestreo de una misma unidad de paisaje.

Cobertura Acumulada Promedio (CAP). Es el promedio de las coberturas de todas las parcelas de muestreo de una misma unidad de paisaje.

Área Basal Promedio (ABP). Es el promedio de todas las secciones transversales del tallo, tomadas a la altura del pecho (DAP), en todas las parcelas de muestreo y en una misma unidad de paisaje.

Densidad de Individuos Promedio (DIP). Refleja el número de individuos en un área determinada. Se calculó según la fórmula propuesta por Matteucci y Colma (1982).

$$D = N/A$$

Donde: D= densidad de individuos, N= número de individuos, A= área de la muestra (100m²). Los datos fueron convertidos a hectáreas.

Los resultados fueron ordenados en una matriz de doble entrada para facilitar la interpretación de los datos y la identificación de tendencias. La clasificación de la Calidad Fisonómica de los Paisajes Elementales se basó en el análisis comparativo de las variables (Cuadro 2.1).

3 RESULTADOS

3.1 Fragmentación

3.1.1 Fragmentación del paisaje en el área de estudio

El área de estudio presenta un total de 3,108 parches, de los cuales 29% están ocupados por paisajes agrícolas, 60% por paisajes de tipo natural y 11% por paisajes sin cobertura vegetal. No obstante que los Paisajes Elementales difieren tanto en el tipo como en la superficie que ocupan, es posible generalizar las características de la fragmentación en el territorio.

Cuadro 2.1 Estructura vertical y horizontal de la vegetación en los sitios de muestreo

Inv No	Unidad Paisaje	Cob Acum (%)	A1		A2		A3		A4		A5		a1		a2		a3		h		Pastos		MOM		
			T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (m)	C (%)	T (%)	C (%)	T (%)						
4	SBC	90	6.00	D 20	5.00	M 20	4.00	M 20	3.00	M 20	2.00	R 10	2.00	R 10	2.00	R 10	1.00	M 30	1.00	M 30					60
26	SBC	170	8.00	R 10	5.00	R 60	4.00	R 40	4.00	R 40	2.00	R 30	2.00	R 30	2.00	R 30	1.00	M 30	1.00	M 30					R 80
27	SBC	105	8.00	D 10	5.00	R 40	4.00	R 40	4.00	R 40	2.00	D 10	2.00	D 10	2.00	D 10	1.00	D 5	1.00	D 5					M 40
31	SBC	100	10.00	D 15	7.00	R 40	3.00	M 20	3.00	M 20	2.00	D 15	2.00	D 15	2.00	D 15	2.00	D 10	1.00	D 10					75
19	SBC	105	7.00	R 15	5.00	R 20	3.00	R 20	3.00	R 20	2.00	R 30	2.00	R 30	2.00	R 30	1.50	R 20	1.50	R 20					R 90
32	SBC	180	7.00	R 30	6.00	R 30	4.00	R 30	3.00	R 30	2.00	R 30	2.00	R 30	2.00	R 30	1.00	R 30	1.00	R 30					100
16	SMS	85	16.00	D 20	12.00	D 60					1.00	D 5	1.00	D 5	1.00	D 5									D 15
20	SMS	130	28.00	M 90							3.00	M 40	3.00	M 40	3.00	M 40									R 95
21	SMS	90	18.00	D 10	9.00	M 15	8.00	M 15	5.00	M 10	4.00	M 10	3.00	M 15	1.00	15	1.00	15	1.00	15					R 95
28	BC	100	7.00	R 15	5.00	R 20	4.00	R 20	4.00	R 20	1.50	R 40	1.50	R 40	0.50	R 5	0.50	R 5	0.50	R 5					15
17	BC	75	11.00	D 20	3.00	D 30					2.00	D 20	2.00	D 20	0.50	D 5	0.50	D 5	0.50	D 5					D 3
10	AC	85	6.00	R 80							1.00	D 5	1.00	D 5	0.50	D 5	0.50	D 5	0.50	D 5					100
6	AC	145	10.00	R 30	7.00	R 80	4.00	R 30	4.00	R 30	2.00	R 15	2.00	R 15	1.00	15	1.00	15	1.00	15					85
33	AC	110	9.00	R 20	7.00	R 20	6.00	R 20	4.00	R 20	2.00	R 20	2.00	R 20	2.00	R 20	0.50	D 5	0.50	D 5					R 90
24	AC	105	5.00	R 20	4.00	R 30	3.00	R 30	3.00	R 30	2.00	M 20	2.00	M 20	2.00	M 20	0.50	D 5	0.50	D 5					R 90
25	AC	138	7.00	R 10	6.00	R 40	5.00	R 40	3.00	R 30	2.00	R 15	2.00	R 15	0.50	3	0.50	3	0.50	3					30
34	AC	80	7.00	R 30	5.00	R 25	4.00	R 25	4.00	R 25	2.00	R 15	2.00	R 15	0.50	3	0.50	3	0.50	3					50
8	AA	53	8.00	D 3	4.00	M 10	3.00	R 30			0.50	D 10	0.50	D 10	0.50	D 10	0.50	D 10	0.50	D 10					70
15	AA	75	11.00	R 15	7.00	R 15	5.00	R 20			0.50	R 25	0.50	R 25	0.50	R 25	0.50	R 25	0.50	R 25					0
29	AA	53	9.00	M 10	7.00	M 15	5.00	M 25			3.00	R 40	3.00	R 40	3.00	R 40	3.00	R 40	3.00	R 40					60
5	AA	80	8.00	D 15	5.00	M 20					3.00	R 30	3.00	R 30	3.00	R 30	0.30	M 5	0.30	M 5					60
7	AA	90	13.00	D 5	5.00	M 20	4.00	R 30			3.00	R 30	3.00	R 30	3.00	R 30	0.30	D 5	0.30	D 5					60
12	AA	80	4.00	M 60							1.00	D 20	1.00	D 20	1.00	D 20	0.30	D 5	0.30	D 5					M 40
2	AMA	80	6.00	D 5							3.00	R 70	3.00	R 70	3.00	R 70	0.30	D 5	0.30	D 5					70
3	AMA	120	6.00	M 20							4.00	M 40	4.00	M 40	4.00	M 40	0.30	D 5	0.30	D 5					70
1	AMA	50	4.50	M 30							2.50	D 15	2.50	D 15	2.50	D 15	0.30	D 5	0.30	D 5					80
9	AMA	70	6.00	R 5	4.00	R 30					3.00	R 30	3.00	R 30	3.00	R 30	0.30	D 5	0.30	D 5					40
13	AMA	45	8.00	D 40							3.00	D 5	3.00	D 5	3.00	D 5	0.30	M 5	0.30	M 5					R 40
14	AMA	50	5.00	D 25							2.00	D 25	2.00	D 25	2.00	D 25	2.00	D 25	2.00	D 25					M 30
18	AMA	110	4.00	R 10	3.00	R 30					2.00	R 40	2.00	R 40	2.00	R 40	0.50	R 30	0.50	R 30					70
11	C	15									< 1.00	D 15	< 1.00	D 15	< 1.00	D 15									50
30	C	28	4.00	R 5	2.00	R 10					1.50	R 10	1.50	R 10	1.50	R 10	0.50	R 3	0.50	R 3					50
22	P	70	9.00	D 10							4.00	M 10	4.00	M 10	4.00	M 10	1.00	M 40	1.00	M 40					R 90
23	P	93									3.00	D 3	3.00	D 3	3.00	D 3	2.00	M 40	2.00	M 40					R 70

Fuente: Con base en los inventarios en campo

(A) estrato arbóreo, (a) estrato arbustivo, (h) estrato herbáceo, (MOM) materia orgánica muerta, (Cob acum) cobertura acumulada, (T) talla, (C) continuidad (R) regular, D dispersa, (M) manchón, (Cob) cobertura del dosel en el estrato, (SBC) Selva baja caducifolia, (SMS) Selva mediana subperennifolia, (BTN) Bosque de Tachicón-Nanche), (AC) Acahual cerrado, (AA) Acahual Abierto, (AMA) Acahual muy abierto, (C) Cultivo, (P) Pastizal

En cuanto a los parches de vegetación natural, 1276 corresponden a Selva Baja Caducifolia, 215 a Bosques de Pino y Encino, 178 a Selva Mediana Subperennifolia, 96 a Acahual, 50 a Sabana, 44 a Vegetación de Galería y 4 al Bosque de Tachicón y Nanche (Fig. 2.1 y Cuadro 2.2). La proporción de parches que tiene la Selva Baja Caducifolia en relación al resto de las clases representativas del potencial bioclimático es muy elevada, lo cual demuestra su alto grado de fragmentación (Fig. 2.2).

Se detectaron 985 parches que están relacionados con las actividades agropecuarias, de los cuales 528 corresponden a Pastizales, 336 a Cultivos y 44 a Plantaciones Forestales (Cuadro 2.2). El paisaje de Pastizal es el que abarca la mayor cantidad de parches debido a la expansión de la actividad ganadera, incluso a expensas de antiguos campos agrícolas. El ganado caprino, que es el más extendido en el área, no requiere de la preparación de terreno, se alimenta en cualquier sitio y cuando la tierra alcanza altos niveles de desequilibrio que desencadenan procesos de erosión, el aprovechamiento se abandona y se lleva a otras áreas. En el caso de las Plantaciones Agroforestales, están destinadas a la producción de mango y sandía, entre otros productos que se cultivan en las llanuras aluviales de los principales afluentes, principalmente en el Geosistema de la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos (Fig.2.3).

En cuanto a los paisajes carentes de cobertura vegetal, 77 corresponden a Asentamientos Humanos, de los cuales 46 son muy pequeños y no pudieron ser detectados en las fuentes de información cartográfica. Además, se identificaron 151 parches asociados a las Laderas Erosivas, 96 a Terrazas Aluviales y 13 a Cauces. Las Laderas Erosivas ocuparon el mayor porcentaje, pues se relacionan con áreas de intensa actividad agropecuaria que desencadenan procesos gravitacionales y arroyada sobre laderas de fuerte pendiente, muy comunes en el área de estudio (Fig. 2.4 y Cuadro 2.2).

Respecto al tamaño del parche más grande, el dato corresponde a un extenso fragmento de Acahual de 22440.94 ha que representa el 69.11% del área total, por lo que fue interpretado como matriz de la estructura del paisaje. El tamaño medio de los

Fig. 2.2 Número de parches naturales por clase

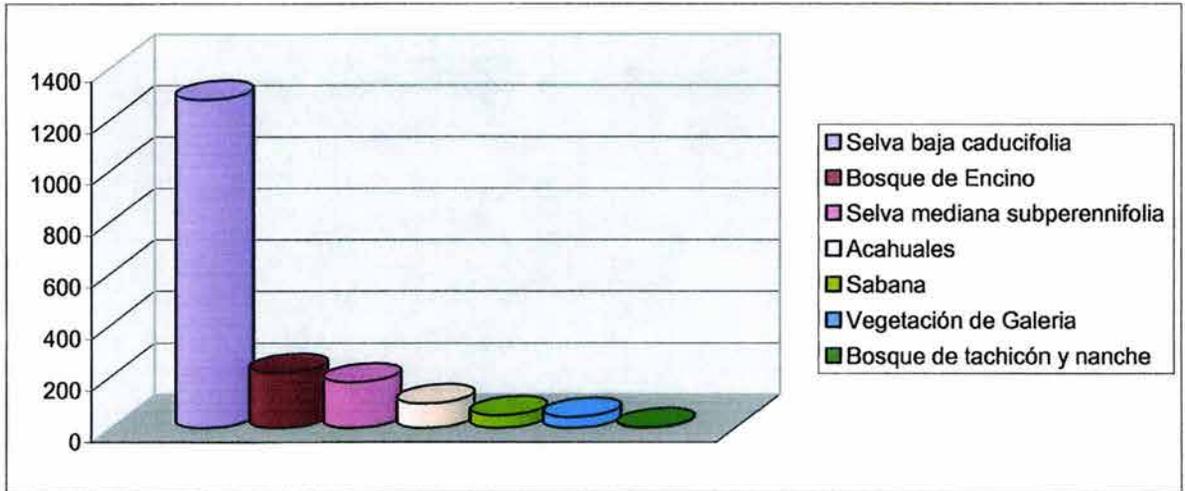


Fig. 2.3 Número de parches agrícolas por clase

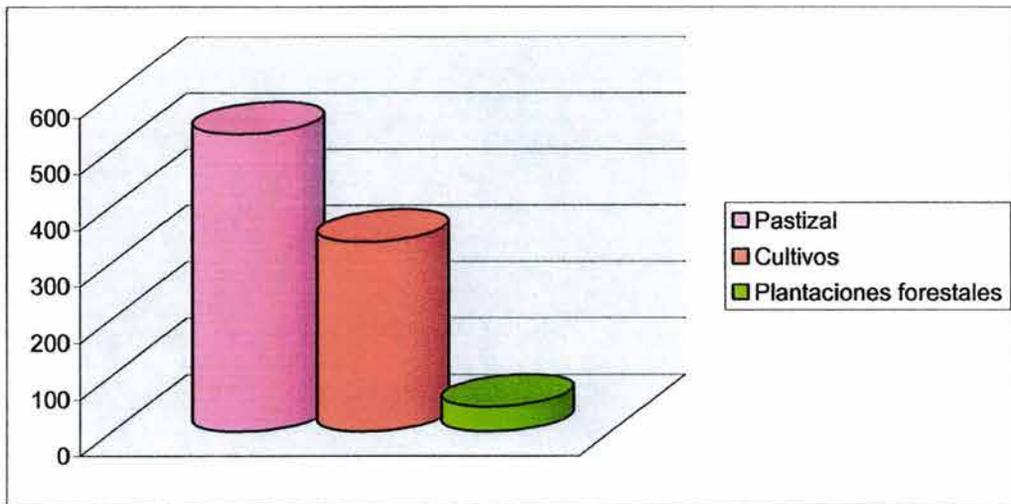
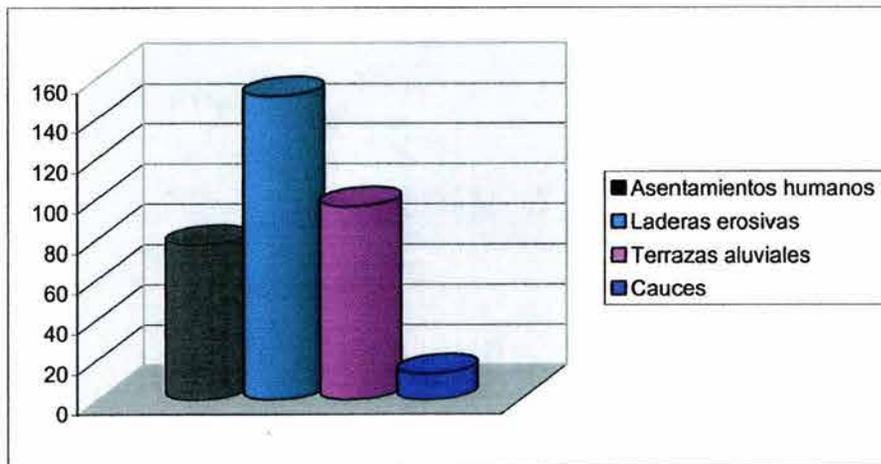


Fig. 2.4 Número de parches sin cobertura vegetal por clase



Fuente: Elaboración propia

parches varía mucho de acuerdo con el Paisaje Elemental del que se trata, lo cual es un indicador de que cada uno de ellos tiene distinta problemática, como lo demuestran los diversos valores de la conectividad.

Si bien los datos anteriores reflejan un intenso proceso de fragmentación en el área, es necesario poner especial atención a los relictos que aún se mantienen de vegetación natural, especialmente de selva baja caducifolia. Según Kellman *et al.* (1999) en un estudio realizado específicamente sobre árboles, encontraron que después de algunos cientos de años los fragmentos forestales pueden recuperar parte de su riqueza biológica. En el área de estudio hay un alto potencial para el desarrollo forestal, sobre todo a partir de acahuales en diversos grados de desarrollo.

Cuadro2.2 Características de la estructura espacial y composición del paisaje a escala de los Paisajes Elementales

No.	Paisaje Elemental	Área total por clase (ha)	Porcentaje de clase del área total	Número de parches	Área del parche más grande (ha)	Media del área (ha)	Conectividad	Excepcionalidad
1-3	Acahual (cerrado, abierto y muy abierto)	92,805.45	69.11	96	22,440.94	937.42	4.78	MUY BAJA
4	Asentamiento Humano	1,633.59	1.21	77	146.18	21.21	0.95	MUY ALTA
5	Bosque de Encino	2,307.65	1.71	107	387.50	21.56	2.87	MUY ALTA
6	Bosque de Pino	9005.03	6.70	108	2,048.18	84.15	0.370	ALTA
7	Bosque de Tachicón y Nanche	294.84	0.21	4	153.53	73.71	1.71	MUY ALTA
8	Cauce	887.56	0.66	13	412.90	59.17	0.67	MUY ALTA
9	Cultivo activo	538.21	0.40	110	39.71	39.71	0.56	MUY ALTA
10	Cultivo inactivo	1,846.65	1.37	226	181.46	8.17	1.33	MUY ALTA
11	Ladera erosiva	1,548.96	1.15	151	132.93	10.25	1.94	MUY ALTA
12	Pastizal	3,578.03	2.66	528	227.53	6.76	0.84	MUY ALTA
13	Plantación agroforestal	890.00	0.66	44	152.81	20.22	2.04	MUY ALTA
14	Sabana	953.00	0.70	50	97.87	19.06	2.42	MUY ALTA
15	Selva Baja Caducifolia	14,575.06	10.85	1276	1,930.12	11.46	0.37	BAJA
16	Selva Mediana Subperennifolia	1,968.12	1.40	178	103.56	11.05	5.95	MUY ALTA
17	Terraza Aluvial	1,081.12	0.80	96	303.28	10.81	4.22	MUY ALTA
18	Vegetación de Galería	364.25	0.27	44	51.43	8.39	30.00	MUY ALTA

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Fragmentación a nivel de los Paisajes Elementales

a) Paisajes de selvas

Se ha encontrado que a nivel mundial, la conversión de selvas bajas a terrenos agrícolas es un problema alarmante que abarca, desde la alteración de la estructura hasta la eliminación de las coberturas o su reducción a pequeñas fracciones (Maass, 1995), lo cual se ve ampliamente representado en el área de estudio. Allí, el poblamiento histórico sugiere largos períodos de uso intenso seguidos por otros de descanso (Delgado, sin publicar). Por esta razón, los paisajes dominantes están relacionados con la Selva Baja Caducifolia en diferentes grados de desarrollo.

Los paisajes de Acahual ocupan una superficie que es 6.3 veces mayor que el área de la Selva Baja Caducifolia y se distribuyen en grandes parches que en promedio alcanzan 937 ha, siendo el parche más grande de 22,440 ha, mientras que en la Selva Baja Caducifolia estos datos son de tan sólo 11.5 y 1,930 ha, respectivamente. Sin embargo, el número de parches sigue un patrón inverso, ya que la Selva Baja Caducifolia tiene 13.5 veces más parches que el Acahual (Cuadro 2.2). Estos datos tienen dos implicaciones importantes: la primera, es que el Acahual desempeña la función de matriz del paisaje y por lo tanto, ejerce un importante control sobre la estructura y el funcionamiento del mismo. La otra es que la Selva Baja Caducifolia se encuentra fuertemente fragmentada, como lo reflejan los valores obtenidos para la conectividad (0.37 para la Selva Baja Caducifolia y 4.78 para el Acahual) (Cuadro 2.2).

No obstante la escasa superficie obtenida por la Selva Baja Caducifolia, su frecuencia es alta y comprende 18 de los 21 Subgeosistemas del paisaje (Cuadro 2.3). Su mayor distribución se tiene en tres Subgeosistemas: Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada y Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada con 2,770, 1,247 y 1,035 ha (15.5%, 36.6% y 20.2%), respectivamente (Cuadro 2.3). En contraste, los paisajes de Acahual no sólo tienen una amplia distribución con presencia en todos los Subgeosistemas, sino que además, son uno de los componentes dominantes que representan más del 49% de la superficie en 18 de los 21 Subgeosistemas. Excepciones a esta regla se tienen en los Subgeosistemas de la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, debido a la gran diversidad de sus Paisajes Elementales, así como en la Montaña Media Abrupta de

Fig. 1.6 Distribución de Paisajes Elementales por Subgeosistema (Datos en porcentajes)

Subgeosistema	Clave	A	AH	BE	BP	BT-N	C	CA	CI	LE	P	PA	Sab	SBC	SMSp	TA	VG
Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado	BC	0.88	0	0	99.12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva muy Abierta	SMA	84.45	3.51	0	0.40	0	0	0.15	1.03	0.62	3.63	0.09	0	6.11	0	0	0
Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	75.96	0.13	0	0	0	0	0.64	0	0.18	3.26	0	0	8.13	11.70	0	0
Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva muy Abierta	SMA	81.76	0.78	2.44	0.54	0	0.08	0.22	1.09	0.01	5.41	0.07	0	7.30	0.00	0.11	0.20
Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta	SA	72.82	2.21	0.00	0	0.08	0	0.67	1.24	5.64	5.00	0	0	9.09	3.24	0	0
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	BC	74.27	0.60	0.00	14.82	0	1.28	0.08	4.87	0	1.29	1.42	0	0.98	0	0	0.40
Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta	SA	78.34	3.05	0.36	6.99	0	0.04	0.30	8.70	0	2.17	0	0	0	0	0.04	0
Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	SC	69.88	2.99	0	0	0	0	1.10	3.49	0	0.63	1.69	0	20.20	0	0.03	0
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	SC	53.79	2.23	0	0.07	0	0.05	0.48	1.15	1.44	1.72	0.07	0	36.66	2.11	0.15	0.07
Llanura aluvial con Selva Cerrada	SC	44.59	2.63	0	0	0	9.22	1.20	1.79	0.06	7.04	9.18	0	9.25	0.33	12.01	2.70
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	73.38	1.61	0	0	0.81	0.17	0.68	0.24	3.22	3.78	0.01	0	4.14	11.74	0.07	0.16
Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	SC	63.74	0.53	7.17	2.24	0.91	0.34	0.28	0.92	0.45	1.82	0	5.27	15.32	0	0.52	0.48
Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta	SMA	90.82	0	0.0	0	0	0.33	0	0.00	0	5.86	0	0	3.00	0	0.00	0
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado	BC	49.15	0	25.09	0	0	1.13	0	0.41	0.54	0.07	0	16.09	6.58	0	0.77	0.17
Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	SA	78.27	0	4.37	6.32	0	0	0.04	1.85	0.45	4.01	0	0	4.68	0	0	0
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	SC	60.40	0.62	0.23	6.99	0	0.37	0	0.07	0.43	1.37	0.08	0	28.78	0	0.45	0.22
Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	BC	41.95	0.08	0	47.15	0.52	0.01	0.27	0.38	0	0.75	0	0	8.89	0	0	0
Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	SA	73.61	0.02	0	0	0	0	1.54	5.19	0	2.62	0	0	17.02	0	0	0
Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	SC	67.20	0	0	0	0	11.62	0	0	0	0.81	0	0	20.31	0.07	0	0
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	SMA	81.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0.72	0	0	17.42	0	0	0
Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	BC	80.93	0	0	18.55	0	0	0	0	0	0.48	0.04	0	0	0	0	0

Clases de Paisajes Elementales: (A) acahual, (AH) asentamiento humano, (BE) bosque de encino, (BP) bosque de pino, (BT-N) bosque de tachicón y nanche, (C) cauce, (CA) cultivo anual, (CI) cultivo inactivo, (LE) ladera erosiva, (P) pastizal, (PA) plantación agroforestal, (Sab) sabana, (SBC) selva baja caducifolia, (SMSp) selva mediana subperennifolia, (TA) terraza aluvial, (VG) vegetación de galería.

Fuente: Con base en la interpretación de INEGI (1999), INEGI (1995), Imagen landsat TM (2000) y trabajo de campo

Gneis con Bosque Cerrado y en la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, donde la vegetación potencial predominante es de Bosques de Encino y Pino (Cuadro 2.3).

Asimismo, al interior de los Subgeosistemas el parche de mayor tamaño correspondió a un Acahual, con la excepción de la Montaña Media Abrupta de Gneis, donde el parche más grande correspondió a un Bosque de Pino (Cuadro 2.2, Cuadro 2.3). Por el contrario, la Selva Baja Caducifolia que en algunos casos obtuvo un alto número de parches -593 en el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada, 180 en la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, 166 en el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada y, 146 en el Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta-, en la mayoría de los casos su superficie representó menos del 20% de la superficie de los Subgeosistemas (Cuadro 2.3). Estos resultados reflejan que la fragmentación de las selvas y la conformación del Acahual como matriz de la estructura del paisaje, son características que operan, no sólo a nivel del sitio de estudio, sino en las distintas grandes estructuras del paisaje.

La Selva Mediana es considerada como un paisaje "excepcional", ya que se encuentra en tan sólo 3 de los 21 Subgeosistemas del Paisaje. Su área de distribución abarca el interior de algunos barrancos, con corrientes de régimen permanente y morfología incidida que permiten suavizar el efecto de la sequía.

b) Paisajes de bosques

El Bosque de Encino es un tipo de paisaje de distribución restringida que se presenta sólo en 4 de los 21 Subgeosistemas y con menos del 10% de las superficies totales. Se distribuye principalmente en la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, con 1,296 ha (7.17%) y, en la Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado, con 460 ha (25.09%) (Cuadro 2.3). Por el contrario, el Bosque de Pino se localiza en 11 de los 21 Subgeosistemas, aunque también con una baja proporción de las áreas. Se distribuye principalmente en la Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado, con 1,215 ha (99.12%) y, en la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, con 5,547 ha (47.15%) (Cuadro 2.3).

El mayor número de parches de Bosque de Encino se encuentra en los Subgeosistemas de la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada (69%) y del Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva Muy Abierta (35%), los cuales albergan el 78% del total de parches (Cuadro 2.3). En cuanto al Bosque de Pino, la mayor parte de los parches (62 de 108) se concentran en sólo cuatro Subgeosistemas: 88 en la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, 26 en la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, 14 en la Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada y, 13 en la Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta, lo cual indica que su distribución coincide con Subgeosistemas montañosos de difícil acceso que limita el poblamiento y el desarrollo de actividades agropecuarias.

c) Otros paisajes naturales

Otros Paisajes Elementales que son de interés por su carácter natural son el Bosque de Tachicón y Nanche (0.2%) y la Vegetación de Galería (1.5%) (Cuadro 2.2), los cuales pese a mostrar deterioro, representan la vegetación mejor conservada y próxima al potencial bioclimático de los Subgeosistemas donde se presentan. La Vegetación de Galería forma una extensa zona en torno a la llanura del río Papagayo, donde se distribuye en fragmentos separados por terrazas aluviales y plantaciones agroforestales. El Bosque de Tachicón y Nanche es un paisaje de distribución restringida que se localiza en grandes parches al interior de sólo 4 de los 21 Subgeosistemas (Cuadro 2.3). Aunque diversos autores (Salas, 1993; Rzedowski, 1981) relacionan a este Paisaje Elemental con eventos de quema de la Selva Baja Caducifolia, otros le otorgan un origen natural, sobre todo cuando se encuentra en límite con paisajes de Sabana, lo cual no sucede en el área de estudio, donde se considera que su origen es post-fuego.

Los paisajes de Sabana forman 50 parches que se distribuyen en sólo 2 de los 21 Subgeosistemas del Paisaje. Su origen se explica por intensos procesos erosivos (naturales o antropogénicos) que llevan a la sustitución de las selvas por pastizales indicadores de alta perturbación, como ocurre en la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Abierta y en la Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Selva Cerrada (Cuadro 2.3).

d) Paisajes agrícolas

Los Paisajes Elementales que se relacionan con las actividades agropecuarias son de amplia distribución, aunque con tendencia a concentrarse en los Subgeosistemas de lomeríos y montañas bajas, principalmente en el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada, la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada, la Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta y la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada (Cuadro 2.3), donde coinciden con relieves de morfología suave donde se localiza la mayor parte de los asentamientos humanos.

Es de interés destacar que el área ocupada por paisajes de Pastizal es 1.4 y 4 veces mayor que la de los Cultivos y las Plantaciones Forestales (cuadro 2.2), respectivamente. Sin embargo, los Pastizales exhiben un alto grado de fragmentación, con 528 parches que en promedio miden 6.8 ha, mientras que el Cultivo tiene 215 parches con un tamaño promedio de parche de 39.7 ha (227 ha el parche más grande) (Cuadro 2.2). Sin embargo, la conectividad entre los Cultivos fue menor (0.56) que entre los Pastizales (0.84), lo cual sugiere que el Pastizal está distribuido más heterogéneamente (Cuadro 2.2).

El Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada, la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada y la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada tienen el porcentaje más alto de parches dedicados a la agricultura, con 56, 53, 126, y 32, respectivamente (Cuadro 2.3). La suma de las superficies abarca cerca del 80% del área de estudio y coincide con las morfologías más adecuadas para el desarrollo de actividades agrícolas.

En contraparte, los parches del Pastizal son más numerosos en Subgeosistemas de lomeríos (142, 126, 63 y 63) que montañosos (66, 49 y 41) (Cuadro 2.3). Asimismo, las Plantaciones Forestales se concentran en sólo tres Subgeosistemas: la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada y el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada con 31, 13 y 8 parches, respectivamente (Cuadro 2.3).

e) Paisajes carentes de cobertura vegetal

Los paisajes sin vegetación se relacionan con Erosión Intensa del suelo (1.2%), Terrazas Aluviales y Asentamientos Humanos –presentes en 14 de los 21 Subgeosistemas-, los cuales se distribuyen en una pequeña superficie (Cuadro 2.3) que, sin embargo, debe considerarse como de gran interés dada la inestabilidad y los procesos de disturbio con los que se relaciona (Cuadro 2.2).

3.2 Calidad fisonómica

3.2.1 Calidad fisonómica del área de estudio

Resalta del conjunto una tendencia hacia la disminución de los valores según se pasa de bosques a selvas, acahuales, pastizales y cultivos inactivos, siendo estos últimos los menos favorecidos. Las formaciones naturales arbóreas de talla alta fueron clasificadas como de Muy Alta Calidad Fisonómica (Cuadro 2.4), como lo reflejan los datos obtenidos para la Selva Mediana Subperennifolia y el Bosque de Tachicón y Nanche. Ellos obtuvieron valores altos de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP= 19.54 cm y 14.2 cm.), Altura Promedio (AP= 8.80 m y 5.20 m) y Área Basal Promedio (ABP= 868.92 y 243.12). Además, esta selva obtuvo la mayor Altura Máxima Promedio (AMP= 21.33 m), (Cuadro 2.4), todo lo cual se explica, no tanto por la cantidad de individuos, sino por la gran talla y fuste de los mismos.

No obstante la naturalidad y gran talla (AMP= 11.00 m) (Cuadro 2.4) obtenida por la Vegetación de Galería, sus valores fueron de medios a bajos en todas las demás variables, por lo que fue clasificada como de Alta Calidad Fisonómica (Cuadro 2.4). Sin embargo, los resultados deben tomarse con cautela, toda vez que este tipo de paisaje suele mostrar una amplia variedad de fisonomías dependiendo de las condiciones específicas de los sitios.

La Selva Baja Caducifolia, que también fue clasificada como de Alta Calidad Fisonómica mostró valores intermedios en todas las variables citadas (DAP=7.78 cm, AP=3.97 m, ABP=100.27 y AMP=8.72 m), aunque obtuvo valores altos en el NEP= 4.50, CAP= 125 % y DIHP= 301 (Cuadro 2.4), lo cual se explica por la gran cantidad

de individuos, menos altos y de menor cobertura y área basal que en el caso de los bosques.

Uno de los aspectos estructurales mejor definidos es la diferencia entre las formaciones forestales y los acahuales -o vegetación secundaria de selva-, que fueron clasificados como de Baja Calidad Fisonómica (Cuadro 2.4). En general, los acahuales forman comunidades menos altas (AP= 3.04-3.98 m y, AMP= 6.21-10.70 m) y de menor ABP= 45.44-97.16, aunque en el caso de los Acahuales Cerrados y Abiertos mostraron alta DIHP= 506 y 296, respectivamente, debido a la proximidad que tienen con las selvas (Cuadro 2.4). Caso contrario es el de los Acahuales Muy Abiertos, cuya estructura desfavorable se refleja con valores bajos en todas las variables analizadas.

Como es de esperar, los cultivos mostraron Muy Baja Calidad Fisonómica (Cuadro 2.4), que se refleja en los valores más bajos registrados en la mayor parte de las variables (DAP= 5.40 cm, AMP= 3.00 m, NEP= 2, CAP= 21.50, ABP= 30.98 y, DIH= 75) (Cuadro 2.4). Hay que destacar que los pastizales obtuvieron baja calidad debido a los altos valores de CAP= 81.50 % y ABP= 204 m², así como a una mayor permanencia de la productividad en el ciclo anual.

Con base en todos estos resultados fue posible asignar una clase de calidad a las unidades que no pudieron ser muestreadas en campo: Bosque de Encino (Muy Alta), Bosque de Pino (Muy Alta), Plantación Agroforestal (Alta), Sabana (Baja), Cauce (Alta), Terraza Aluvial (Alta), Asentamiento Humano (Baja) y Ladera Erosiva (Muy Baja).

Cuadro 2.4 Calidad Fisonómica de los Paisajes Elementales

Variable	SBC	SMSp	BT-N	VG	AC	AA	AMA	Ci	P
DAP	7.78	19.54	14.12	8.96	5.15	7.97	6.95	5.40	7.69
AP	3.97	8.80	5.20	3.44	3.98	3.43	3.04	3.02	2.58
AMP	8.72	21.33	7.50	11.00	8.23	10.70	6.21	3.00	6.00
NEP	5	4	4	3	4	3	2	2	3
CAP	125.0	101.67	100.00	75.00	110.50	71.83	75.00	21.50	81.50
ÁBP	100.27	868.92	243.12	92.38	45.44	93.37	97.16	30.98	204.70
DIHP	301	200	140	120	506	296	194	75	125
Calidad	ALTA	MUY ALTA	MUY ALTA	ALTA	BAJA	BAJA	BAJA	MUY BAJA	BAJA

Fuente: Elaboración propia con base en los inventarios en campo.

3.3 Caracterización de los paisajes elementales

El potencial bioclimático de una gran parte del área de estudio indica que la cobertura vegetal dominante es la Selva Baja Caducifolia y, en menor proporción, la Selva Mediana, los Bosques Templados y la Vegetación de Galería. Sin embargo, el impacto de las actividades humanas ha provocado la diversificación de los tipos de paisajes, principalmente debido a la aparición de paisajes secundarios asociados a altos niveles de disturbio, como son el Bosque de Tachicón-Nanche, el Acahual, el Pastizal, la Ladera Erosiva, etc.

a) Paisajes de selva

A nivel global, el área de distribución original de las selvas bajas ha sido reducida a pequeños fragmentos, aunque no ha sido posible establecer el valor absoluto de las pérdidas por diversas causas. Una de ellas es la dificultad para clasificar la selva debido a la variedad de nichos de diversas características ambientales en que se puede encontrar, además de que muchas de las sabanas y matorrales que son consideradas en la actualidad como vegetación natural, realmente provienen del disturbio de las selvas (Trejo y Dirzo, 2000). A lo anterior se añade la dificultad para determinar los límites de las selvas conservadas, ya que entre la vegetación primaria y secundaria puede haber una gama amplia de fisonomías. La intervención del hombre puede ser leve y solo afectar algunas especies o algunos estratos de la comunidad

clímax o intensa y transformar completamente el paisaje (Medrano, 2003; Rzedowski 1988).

Las condiciones socioeconómicas predominantes en la cuenca de estudio y en todo el estado de Guerrero, han provocado que la población busque algún medio de subsistencia a través del aprovechamiento, la mayor parte de las veces no adecuado, de los recursos (Estrada, 1994) y que la transformación del paisaje se dé en forma intensiva.

En la actualidad, a nivel nacional, la conversión de las selvas bajas caducifolias a terrenos agrícolas o ganaderos es un problema grave, y se entiende que los patrones de transformación son complejos y dependen de diversos factores como la topografía, el suelo, la duración de la estación seca, la tenencia de la tierra, los apoyos para el desarrollo de la actividad; etc. Existen dos sistemas de manejo agrícola en selvas bajas. Uno de ellos es el de roza-tumba y quema, que se basa en la tumba y quema de la selva para abrir pequeñas parcelas, ricas en materia orgánica y donde la actividad se mantiene por un par de ciclos con un posterior período de descanso (Rzedowski, 1988). Otro sistema agrícola ocurre en terrenos más extensos, llanos, con mayor disposición de agua y accesibles, donde la tala tiene como fin establecer sistemas de cultivo permanente (Murphy y Lugo, 1995; Maass, 1995).

En el área de estudio la roza-tumba y quema es el sistema agrícola característico de la extensa área de los lomeríos, donde la vegetación natural es removida y el fuego es usado como herramienta para abrir terreno al cultivo. (Rzedowski, 1988). Sólo las áreas de mayor potencial agrícola-ganadero (Subgeosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería) se benefician con financiamiento que permite el establecimiento de sistemas de cultivo permanente, que se basan en el riego y la implementación de fertilizantes, para el cultivo de palma y árboles frutales.

Sin embargo, en la cuenca el sistema agrícola presenta una tendencia decadente, que afecta incluso a los sectores con financiamiento, donde los campos agrícolas son sustituidos por pastizales para el aprovechamiento ganadero. En el caso de los sectores de menores recursos la influencia de la ganadería se manifiesta con sistemas productivos mixtos que combinan los cultivos con la ganadería de cabras. Este sistema

tiene graves implicaciones ecológicas, sobre todo porque el ramoneo y el sobre pisoteo del suelo incrementan la escorrentía y la erosión, principalmente en los subgeosistemas de relieves abruptos, donde la pendiente pronunciada intensifica los procesos erosivos. El problema se agrava debido a los períodos largos de sequía que provocan que el componente biótico tenga menos probabilidades de recuperarse. En comparación con las selvas húmedas, los daños no son tan notables en términos de biodiversidad como en cuanto a la pérdida de endemismos, que en este tipo de selvas es más alto (Maass, 1995).

Otro factor que favorece la conversión de las selvas a terrenos agrícolas o ganaderos es la estructura misma de las selvas. La cobertura vegetal es menos densa que en las selvas húmedas y, por lo tanto, resulta más sencilla la apertura de terrenos para el cultivo (Maass, 1995), práctica muy común en la cuenca, sobre todo en los Subgeosistemas del Lomerío de Gneis con Selva Cerrada y de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería. El proceso de conversión ocasiona la destrucción total de la selva o, en el mejor de los casos un cambio en su estructura, lo cual tiene como consecuencia la expansión desmedida de los acahuales (Murphy y Lugo, 1995; Maass, 1995; Trejo, 1994; Rzedowski, 1988). El nivel de los daños se incrementa al considerar que el espacio que se necesita para el desarrollo de ganado en este tipo de vegetación es generalmente más grande que en las selvas perennifolias o en los pastizales (Murphy y Lugo, 1995; Maass, 1995).

Se han encontrado diversas explicaciones para que la selva baja caducifolia disminuya su calidad fisonómica al convertirse en acahual, entre las más comunes se citan que el clima en las selvas secas es más favorable para el desarrollo de asentamientos humanos que en las selvas húmedas, y que su ciclo de sequía permite que la conversión a pastizal o campos agrícolas se lleve a cabo de manera más fácil (Maass, 1994; Kauffman *et al.*, 2003).

Las consecuencias de la deforestación han sido estudiadas en otras partes del mundo y entre ellas destacan el aumento del albedo y el cambio climático ambiental, la alteración del ciclo del agua y, en consecuencia, la contaminación de los ríos y el suelo, éste se hace más susceptible a la erosión fluvial y con ello se compacta y se reduce la capacidad de infiltración (Trejo, 1994; Rzedowski, 1988). Existen otros daños

que se pueden ocasionar en el suelo, sobre todo en el horizonte A, con consecuencias en la resiliencia forestal, por ejemplo la acumulación de cenizas genera cambios en la acidez y en la distribución y cantidad de nutrientes con implicaciones en la dinámica de los procesos químicos. El fuego conduce también a procesos erosivos, sobre todo en condiciones de fuerte pendiente donde el suelo desnudo queda expuesto a la erosión eólica y fluvial (Murphy y Lugo, 1995; Maass, 1995).

Asimismo, las quemas son un importante factor para la pérdida de biomasa y, en consecuencia influye de manera indirecta sobre el número de días de lluvia, la disponibilidad de humedad, el efecto del viento y de la temperatura sobre el terreno, la estructura e incluso la forma del relieve de la vegetación original donde se desarrolla (Kauffman, 2000).

En cuanto al impacto que provocan los distintos sistemas de uso del suelo, el cultivo de pastos supone menos riesgos de erosión que los cultivos agrícolas, aunque se le relaciona con una excesiva compactación del suelo. En México la situación es más grave al interior de las áreas montañosas, donde debido a la irregularidad topográfica, ambos sistemas se combinan (Trejo y Dirzo, 2000). Aún bajo programas de reforestación, se ha comprobado que la restauración de la estructura original de las selvas es difícil, y como parte del manejo de los recursos siempre existe la posibilidad de reactivación de la agricultura o retrocesos del desarrollo debido al sobre calentamiento y/o mayor acumulación de combustibles orgánicos que favorecen los incendios (Nepstad *et al.*, 1991; Walker y Homma, 1996; Froman y Godron, 1986).

Sin embargo, es importante dejar asentado que los acahuales representan un potencial de regeneración forestal, sobre todo cuando su cercanía con las coberturas forestales favorece la resiliencia de las mismas (Rzedowski, 1988; Gómez-Pompa y Burley, 1991; Nepstad *et al.*, 1991; Serrao *et al.*, 1996; Walker y Homma, 1996; Moran *et al.*, 2000). Por otra parte, también se ha encontrado que es en México, especialmente el sureste donde se encuentran los fragmentos de mayor superficie y de mejor calidad estructural de toda América.

Por otro lado, los largos períodos de sequía permiten que tras los incendios, la vegetación quemada e incluso las raíces de las plantas, permanezcan en el terreno y

no sean arrastradas inmediatamente por la lluvia, como sucede en la selva húmeda. Esta característica es fundamental para el equilibrio del horizonte A del suelo, ya que le permite conservar los nutrientes, principalmente el nitrógeno y, en consecuencia, la cubierta edáfica mantiene por un período más largo sus condiciones de fertilidad (Maass, 1995).

b) Paisajes de bosque

El alto valor atribuido a los bosques templados proviene de los servicios ecosistémicos que proveen, entre los que destacan la producción de por lo menos la mitad del agua dulce a nivel mundial y la generación de energía hidráulica e irrigación; son importantes centros de agrodiversidad, donde destaca el maíz, cuya distribución es exclusiva de las tierras altas del centro de México (Challenger, 1998; Velázquez, *et al.*, 2003). Los bosques proveen de un alto grado de endemismos y de plantas medicinales y aromáticas (Altieri, 1999; Conabio, 2001), son fuente de recursos para el desarrollo turístico (más de 212 millones de empleos a nivel mundial) y de minerales necesarios para el desarrollo (Jansky *et al.*, 2002), además de que controlan el escurrimiento y la erosión del suelo.

A nivel nacional, estos bosques contienen alrededor de 50 especies de pinos y 170 especies de encinos, cada una de las cuales representa cerca del 50% del total mundial (Conabio, 2001). Frente a los altos potenciales que caracterizan a los ecosistemas montañosos, también destaca en ellos grandes limitantes derivados de su sensibilidad ambiental. La topografía accidentada, favorece los procesos erosivos intensos como derrumbes, deslizamientos y avalanchas, además de condiciones climáticas adversas (bajas temperaturas, aridez, y alta radiación solar) con patrones de lluvia impredecibles y procesos extraordinarios (terremotos, erupciones volcánicas) que atentan contra la estabilidad de las coberturas edáfica y vegetal de los ecosistemas (Jansky *et al.*, 2002).

Los bosques templados en la zona de estudio tienen un grado relativamente alto de conservación, debido a morfologías abruptas de granito que limitan el desarrollo de las actividades económicas. No obstante que contienen recursos bióticos de interés económico, no se ha dado el suficiente impulso a las actividades forestales a nivel

estatal (Propín y Sánchez-Crispin, 2000). Es fundamental que se propongan planes de desarrollo que no afecten el equilibrio que se encuentra en esta área.

c) Otros paisajes naturales

El caso de la Vegetación de Galería es particularmente importante porque es un ejemplo de Paisaje Elemental cuya formación deriva de la fragmentación de un tipo de vegetación con consecuencias positivas sobre el paisaje, en este caso la incursión del río sobre el paisaje permitió que se formaran terrazas con un mayor aporte de humedad para el desarrollo de este tipo de vegetación. Son paisajes cuya formación es producto de cientos de años y donde las especies han desarrollado estrategias de sobrevivencia muy particulares, por ejemplo, las especies que se establecen en los bordes de los parches en los cuales se establece son más resistentes al fuego y sus especies polinizadoras actúan con mayor eficacia a lo largo de un corredor que también se integra a la estructura del paisaje de manera natural (Brokaw, 1998).

Los paisajes de Vegetación de Galería son fundamentales para conservar la estabilidad de las terrazas alrededor del río, además de conservar los nutrientes suficientes para el desarrollo de las plantaciones agroforestales muy comunes en el área, desde el punto de vista de investigación es importante mencionar que son Paisajes Elementales potenciales para representar escenarios naturales, donde se pueden hacer investigaciones sobre la función que representan los corredores en los procesos de fragmentación y conectividad a través de períodos largos de tiempo, además de que contienen un alto número de especies que pueden ser clave para la regeneración de los Paisajes Elementales que los limitan (Brokaw, 1998). Su perturbación tiene consecuencias sobre la erosión en torno al lecho del río Papagayo, con daños colaterales sobre las laderas bajas de las lomas y los pequeños llanos (parcelas agrícolas) que bordean a la llanura.

En el caso de la zona de estudio se mostró un mayor crecimiento de este tipo de vegetación natural donde el Subgeosistema de Llanura aluvial con Selva Cerrada y Cultivos adquiere mayores proporciones, es decir, en el límite con el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada y Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada y únicamente desaparece en las superficies donde se da un mayor desarrollo

de las plantaciones agroforestales o el río no ha presentado suficiente trabajo erosivo para desarrollar una llanura.

Por otra parte, el Bosque de Tachicón y Nanche es un elemento de gran interés ecológico en el área. Su distribución a nivel continental es amplia y se le encuentra en países como Cuba, Costa Rica, Panamá, Guatemala, El Salvador, Guayana francesa, Venezuela, Brasil y Bolivia (Liogier y Killen, 1993). En México se localiza en los estados de Nayarit, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Campeche, Oaxaca y Guerrero (Standley, 1920; Rzedowski, 1988), sobre todo en laderas de cerros formados por rocas metamórficas (Rzedowski, 1988).

Este tipo de bosque está compuesto por diversas especies de los géneros *Byrsonima*, *Curatella* y *Crescentia*, con individuos de hasta 5 m de altura que a menudo presentan los troncos torcidos, con pocas trepadoras y epifitas y con el estrato herbáceo mal desarrollado. Se considera que este tipo de vegetación localizada entre bosques tropicales y sabanas posiblemente no constituya una vegetación clímax, sino que sea de carácter secundario (Rzedowski, 1988; Sarukán, 1968).

La *Curatella americana* es la planta dominante de este tipo de bosque. Se le conoce con diferentes nombres de acuerdo con la región de que se trate (Liogier, 1990), algunos de ellos son: careicillo, paralelo, parlejo de sabana, raspa viejo, yahal, chumico, etc., en la zona de estudio el nombre común es Tachicón. La especie desarrolla un sistema de raíces profundas que le permite mantener la humedad en su estadio adulto y, como es una freatofita, es capaz de aprovechar el agua subterránea para el desarrollo de nuevos retoños aún en época de secas (Sobrado, 1996). Otra característica importante de este tipo de bosque es que los periodos de sequía y humedad, las altas temperaturas y los suelos con drenaje deficiente -característicos del área de estudio- no inhiben un adecuado desarrollo de los individuos (Sarmiento, 1983; Medina y Francisco, 1994).

En el área de estudio los bosques de Tachicón y Nanche son de distribución restringida y su origen se asocia con áreas afectadas por incendios periódicos y utilizadas para el desarrollo agrícola. De hecho, *Curatella americana* aparece como una de las primeras plantas invasoras después de un evento de fuego y tiene la capacidad de perder una

baja cantidad de nitrógeno después de la combustión, lo cual ayuda a que no pierda su capacidad fotosintética aun cuando haya etapas de fuego (Salas, 1993; Medina y Francisco, 1994). Las condiciones que pueden limitar su crecimiento son un suelo inundable, temperaturas muy bajas (Sarmiento, 1983) y el establecimiento de pastos.

Finalmente, las sabanas constituyen un ecosistema difícil de estudiar porque en su origen pueden intervenir factores naturales, como la saturación de humedad o factores derivados de la perturbación antrópica de otras formaciones vegetales. En el área de estudio se distribuyen en una pequeña porción del sector NW, en ambientes montañosos donde están libres de inundaciones en suelos arcillosos, por lo que se estima que su origen tiene relación con procesos de disturbio en la selva baja caducifolia (Rzedowski, 1988).

d) Paisajes agrícolas

Dado el carácter rural del área es importante considerar que como parte de los contenidos paisajísticos están aquellos espacios humanizados que pese al deterioro que conllevan, tienen una importancia social y económica, -como en el caso de los asentamientos humanos y las plantaciones forestales-, de los cuales dependen los habitantes del interior de la cuenca. Cabe destacar que además del interés económico, algunos paisajes agrícolas elevan la calidad visual del paisaje de la selva, como ocurre con las plantaciones sembradas en algunos barrancos de fondo plano,

Los paisajes agrícolas y de pastizales se localizan básicamente en la porción norte (Fig 2.1) debido a que, como ya se explicó anteriormente, este tipo de Paisajes Elementales se encuentran regularmente asociados con los Asentamientos Humanos y en una porción de la parte oeste donde los procesos erosivos del cauce provocan un ensanchamiento de la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y cultivos.

Como se explicó antes, la roza-tumba y quema es el sistema agrícola más extendido en el área, sobre todo en los Subgeosistemas que pertenecen al Geosistema de Montaña Granítica con Bosque Templado, donde la actividad se desarrolla y posteriormente los terrenos se utilizan para ganadería de caprinos que inducen a una mayor erosión del área. En el caso del Geosistema del Lomerío bajo de Gneis con

Selva Baja Caducifolia y de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería, la topografía llana, la disponibilidad de mayor humedad y la accesibilidad favorecen el desarrollo de sistemas permanentes de cultivo. Cabe destacar por su calidad fisonómica y por el desarrollo socio-económico que conlleva a las plantaciones agroforestales que se distribuyen en la parte sur del Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería.

e) Paisajes carentes de cobertura vegetal

En este grupo se incluyen Laderas Erosivas que se distribuyen en prácticamente toda la zona de estudio. Su origen se relaciona con la inestabilidad de laderas en torno a grandes obras de infraestructura (autopista del Sol y presa La Venta), o, bien, con los disturbios que ocasionan el ramoneo y sobrepisoteo del suelo por la introducción de ganado caprino (Fig. 2.1).

A excepción de Tierra Colorada con una población que supera los 9000 habitantes, la mayor parte de las localidades que conforman el área no son realmente significativas por su población. Sin embargo, la red de localidades cuenta con más de cien centros que se caracterizan por la estructura abierta del entramado y extensas aureolas de intensa perturbación: deforestación, remoción de suelo, tránsito frecuente de personas y ganado, contaminación de suelo y agua, entre otros procesos que aceleran la degradación del ambiente.

En los paisajes carentes de cobertura vegetal se incluyen los principales cauces de la red hidrográfica, los cuales constituyen un elemento principal de la estructura del paisaje en el área. Los arroyos distribuyen el líquido básico para el desarrollo de la vegetación de galería y las plantaciones agroforestales. Son un medio de transporte y su dinámica está vinculada con la extracción de materiales pétreos (arena y cantos rodados) en las terrazas, actividad que constituye una importante fuente de recursos económicos. Aunque no fue posible cartografiar los cauces de la extensa red de barrancos afluentes del Papagayo, ellos son un elemento fundamental en la distribución de la Selva Mediana y de gran cantidad de pequeños llanos donde se asienta la agricultura de plantaciones de mango y palma, entre otros productos.

Capítulo III Valoración del paisaje

1 ANTECEDENTES

1.1 *El valor del paisaje*

a) Consideraciones teórico-metodológicas

La Geografía ha tenido como objetivo integrar y sintetizar el conocimiento sobre el territorio, como base para determinar las relaciones que se establecen entre los medios naturales y los procesos socio-económicos (Cervantes, 1993). Para este fin, el paisaje es una herramienta valiosa, ya que a través de él es posible acceder a la expresión máxima de la conexión entre las interfases biológica, física y antrópica del territorio. Su estudio debe estar encaminado a entender la manera en que se relacionan estos componentes (Bolós, 1977; García-Romero y Muñoz, 2002).

Dada la complejidad del medio natural y de la sociedad que forman a los paisajes, es difícil encontrar una metodología que revele por completo la realidad de una región, por lo que los estudios integrales se apoyan en varias de ellas, útiles para cada caso en particular (Rougerie y Beroutchachvili, 1991; Bolós, 1992;).

El valor del paisaje representa, entonces, la posible respuesta a la necesidad de una herramienta para facilitar la diagnosis y síntesis de los diversos componentes del paisaje, ejercicio que sin duda precede a la correcta planeación y aprovechamiento de los bienes y servicios que proporciona el territorio.

En la actualidad, el valor del paisaje se entiende en relación con los bienes y servicios que el medio natural proporciona a la sociedad. El estudio del paisaje se puede hacer desde una perspectiva básicamente visual, es decir, considerando al paisaje como un fenosistema o como elemento susceptible a ser estudiado de una forma sensorial. Bajo este enfoque, el paisaje se evalúa por métodos subjetivos que se refieren a la percepción que el ser humano tiene sobre su entorno (García Romero y Muñoz, 2002; Sanz, sin publicar; Martínez de Pisón, sin publicar), como son: el bienestar espiritual, la salud mental y física, la satisfacción con el lugar de residencia, etc. (Martínez de Pisón, sin publicar; Sanz, sin publicar; Bolós, 1977).

Otra forma de determinar el valor del paisaje es desde una perspectiva objetiva, bajo la cual se le considera como una estructura compleja que refleja los contenidos y procesos que intervienen en el funcionamiento del sistema, es decir, el criptosistema. Los bienes y servicios que están relacionados con el criptosistema no son fácilmente identificables de manera visual y necesitan evaluarse por métodos indirectos y con herramientas diversas, es entonces cuando conceptos como fragmentación y conectividad, resultan de gran utilidad, dado que están relacionados con la integridad del paisaje y el estado de los recursos naturales (bienes y servicios que ofrece). Su carácter medible permite obtener evaluaciones objetivas de estos recursos (García-Romero y Muñoz, 2002; Sanz, sin publicar; Martínez de Pisón, sin publicar, Durán *et. al.*, 2002). De acuerdo con Sanz (sin publicar):

“La valoración del paisaje debe tener como objetivo la medición de propiedades emergentes en el nivel y organización de paisaje que pudiesen verse modificadas en un futuro como consecuencia de fuerzas transformadoras”

Con base en la importancia que esta definición le adjudica a las propiedades que controlan la organización del paisaje se propone para la valoración del paisaje en el área de estudio analizar diversos aspectos de la vegetación y del relieve, ya que son considerados como claves, no sólo de la fisonomía del paisaje, sino de la estructura del criptosistema y en particular, de los potenciales naturales relacionados con el abastecimiento de recursos de interés social y económico. (García-Romero y Muñoz, 2002)

Por otro lado se considera fundamental incluir en el análisis del valor del paisaje al componente antrópico, no sólo por su incidencia en la transformación del paisaje, sino porque la valoración del paisaje depende esencialmente de la concepción y el uso final que el ser humano haga de los recursos en el mismo.

De esta forma, se consideraron cuatro indicadores para determinar el valor del paisaje: La calidad fisonómica y la fragmentación; son las dos primeras variables cuyo objetivo es evaluar el estado actual del paisaje perturbado y su manifestación a través de cambios en la cobertura de la vegetación, la cual refleja de manera objetiva y fácilmente perceptible las condiciones actuales del paisaje.

Además, la fragmentación -definida a través de diversos indicadores: número, riqueza, área mínima y máxima de los parches- es un concepto que permitirá entender los cambios de la estructura espacial del paisaje a nivel de Subgeosistemas. Dichos cambios de la estructura espacial no son aleatorios ni unidireccionales, es decir, que entre los Subgeosistemas hay características diferenciales, tanto en los contenidos, como en las estructuras y distribución de sus parches interiores o Paisajes Elementales.

La calidad fisonómica del paisaje se consideró como la segunda variable porque revela la superficie del área de estudio ocupada por paisajes que representan el estado evolutivo más avanzado de los diferentes Subgeosistemas.

Por otro lado, la fragilidad del paisaje, tercera variable, se avoca a medir de una forma general la sensibilidad que tienen las diferentes unidades de paisaje, desde un punto de vista geomorfológico, a los procesos naturales que desencadenan la transmisión de materiales y/o energías que, con frecuencia, afectan la cobertura vegetal y condicionan el desarrollo de algunas actividades humanas, como la agricultura o la ganadería.

El significado social representa la cuarta variable, y consiste en la valoración cuantitativa de la distribución de los usos del suelo, como calve de los aprovechamientos socio-económicos del paisaje.

Dado que los fundamentos conceptuales para el cálculo de la fragmentación y la calidad fisonómica son explicados con mayor claridad en el segundo capítulo, a continuación se detallan los antecedentes del cálculo de la fragilidad y el significado social.

1.2 Fragilidad de los Subgeosistemas

En trabajo de campo e interpretación de fotografías aéreas se identificó que la fragilidad del paisaje está relacionada con la estabilidad de laderas, aspecto que tiene gran influencia sobre del desarrollo de los componentes bióticos del paisaje, así como sobre el tipo y la intensidad de los usos de suelo. Cuando por efecto de las actividades humanas se sobrepasa el umbral de la estabilidad de laderas, esto se manifiesta en la aceleración de los procesos erosivos. Esta situación está directamente relacionada con

la susceptibilidad intrínseca de las laderas y la literatura internacional acepta que el estudio de la morfometría es una vía adecuada para evaluar dicha susceptibilidad (Gerrard, 1993; Lugo, 1989).

Para evaluar la Fragilidad de los Subgeosistemas del Paisaje se partió del criterio de considerar que la morfología del relieve es un factor principal para la ocurrencia de diversos procesos erosivos que generan inestabilidad y comprometen la permanencia de paisajes valiosos. Para ello, se analizó la sensibilidad de las laderas derivada de la relación entre la pendiente del terreno (en grados) y la energía del relieve o distancia vertical (en metros) medida entre la parte alta de las lomas y los fondos de barranco.

1.3 Significado social de los Subgeosistemas

a) Historia del poblamiento

El único estudio a nivel local que existe sobre el poblamiento histórico del área de estudio es el elaborado por Delgado (2003), en el cual se confirma la existencia en el e restos de la cultura olmeca -desde el litoral hasta las proximidades del poblado Tierra Colorada- y del Posclásico tardío, con la presencia del señorío independiente de Yopitzinco. Se identificaron dos zonas arqueológicas (Omitlán y Pochotlaxco) que en su paisaje circundante presentan las formas del relieve indispensables para la selección de un sitio importante de población, dentro del ámbito cultural mesoamericano. Es decir, se muestra una fuerte ocupación, y por ende, explotación del paisaje desde tiempos prehispánicos.

Delgado (2003) encontró que la cuenca del río Sabana (cuenca vecina al poniente del área de estudio) continuó poblándose durante la época colonial y en el siglo XIX, mientras que el área de estudio fue arrasada por el señorío del Yopitzinco y afectada por una crisis demográfica del siglo XVI (más acentuada en las zonas costeras), lo cual no permitió la expansión de la red de asentamientos en ese tiempo.

Aunque el interior de la cuenca no presenta un desarrollo urbano tan importante como en el área de la costa, existe un elemento moderno de gran impacto y capacidad de transformación de los paisajes rurales, como lo es la carretera federal 95 que conecta a Cuernavaca con Acapulco desde 1927. Dicha obra de infraestructura ha sido

fundamental para la conformación de la organización del territorio a lo largo de los últimos veinte años, principalmente en el área que comprende al municipio de Acapulco y el sur del municipio de Juan R. Escudero.

Otro aspecto que ha influido de manera determinante en las características demográficas de la cuenca es el desarrollo turístico de Acapulco, esta actividad ha sido una importante fuente de empleos para la población de la cuenca baja del río Papagayo, que ha tenido graves repercusiones sobre el abandono de las actividades agrícolas y ganaderas (Delgado, 2003).

En la actualidad la población de la cuenca se encuentra distribuida en cinco municipios del Estado de Guerrero: Acapulco de Juárez (50.61% de la población total), Chilpancingo de los Bravo (6.7%), Juan R. Escudero (25.53%), San Marcos (11.14%) y Tecoaapa (5.9%). Aun cuando la mitad de la población está localizada en el municipio de Acapulco de Juárez, ésta sólo representa el 2.3% de la población total del municipio, mientras que en el caso de Juan R. Escudero representa el 99.98% (INEGI, 2001).

Cuadro 3.1 Población y superficie de los municipios en los que se encuentra el área de estudio

Municipio	Población total	Población del área de estudio	Area total (km ²) del municipio	Superficie del área de estudio
Acapulco de Juárez	3079649	71569	1882.60	66620.75
Chilpancingo de los Bravo	192947	9475	2338.4	6662.075
Juan R. Escudero	21994	21989	652.6	43969.695
San Marcos	48782	16121	960.7	3997.245
Tecoaapa	43128	8343	776.9	11991.735

Fuente: Con base en INEGI (2001).

b) Características socio-económicas generales del área de estudio

Una de las características del estado de Guerrero es que sus localidades urbanas presentan un crecimiento desproporcionado respecto a las localidades rurales. Más de la tercera parte de la población vive en solamente 14 localidades, lo cual se debe principalmente a la migración campo-ciudad, ya que en el primero no hay suficientes posibilidades de desarrollo para la población, con consecuencias claras en la falta de dotación de los servicios básicos a las comunidades rurales (Ortiz, 1998). Otra característica importante es que sus centros de desarrollo regional están desvinculados entre sí y las principales relaciones comerciales se dan con ciudades de otros estados, como Puebla o Cuernavaca (Estrada, 1994).

El municipio de Juan R Escudero abarca cerca del 33% de la superficie de la cuenca, y cuenta con 4663 viviendas y un promedio de 4.7 habitantes por vivienda. El servicio de energía eléctrica tiene una cobertura del 97.4%, el servicio de agua entubada de 74.4% y, el 61.6% de las viviendas cuenta con drenaje sanitario. El municipio presta atención médica a través de nueve instituciones. La actividad comercial y de abasto se desarrolla principalmente en la cabecera municipal (INEGI, 2001).

No obstante que el municipio de Juan R. Escudero se ubica en la región socioeconómica del centro, una de las mejor desarrolladas a nivel estatal, de acuerdo a la CONAPO (2000) es un municipio con un grado de marginación alto. Destaca la producción de maíz, frijol, sandía y jamaica, y entre las especies pecuarias son igualmente importantes las del ganado mayor y menor. La producción se canaliza al autoconsumo y, en menor parte, para la venta exterior, pero sólo a nivel regional, no obstante lo cual, el comercio es una de las actividades de mayor importancia económica (INEGI, 2001).

Por otra parte, el 50% del área de estudio, se encuentra en el municipio de Acapulco, integrado por 272 localidades. El 23.46% de la población del estado de Guerrero se concentra en este municipio y de ésta, el 85.9% se distribuye en la cabecera municipal, mientras que 148 localidades son menores de 100 habitantes y representan sólo el 0.5% de la población.

El municipio posee una importante actividad turística asociada al Puerto de Acapulco, así como uno de los principales centros pesqueros (Laguna Tres Palos) (Delgado, 2003). En la localidad de Acapulco se concentra el desarrollo social y económico del municipio, donde en el año 2000 se generaron 36950 empleos directos y 92375 indirectos, que contribuyeron al crecimiento habitacional, que en la misma fecha alcanzó la cifra de 164,645 viviendas y un promedio de 4.3 ocupantes por vivienda. El servicio de energía eléctrica se suministra en una cobertura del 99% y el agua entubada en 77.6% (INEGI, 2001). La mayor parte de las viviendas disponen de servicios básicos: 72.85% cuenta con drenaje y electricidad y el 15.53% cuenta con drenaje y agua entubada.

Debido a la falta de programas que atiendan al interés por la planeación del crecimiento integral del municipio, el desarrollo socio-económico del puerto de Acapulco no se refleja en el resto de las localidades, incluyendo el área de estudio. Las características socioeconómicas de las localidades del municipio de Acapulco que pertenecen al área de estudio presentan mayor coincidencia con los municipios de la región de la Costa Chica, la cual desde los años sesenta se caracteriza por ser una de las más atrasadas del estado, básicamente enfocada a la agricultura tradicional y carente de toda forma de desarrollo industrial (Propín y Sánchez-Crispín, 1998).

Así, el desarrollo socio-económico de la localidad de Acapulco ha sido causa de su desmedido crecimiento. Muestra de ello es la tendencia al incremento en la densidad de población, que pasó de 365.07 a 383.77 hab./Km² del año 1995 al 2000 (INEGI, 2001). A diferencia del municipio de J. R. Escudero, Acapulco presenta una categoría migracional de fuerte atracción (INEGI, 2001), aunque el proceso se presenta a nivel interno donde, por lo general, la población migra de las localidades pequeñas del municipio hacia la localidad de Acapulco. Este es el caso del área de estudio, cuya comunicación con el puerto a través de dos carreteras federales (número 200 y 95) ha favorecido que su población migre a la cabecera municipal en busca de mejores oportunidades de empleo y de servicios, como los hospitales especializados o escuelas.

c) Significado social de los Subgeosistemas

Dentro de los estudios del Paisaje, existe una tendencia por poner énfasis en la interacción entre la sociedad y la naturaleza como elementos formadores del paisaje, por la incidencia cada vez mayor de las actividades humanas como transformadoras del mismo. Por ello, cuando se hace un estudio dentro de este campo, uno de los principales problemas que se plantea es el de los métodos más adecuados para la integración de las variables sociales con las correspondientes al medio físico y biológico, los cuales se rigen por leyes y procesos distintos (Isachenko, 1974).

Los estudios de la relación del ser humano con su medio siempre han existido, aunque el grado de influencia que tiene uno sobre otro ha pasado por distintas consideraciones teóricas, desde el determinismo que propone que el desarrollo y la capacidad del ser humano están condicionados por las características de su medio, hasta el posibilismo que reconoce la capacidad de la población para adecuar el medio a sus necesidades (Martínez de Pisón, sin publicar; Isachenko, 1974).

En la actualidad se considera que no hay lugar sobre la superficie de la tierra que no presente alteración alguna por efecto de las actividades humanas (Isachenko, 1974) e inclusive, se puede sugerir que, a excepción de los ambientes muy extremos que limitan el desarrollo de las actividades económicas, en la mayor parte del globo existen evidencias perceptibles de la relación hombre-naturaleza. De acuerdo con Sanz (sin publicar) las áreas que aún conservan paisajes naturales permiten reconstruir la historia del impacto de las actividades humanas en el ambiente y hacer predicciones acerca de las transformaciones que el paisaje puede recibir en el futuro.

La capacidad de transformación ambiental por parte del hombre se ha incrementado de manera acelerada en las últimas décadas. Frente a la gran magnitud de las pérdidas en recursos debidas a esta causa, se reconoce como urgente la labor de realizar estudios que permitan cuantificar el nivel de los daños y generar diagnósticos que ayuden a prevenir la pérdida total de los mismos (Sanz, sin publicar; Isachenko, 1974; Martínez de Pisón, sin publicar).

En la presente investigación la influencia de los aspectos socio-económicos se analizó en su relación con el paisaje. Se consideró a la sociedad, no como un factor "externo"

al sistema natural y cuya función se limita a la perturbación del paisaje, sino como un componente integrante del sistema ambiental, del cual aprovecha los recursos naturales –o se sirve de ellos- para desarrollarse y, por lo tanto, que está funcionalmente vinculado con los paisajes naturales. En este sentido, existen áreas de intensa ocupación que constituyen paisajes de amplio interés social, como es el caso de los poblados y las plantaciones agroforestales, por los cuales existe un interés por su conservación e integración armónica en el contexto funcional del territorio.

Dado el alto número y dispersión de los pueblos y de los usos agropecuarios en el área se consideró importante conocer la magnitud de la población y la distribución de los núcleos habitacionales, así como de los usos de suelo que suponen un mayor interés económico. Frente a la dificultad que supone obtener información sobre marginación, migración, población por rama de actividad, etc., a nivel de localidad, en este caso se trabajó con los datos de las fuentes disponibles a nivel municipal y a nivel de localidad.

METODOLOGÍA

2.1 Cálculo de las variables del valor del paisaje

a) Calidad fisonómica

Para la interpretación se consideró como un dato principal el porcentaje de la superficie ocupada por Acahual, cuyo significado en términos de disturbio y su amplia distribución en el área permite la comparación entre Subgeosistemas. Las áreas con un porcentaje menor al 45% se consideraron como de muy alta calidad fisonómica; la categoría de alta calidad se les asignó a aquellos Subgeosistemas que obtuvieron entre 45 y 68% de cobertura de acahual; a los Subgeosistemas cuyo rango de cobertura de acahual estuvo entre 68 y 80% se les agrupó como de baja calidad fisonómica y; aquellos Subgeosistemas con coberturas de acahual mayores a 81% se les asignó la categoría de muy baja calidad fisonómica. (Cuadro 3.2)., los rangos se establecieron con base en el análisis de los porcentajes de otras coberturas que representarían una alta calidad fisonómica en el territorio, como las selvas y los bosques, que generalmente presentan valores altos cuando el porcentaje de acahual es menor.

Cuadro 3.1 Calidad fisonómica por Subgeosistema

Calidad fisonómica de los paisajes elementales	Paisajes Elementales																Calidad del subgeosistema
	B	B	MA	MA	MA	A	MB	MB	MB	A	A	B	A	MA	A	A	
Paisajes Elementales	A	AH	BE	BP	BT-N	C	CA	CI	LE	P	PA	Sab	SBC	SMSp	TA	VG	
Subgeosistemas																	
Cuenca moderada de granito con granodiorita con Selva Muy Abierta	84.45	3.51	0	0.40	0	0	0.15	1.03	0.62	3.63	0.09	0	6.11	0	0	0	Muy baja
Cresta abrupta de granodiorita con Selva Abierta	75.96	0.13	0	0	0	0	0.64	0	0.18	3.26	0	0	8.13	11.70	0	0	Baja
Lomerío alto abrupto de gneis con Selva Muy Abierta	81.76	0.78	2.44	0.54	0	0.08	0.22	1.09	0.01	5.41	0.07	0	7.30	0.00	0.11	0.20	Muy baja
Lomerío alto moderado de granodiorita con Selva Abierta	72.82	2.21	0.00	0	0.08	0	0.67	1.24	5.64	5.00	0	0	9.09	3.24	0	0	Baja
Lomerío medio moderado de gneis	74.27	0.60	0.00	14.82	0	1.28	0.08	4.87	0	1.29	1.42	0	0.98	0	0	0.40	Baja
Lomerío alto moderado de granito con selva abierta	78.34	3.05	0.36	6.99	0	0.04	0.30	8.70	0	2.17	0	0	0	0	0.04	0	Baja
Lomerío bajo suave de gneis con selva cerrada	69.88	2.99	0	0	0	0	1.10	3.49	0	0.63	1.69	0	20.20	0	0.03	0	Alta
Llanura aluvial con selva cerrada	44.59	2.63	0	0	0	9.22	1.20	1.79	0.06	7.04	9.18	0	9.25	0.33	12.01	2.70	Muy alta
Lomerío medio moderado de gneis con selva cerrada	53.79	2.23	0	0.07	0	0.05	0.48	1.15	1.44	1.72	0.07	0	36.66	2.11	0.15	0.07	Alta
Montaña baja abrupta de granodiorita con selva abierta	73.38	1.61	0	0	0.81	0.17	0.68	0.24	3.22	3.78	0.01	0	4.14	11.74	0.07	0.16	Baja
Montaña baja abrupta de gneis con selva cerrada	63.74	0.53	7.17	2.24	0.91	0.34	0.28	0.92	0.45	1.82	0	5.27	15.32	0	0.52	0.48	Alta
Montaña baja moderada de mármol con selva muy abierta	90.82	0	0.0	0	0	0.33	0	0.00	0	5.86	0	0	3.00	0	0.00	0	Muy baja
Montaña baja muy abrupta de toba con bosque cerrado	49.15	0	25.09	0	0	1.13	0	0.41	0.54	0.07	0	16.09	6.58	0	0.77	0.17	Alta
Montaña media abrupta de gneis con bosque cerrado	0.88	0	0	99.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Muy alta
Montaña media abrupta de granito y granodiorita con selva abierta	78.27	0	4.37	6.32	0	0	0.04	1.85	0.45	4.01	0	0	4.68	0	0	0	Baja
Montaña media muy abrupta de caliza con selva cerrada	60.40	0.62	0.23	6.99	0	0.37	0	0.07	0.43	1.37	0.08	0	28.78	0	0.45	0.22	Alta
Montaña media muy abrupta de granito con bosque cerrado	41.95	0.08	0	47.15	0.52	0.01	0.27	0.38	0	0.75	0	0	8.89	0	0	0	Muy alta
Submontaña abrupta de granodiorita con selva abierta	73.61	0.02	0	0	0	0	1.54	5.19	0	2.62	0	0	17.02	0	0	0	Baja
Submontaña abrupta de gneis con selva cerrada	67.20	0	0	0	0	11.62	0	0	0	0.81	0	0	20.31	0.07	0	0	Alta
Submontaña abrupta de granito y granodiorita con selva abierta	81.86	0	0	0	0	0	0	0	0	0.72	0	0	17.42	0	0	0	Muy baja
Submontaña muy abrupta de granito con bosque cerrado	80.93	0	0	18.55	0	0	0	0	0	0.48	0.04	0	0	0	0	0	Baja

Calidad Fisonómica: (MA) muy alta, (a) alta, (b) baja, (MB) muy baja

Clases de Paisajes Elementales: (A) acahual, (AH) asentamiento humano, (BE) bosque de encino, (BP) bosque de pino, (BT-N) bosque de tachicón y nanche, (C) cauce, (CA) cultivo anual, (CI) cultivo inactivo, (LE) ladera erosiva, (P) pastizal, (PA) plantación agroforestal, (Sab) sabana, (SBC) selva baja caducifolia, (SMSp) selva mediana subperennifolia, (TA) terraza aluvial, (VG) vegetación de galería

Fuente: Elaboración propia

b) Significado social

Se obtuvo información socio-económica de 117 localidades ubicadas en el interior del polígono del área de estudio. Para cada Subgeosistema se determinaron indicadores sociales: número de localidades, población total y por localidad y densidad de población, como base para explicar la ocupación demográfica, así como otros relacionados con la productividad económica: población económicamente activa (PEA), PEA por sectores, porcentaje de las áreas ocupadas por pastizales y plantaciones forestales, como indicadores de la importancia de los sistemas productivos y de los usos de mayor permanencia y que suponen una mayor inversión y productividad económica del área.

Los datos fueron integrados a un programa estadístico a fin de calcular totales, promedios e índices. Los resultados fueron ordenados en una matriz de doble entrada para facilitar la interpretación comparativa de los datos, la identificación de las tendencias y la clasificación del Significado Social de los Subgeosistemas del Paisaje (Cuadro 3.3).

El dato base para establecer los rangos del significado social fue la densidad de población, es decir, la cantidad de habitantes por km^2 , el límite de los rangos se apoyó también en el análisis de otras variables referentes a las características socioeconómicas de la zona de estudio, y en el porcentaje de superficie que suponen un mayor valor económico como lo son las plantaciones agroforestales y cultivos.

Los Subgeosistemas de muy alto significado social son aquellos cuya densidad de población rebasa 121 hab/ km^2 ; los de alto significado social son todos los Subgeosistemas cuyo dato para la densidad de población se encuentra entre 114 y 120 hab km^2 ; todos aquellos Subgeosistemas cuyo dato es mayor a 7 menor a 114 hab/km^2 son considerados como de bajo significado social y finalmente; los Subgeosistemas que obtuvieron valores inferiores a 7 hab/km^2 se consideraron como de muy bajo significado social.

Cuadro 3.3 Significado social de los Subgeosistemas

Subgeosistema	Num de Loc	Pob total	Hab/Km2	PEA	PEASP	PEASP%	PEASS	PEASS%	PEAST	PEAST%	PEAO	Pastizal*	Plant Agrof*	Categoría
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	2	391	6.9	95	69	73	6	6	20	21	174	1.37	0.08	MUY BAJA
Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Selva/Bosque Cerrado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.75	0.00	MUY BAJA
Montaña Media Abrupta de Gneis con B. De Pino-Encino Cerrado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	MUY BAJA
Montaña Media Abrupta de Granito/granodiorita con Selva Cerrada	1	400	6.4	77	51	69	16	21	7	9	164	4.01	0.00	MUY BAJA
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Selva Cerrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.00	MUY BAJA
Montaña Baja Aburpta de Gneis con Selva Abierta	8	1470	120.4	367	247	68	32	9	84	23	440	1.82	0.00	ALTA
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Cerrada	4	700	9.5	163	144	92	3	2	10	6	251	3.78	0.01	MUY BAJA
Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta	3	751	91.2	219	179	89	7	3	15	7	293	5.86	0.00	BAJA
Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque de P-E Cerrado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0.04	MUY BAJA
Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.81	0.00	MUY BAJA
Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.62	0.00	MUY BAJA
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Cerrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.72	0.00	MUY BAJA
Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.26	0.00	MUY BAJA
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta	6	4602.0	114	1057	492	52	154	16	299	31	1013	3.63	0.09	ALTA
Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva Abierta	11	6799	66.2	1430	973	70	123	9	297	21	1472	5.41	0.07	BAJA
Lomerío Alto Moderado de Gneis con Selva Muy Abierta	8	3674	95.5	581	430	75	79	13	62	10	659	1.29	1.42	BAJA
Lomario Alto Moderado de Granito con Selva Muy Abierta	11	6414	202.9	1355	501	39	277	21	515	40	1353	2.17	0.00	MUY ALTA
Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Muy Abierta	9	4557	44.9	865	751	88	53	6	48	5	946	5.00	0.00	BAJA
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	19	12169	36.8	2839	1862	67	421	15	477	17	2842	1.72	0.07	BAJA
Lomario Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	10	6241	121.7	1593	712	47	446	30	343	23	1578	0.63	1.69	MUY ALTA
Llanura Aluvial con Selva Cerrada	31	24394	321.9	6476	2206	35	1276	20	2741	44	6278	7.04	9.18	MUY ALTA
Total	105	68850.0	54	16196	7927	52	2829	17	4782	30	16141			

(*) Indica el porcentaje que representa respecto de la superficie total del Sistema de paisaje

(PEA) población económicamente activa, (PEASP) PEA en sector primario, (PEASS) PEA en sector secundario, (PEAST) PEA en sector terciario.

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2000)

c) Fragmentación de los Subgeosistemas

La clasificación de los Subgeosistemas se basó en los dos indicadores de la fragmentación que mayor correlación mostraron con la distribución de los paisajes: densidad de parches y tamaño medio del parche. La clase de muy alta fragmentación se define por una densidad de parches mayor a 30/ ha y tamaño medio del parche inferior a 30 ha; los paisajes de alta fragmentación se caracterizan por una densidad de parches de 20 a 30/ ha y tamaño medio del parche de 30 a 40 ha; en el caso de los Subgeosistemas con un bajo valor del paisaje, la densidad de parches va de 10 a 20/ha y el tamaño medio del parche oscila entre 50 y 100 ha; finalmente, se les asignó muy bajo valor de fragmentación a los Subgeosistemas con un valor de densidad de parches menor a 10/ha y tamaño medio del parche mayor a 121 ha. (Cuadro 3.4)

d) Fragilidad de los Subgeosistemas

Los rangos de la fragilidad de los Subgeosistemas se obtuvieron con base en el análisis de la morfología de laderas que se presentó en el primer capítulo. De esta forma, a la morfología muy abrupta se le dio la categoría de muy alta, a la abrupta se le dio la categoría de alta, en el caso de los Subgeosistemas con morfología moderada se les dio la categoría de media y finalmente a las morfologías suave y llanura se les asignó la categoría de baja y muy baja.

2.2 Cálculo del valor del paisaje

El Valor de los Subgeosistemas se obtuvo por medio del análisis de cuatro variables: Calidad Fisonómica, Significado Social, Fragilidad y Fragmentación. Se determina por medio de un índice que utiliza la diferencia entre el valor estandarizado de las cuatro variables en una unidad de paisaje, considerando los efectos positivos (valor social y calidad fisonómica) y negativos (fragmentación y fragilidad) en cada uno de los Subgeosistemas. Los valores obtenidos para cada una de las variables consideradas se reclasificaron de manera cualitativa, mediante una escala ordinal de 1 a 5, quedando de la siguiente forma. Para el significado social 4 (muy alto), 3 (alto), 2 (bajo) y 1 (muy bajo); para la calidad fisonómica 4 (muy alta), 3 (alta), 2 (baja) y 1 (muy baja); para la fragmentación 1 (muy baja), 2 (baja), 3 (alta) y 4 (muy alta); finalmente para la fragilidad (muy baja), 2 (baja), 3 (media), 4 (alta) y 5 (muy alta).

Cuadro 3.4 Fragmentación de los Subgeosistemas

Subgeosistema	Área (ha)	% área	Num. de parches	Densidad Parches/ha	Riqueza	Parche más grande (ha)	Parche más pequeño (ha)	Media	Conectividad	Categoría
Cuenca moderada de granito con granodiorita con Selva Muy Abierta	4058	3.02	56	0.014	9	3,427	0.1875	72.47	5.68	BAJA
Cresta abrupta de granodiorita con Selva Abierta	725	0.53	23	0.032	7	295	0.375	31.53	18.45	MUY ALTA
Lomerío alto abrupto de gneis con Selva muy Abierta	10259	7.64	290	0.028	16	2298	0.1875	35.37	4.27	ALTA
Lomerío alto moderado de granodiorita con Selva Abierta	10078	7.5	321	0.032	10	4890	0.1875	31.39	3.04	MUY ALTA
Lomerío alto moderado de gneis con Selva Cerrada	3844	2.86	48	0.012	10	1710	0.1875	80.11	1.14	BAJA
Lomerío alto moderado de granito con Selva Abierta	3161	2.35	38	0.012	9	2476	0.1875	83.19	13.88	BAJA
Lomerío bajo suave de gneis con Selva Cerrada	5127	3.81	277	0.054	9	1757	0.125	18	4.013	MUY ALTA
Llanura aluvial con Selva Cerrada	7554	5.62	430	0.057	12	745	0.1875	17.56	0.9	MUY ALTA
Lomerío medio moderado de gneis con Selva Cerrada	34020	25.33	1155	0.034	13	11503	0.125	29.38	64.87	MUY ALTA
Montaña baja abrupta de granodiorita con Selva Abierta	7541	5.61	204	0.027	13	3588	0.1875	36.96	6.49	ALTA
Montaña baja abrupta de gneis con Selva Cerrada	18080	13.46	465	0.026	14	4470	0.1875	38.88	3.82	ALTA
Montaña baja muy abrupta de toba con Bosque Cerrado	1834	1.36	57	0.031	10	427	0.125	32.19	26.63	MUY ALTA
Montaña baja moderada de mármol con Selva Muy Abierta	823	0.61	16	0.019	4	726	1.06	51.45	26.78	BAJA
Montaña media abrupta de gneis con Bosque Cerrado	1215	0.9	10	0.008	2	778	281	121.5	100	MUY BAJA
Montaña media abrupta de granito / granodiorita con Selva Abierta	6197	4.61	149	0.024	9	3377	0.125	41.59	6.33	ALTA
Montaña media muy abrupta de caliza con Selva Cerrada	5648	4.2	105	0.019	12	2220	0.1875	53.75	9.56	BAJA
Montaña media muy abrupta de granito con Bosque Cerrado	11765	8.76	114	0.01	9	3328	0.125	103	6.45	BAJA
Submontaña abrupta de granodiorita con Selva Abierta	831	0.61	29	0.035	6	612	0.125	28	17.39	MUY ALTA
Submontaña abrupta de gneis con Selva Cerrada	256	0.19	13	0.051	5	169	0.1875	19.69	33.12	MUY ALTA
Submontaña abrupta de granito / granodiorita con Selva Abierta	417	0.31	10	0.024	3	341	2.98	41.7	22.72	ALTA
Submontaña muy abrupta de granito con Bosque Cerrado	806	0.6	5	0.006	4	625	0.1875	161	25	MUY BAJA

Fuente: Elaboración propia

En el caso del significado social y la calidad fisonómica es claro que representan un efecto positivo para el valor del paisaje, por lo que el valor numérico de estas variables se incrementa conforme la calidad fisonómica y significado social son mayores.

Por su parte, la fragilidad representa un efecto negativo sobre el paisaje, lo cual se explica porque los paisajes con morfologías más abruptas suponen una mayor sensibilidad natural y la necesidad de ser resguardados de ciertas formas de uso, sobre todo en el caso de paisajes de alta calidad visual, como ocurre en el Subgeosistema de la Montaña Media Abrupta de Granito con Granodiorita y Selva Cerrada, la cual representa la superficie con un mayor porcentaje de vegetación conservada en el área. De igual forma, la fragmentación que se deriva del disturbio supone un efecto negativo que afecta no sólo la calidad fisonómica, sino el contenido, la estructura y funcionalidad del paisaje, razón por la cual, el valor del paisaje asciende conforme a esta variable.

En atención a dichos criterios, la fórmula utilizada para calcular la calidad de los paisajes fue la siguiente:

$$VSP = \frac{\sqrt{CF \times SS}}{8} - \frac{\sqrt{FT \times FL}}{9} \cdot 100$$

Dónde CF (Calidad Fisonómica), VS (significado social), FT (Fragmentación), FL (Fragilidad) y VSP (Valor de los Subgeosistemas de Paisaje), 8 y 9 son la sumatoria de los valores máximos de las clases.

La fórmula consiste en una variación del índice de impactos básicos aplicado por Bojorquez (1989) para elaborar estudios de impacto ambiental, ya que este tipo de estudios suponen una integración de cada vez un mayor número de componentes del medio, además de que este autor propone con su índice un sistema de evaluación que considera los efectos multiplicativos de la magnitud y extensión de los efectos y no sólo la fórmula aditiva original., esta fórmula propuesta es

$$IB = \frac{\sqrt{M.E.D}}{9}$$

9

Donde los valores de M, E y D son los valores de magnitud, extensión y duración de los diversos impactos estimados. El valor de 9 en el cociente es para estandarizar a 1.0 los valores del índice.

En el caso de la fórmula para calcular el valor del paisaje se sustituyeron los valores citados por el valor de aquellas variables que se consideró son fundamentales para la dinámica de la estructura general del paisaje.

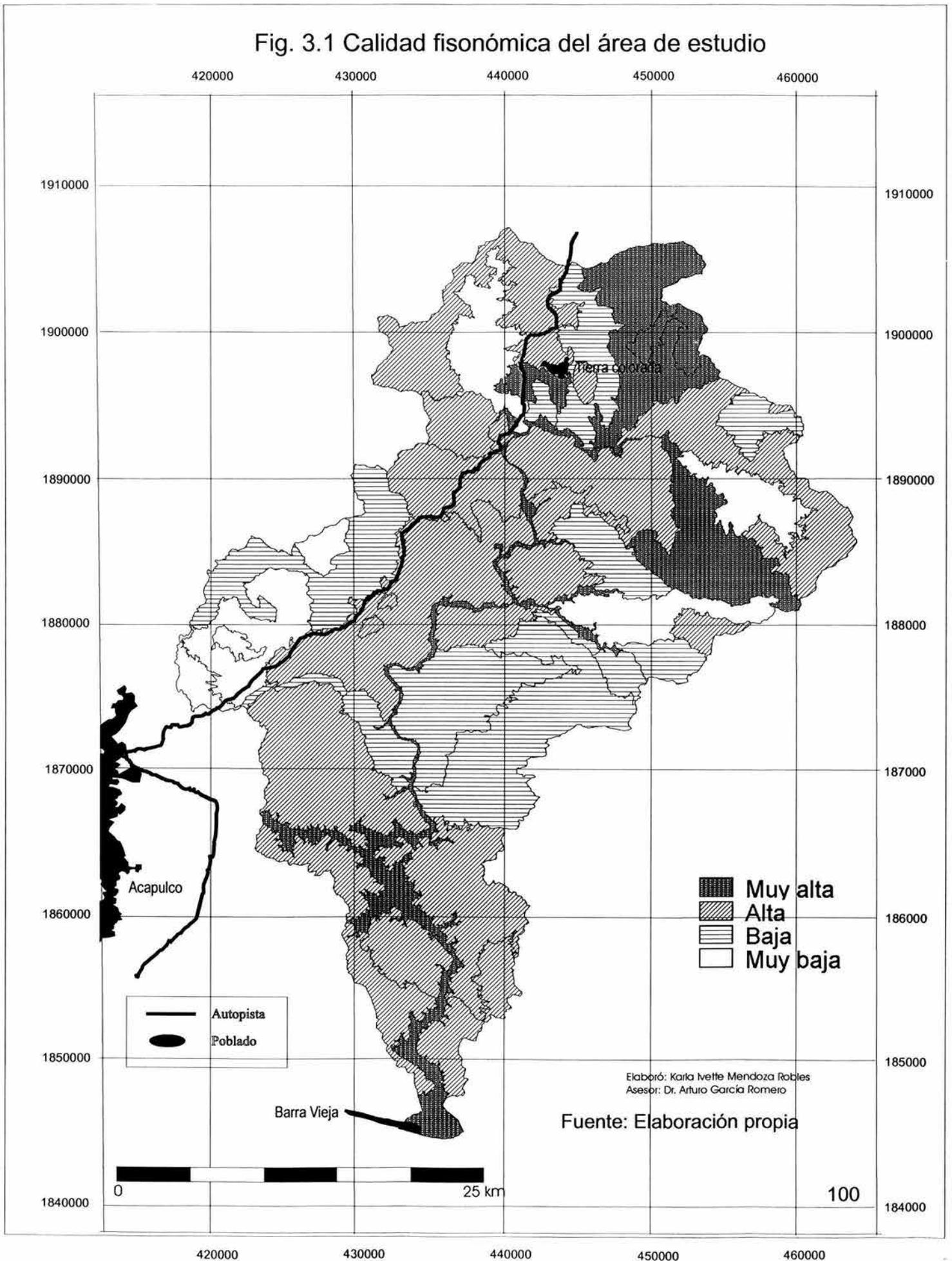
RESULTADOS

a) Calidad Fisonómica

La clase de Muy Alta Calidad Fisonómica representa el 15 % del área total e incluye tres Subgeosistemas del Paisaje: Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado y Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado, los cuales, no obstante contener altos porcentajes de coberturas de Acahual (cerca del 50 %), incluyen importantes áreas (> 40%) de Selvas, Bosques y Terrazas, entre otros tipos de paisajes que se consideran de Alta Calidad Fisonómica. Por su parte, la clase de Alta Calidad Fisonómica se distribuye en cerca de la mitad del área de estudio (48.33 %) e incluye seis Subgeosistemas del Paisaje, entre montañosos y de lomeríos, los cuales se caracterizan por altas coberturas de Acahual (50-70 %) y disminución de las coberturas naturales (20-40 %), respecto al caso anterior.

La clase de Baja Calidad Fisonómica representa el 24.54 % de la superficie total e incluye a ocho Subgeosistemas del Paisaje, caracterizados por muy altos porcentajes de cobertura de acahual (70-80 %) y escasas coberturas forestales (10-20 %). Finalmente, la clase de Muy Baja Calidad Fisonómica representa cerca de una décima parte del territorio (11.68 %) en el que se incluyen tres Subgeosistemas del Paisaje: Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta, Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta y Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva muy Abierta, las cuales se caracterizan por las más altas coberturas de Acahual (>80%) y bajas coberturas naturales (< 10 %). (Fig 3.1)

Fig. 3.1 Calidad fisonómica del área de estudio



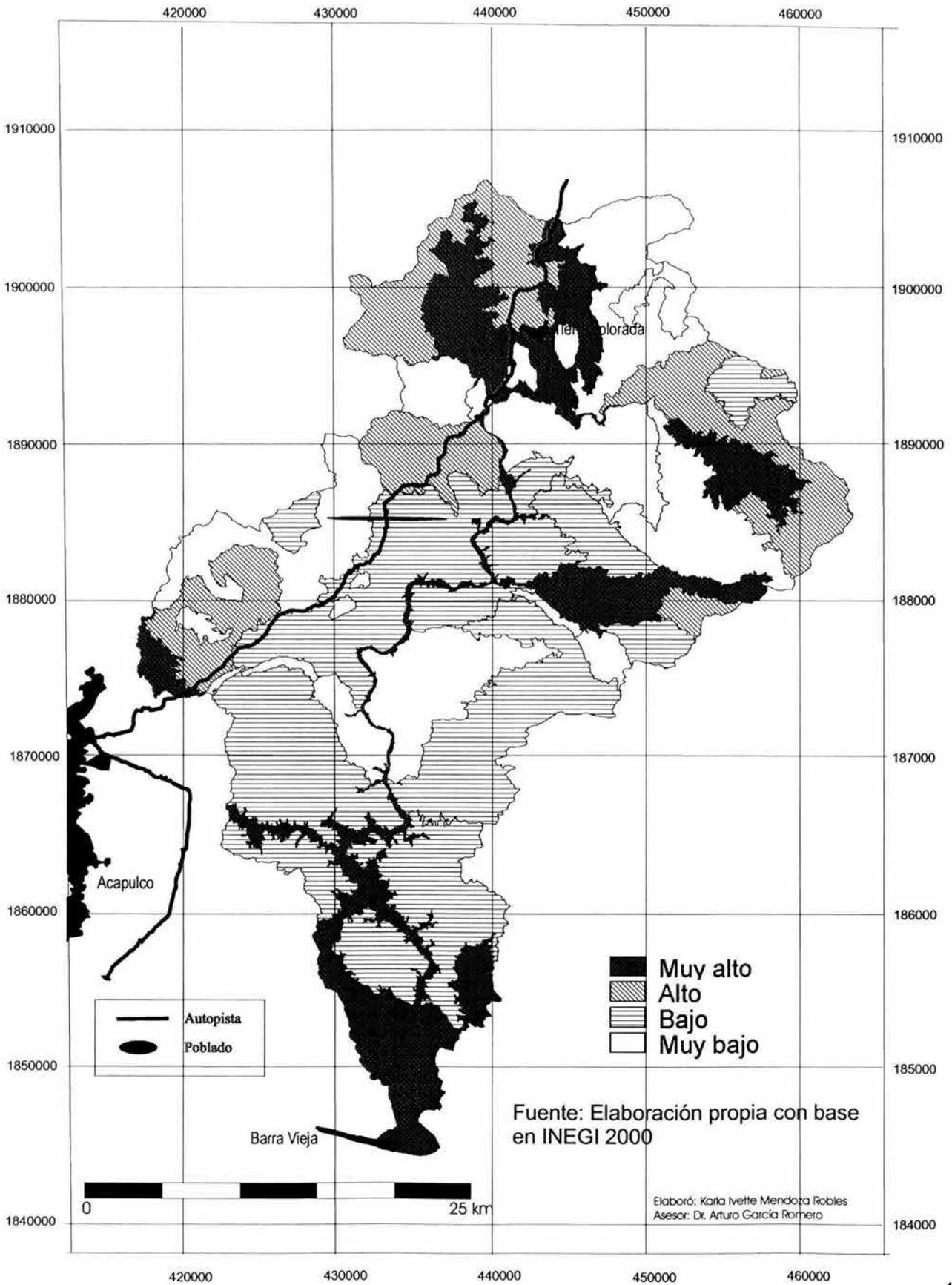
b) Significado social

La clase de paisajes de Muy Alto Significado Social representa el 19.62% del área e incluye cuatro Subgeosistemas del Paisaje: Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos, Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta y Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada (Fig. 3.2), los cuales se caracterizan por un amplio desarrollo poblacional (321.9, 202.9 y 121.7 hab/ha respectivamente) y de las actividades del sector terciario (44, 40 y 23, respectivamente). Cabe señalar un alto valor del paisaje derivado de la alta concentración de las actividades agrícolas que se pueden considerar como de mayor interés económico y permanencia, es decir, los pastizales y las plantaciones agroforestales, que en el caso de la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos se extienden en el 7.04 en el caso de los pastizales y 9.18 para las plantaciones agroforestales.

La clase de paisajes de Alto Significado Social representa el 16.63% del área e incluye dos Subgeosistemas del Paisaje: La Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada y la Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta (Fig. 3.2). La densidad de población es de 120.4 y 114 hab/km², respectivamente, mientras que el número de localidades es de 8 y 6, respectivamente, los cuales son inferiores al caso anterior, aunque altos en el contexto del área en su conjunto. No obstante los altos valores que alcanza la PEA en los sectores secundario (9 y 16%) y terciario (23 y 31 %), se ubican muy por debajo de la PEA del sector primario (68 y 52%) en toda la zona de estudio, es decir, se trata de una población menos numerosa aunque más dependiente de las actividades agropecuarias. EL desarrollo de pastizales y plantaciones agroforestales es mucho menos notable que en el caso anterior, el único dato significativo es el 3.63% del área de la cuenca que está dedicado al cultivo de pastos.

La clase que agrupa a los paisajes de Bajo Significado Social representa la más extensa superficie del área (35.92%) e incluye cuatro Subgeosistemas del Paisaje: Lomerío Alto Moderado de Gneis con Bosque Cerrado, Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta, Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta y Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada (Fig. 3.2). Se caracterizan todos ellos por una densidad de población que no alcanza los 100 hab/ha y, salvo excepción de la última unidad que debido a su amplia extensión concentra una

Fig. 3.2 Significado social



gran población (12,169 hab) y número de localidades (19), el resto se encuentra muy por debajo de los datos registrados en las clases anteriores. En todo caso, la PEA está básicamente dedicada a las actividades primarias, en su mayoría agrícolas y luego, pecuarias, siendo prácticamente inexistente la producción de plantaciones forestales, las cuales se restringen al interior de pequeños llanos que separan a las lomas.

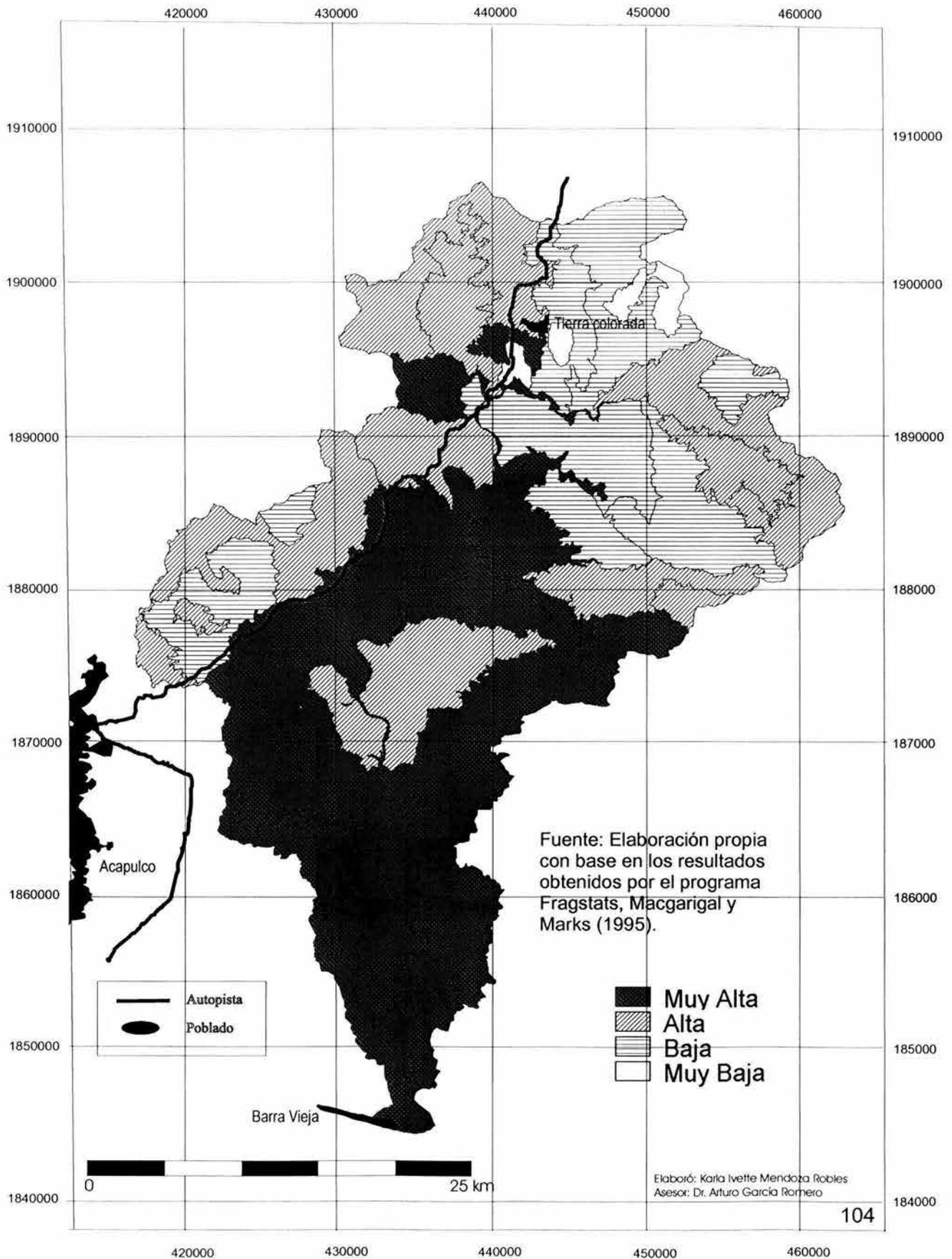
La clase de paisajes de Muy Bajo Significado Social abarca una superficie equivalente al 27.81% del total e incluye a los 11 Subgeosistemas restantes, de los cuales ocho están deshabitados, tres no superan los 10 hab/ha y, en todo caso tienen menos de cinco localidades (Fig. 3.2). La PEA en los sectores secundario y terciario es prácticamente inexistente y la población se dedica a las actividades agropecuarias (en los Subgeosistemas habitados la población se dedica en un 69% o más a las actividades primarias (<40% de superficie de pastos y <1% de plantaciones forestales en cada caso).

c) Fragmentación

Como es de esperar, los Subgeosistemas de mayor superficie se caracterizan por el mayor número y la mayor riqueza de parches, con la excepción de la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado. Sin embargo, cabe destacar que estos mismos Subgeosistemas de gran tamaño muestran alto grado de fragmentación y baja conectividad, lo cual se correlaciona con una baja probabilidad de conexión entre los parches (Cuadro 3.4). En contraparte, los Subgeosistemas de menor superficie –como es el caso de las submontañas- se caracterizan por tener el menor número y riqueza de parches, lo cual se interpreta como un alto grado de homogeneidad paisajística y conectividad entre sus paisajes interiores (Cuadro 3.4).

Dada la diversidad de factores naturales y culturales que explican las tendencias en el comportamiento de los indicadores analizados, la interpretación integral de los resultados plantea una serie de problemas debido a la contradicción de los datos. De estos indicadores la Densidad de Parches, el Tamaño Medio del Parche y la Riqueza son los que mejor explican las diferencias entre los Subgeosistemas y por esta razón se les ha utilizado como base para el establecimiento de la clasificación cualitativa de la Fragmentación del paisaje (Figura 3.3 y Cuadro 3.4). La clasificación incluye cuatro clases de fragmentación espacial que se describen a continuación.

Fig. 3.3 Fragmentación de la zona de estudio



La clase de paisajes de Muy Alta Fragmentación representa el 44.69% del área e incluye 8 Subgeosistemas del Paisaje: Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos y, Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada, entre otros que se caracterizan por relieves bajos y morfología suave que favorecen el poblamiento y desarrollo de actividades agropecuarias. De manera inesperada algunos Subgeosistemas de relieve prominente como es el caso de la Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta y la Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada muestran también un alto grado de fragmentación. En todas ellas la densidad de parches es superior a 30 y el tamaño medio del parche puede ser muy inferior de 30 has. La riqueza de tipos de paisajes interiores es de 5 a 13, aunque como es de esperar este dato varía en función de las dimensiones de cada Subgeosistema, siendo la unidad de mayor riqueza el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada (13 tipos de Paisajes Elementales), seguido de la Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta (7 tipos) y las submontañas (5 y 6 tipos). Cabe señalar que no obstante el alto grado de fragmentación, la riqueza no supera a la obtenida por otras clases, lo cual indica que bajo este grado de fragmentación el proceso de simplificación ambiental es notable.

La clase de paisajes de Alta Fragmentación abarca una superficie equivalente al 31.78% del total e incluye 5 Subgeosistemas del Paisaje, los cuales coinciden con lomeríos, montañas y submontañas de relieves abruptos. Se caracterizan por mostrar una densidad de parches de entre 20 y 30 por ha y, como es de esperar, el tamaño medio del parche es mayor que en el caso anterior (entre 30 y 40 has). Otros indicadores como la riqueza y el tamaño mínimo de parche se mantienen similares.

La clase de paisajes de Baja Fragmentación representa el 21% del área total e incluye 6 Subgeosistemas del Paisaje, entre los que se incluyen lomeríos altos y montañas que se distribuyen preferentemente en la parte media y alta de la cuenca. Todas estas unidades coinciden en mostrar una densidad de parches de entre 10 y 20 por ha, en tanto que el tamaño medio del parche (de 50 a 100 has) y el tamaño mínimo de los parches (>726 has) se disparan respecto de las clases anteriores. En contraste, la riqueza de tipos de Paisajes Elementales disminuye, aunque de manera poco sensible.

Como es de esperar la clase de paisajes de Muy Baja Fragmentación está poco representada (1.51% del total) e incluye sólo dos Subgeosistemas del Paisaje: la Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado y la Submontaña Media Muy

Abrupta de Granito con Bosque Cerrado. Las diferencias respecto de las clases anteriores son notables, ya que en este caso la densidad de parches disminuye a menos de 10 parches por ha, en tanto que el tamaño medio del parche se incrementa a 121.52 y 161 has, respectivamente. Como es de esperar, la riqueza disminuye (2 y 4 tipos en cada caso), así como el número de parches que es inferior 10.

d) Fragilidad

En este sentido, los Subgeosistemas del Paisaje de Muy Alta Fragilidad (15.06% del área total) se caracterizan por una morfología abrupta y están modelados sobre diversos materiales. Este es el caso de los Subgeosistemas de la Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, la Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada y la Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado, los cuales tienen una pendiente de 15 a 45 grados y su energía del relieve por encima de los 145 m (Fig. 1.3 y Cuadro 3.5).

Los paisajes de Alta Fragilidad corresponden a los Subgeosistemas de morfología abrupta (34.06% del área de estudio): Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta, Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva Muy Abierta, la Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta, la Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta, la Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, la Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta y la Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta (Fig. 1.3 y Cuadro 3.5), los cuales se caracterizan por un rango de pendiente de 5 a 30 grados y energía del relieve de 63 a 150 m.

Los paisajes de Fragilidad Media corresponden a los Subgeosistemas con morfología moderada: Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta, Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta, Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada, Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta y el Lomerío Alto Moderado de Gneis con Bosque Cerrado, los cuales abarcan la mayor la superficie (41.34%) de la cuenca (Fig. 1.3 y Cuadro 3.5), con valores de pendiente de 0 a 15 grados y energía del relieve de 40 a 60 m.

Cuadro 3.5 Fragilidad de los Subgeosistemas

Sistema de paisaje	Pendiente	Energía del relieve	Morfología	Categoría
	(°)	(m)		
Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con Selva Cerrada	15-45	147.69	Muy abrupto	Muy alta
Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	15-45	178.24	Muy abrupto	Muy alta
Montaña Media Abrupta de Gneis con Bosque Cerrado	5-30	150	Abrupto	Alta
Montaña Media Abrupta de Granito/granodiorita con Selva Abierta	5-30	116	Abrupto	Alta
Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado	15-45	116	Muy abrupto	Muy alta
Montaña Baja Aburpta de Gneis con Selva Cerrada	5-30	103	Abrupto	Alta
Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	5-30	105	Abrupto	Alta
Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta	0-15	60	Moderado	Media
Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado	15-45	356	Muy abrupto	Muy alta
Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada	5-30	170	Abrupto	Alta
Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	5-30	82	Abrupto	Alta
Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta	5-30	63	Abrupto	Alta
Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta	5-30	108	Abrupto	Alta
Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta	0-15	50	Moderado	Media
Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva Muy Abierta	5-30	51	Abrupto	Alta
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Bosque Cerrado	0-15	40	Moderado	Media
Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta	0-15	44	Moderado	Media
Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta	0-15	37.6	Moderado	Media
Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada	0-15	57.37	Moderado	Media
Lomario Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada	0-5	31	Suave	Baja
Llanura Aluvial con Selva Cerrada	0-5	0	Llanura	Muy baja
Total				

(*) El valor de la pendiente Indica el porcentaje que representa respecto a la superficie total del Sistema de paisaje

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada (3.85%) se caracteriza por relieves de morfología suave que define una Baja Fragilidad, con pendiente de 0 a 5 grados y energía del relieve menor a 40 m. El único Subgeosistema del Paisaje considerado como de Muy Baja Fragilidad es la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos (5.69%) (Fig. 1.3 y Cuadro 3.5), cuyo valor de pendiente es menor de cinco grados y no presenta energía del relieve cuantificable a la escala de trabajo.

b) El valor del paisaje en la zona de estudio

Los Subgeosistemas que obtuvieron Muy Alto Valor del Paisaje fueron la Submontaña Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, la Montaña Baja Abrupta de Gneis con Selva Cerrada, la Montaña Media Muy Abrupta de Granito con Bosque Cerrado, el Lomerío Alto Moderado de Granito con Selva Abierta, la Montaña Media Muy Abrupta de Caliza con selva cerrada y la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos (Fig. 3.4) (Cuadro 3.6). Todos ellos representan el 36.25% del área total y consisten de manera general en montañas poco accesibles y que imponen grandes limitantes al desarrollo de las actividades agrícolas, por lo que obtuvieron bajos niveles de Fragmentación y alta Calidad Fisonómica. Si bien la Llanura Aluvial con Selva Cerrada y Cultivos se caracteriza por un nivel de Fragmentación muy alto que puede asociarse a la pérdida de su naturalidad, esto no afecta su Calidad Fisonómica y es, de hecho, la unidad que concentra la mayor diversidad de Paisajes Elementales, al tiempo que se le puede considerar como un sistema fundamental para el desarrollo de las actividades agropecuarias. En este sentido cabe destacarla porque concentra la mayor superficie en Paisajes Elementales excepcionales y de alto interés social, como son las Plantaciones Agroforestales y las Selvas Medianas (Cuadro 3.2).

Los Subgeosistemas contenidos en este grupo se ubican principalmente en el Geosistema de la Montaña Granítica con Bosque Templado, además del Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería. En el primer caso, los Subgeosistemas de la montaña se caracterizan por alta calidad fisonómica y muy alta fragilidad, aún cuando el significado social tiende a ser bajo. Forman áreas con alto potencial para el desarrollo silvícola y de proyectos ecoturísticos, ambos bajo un

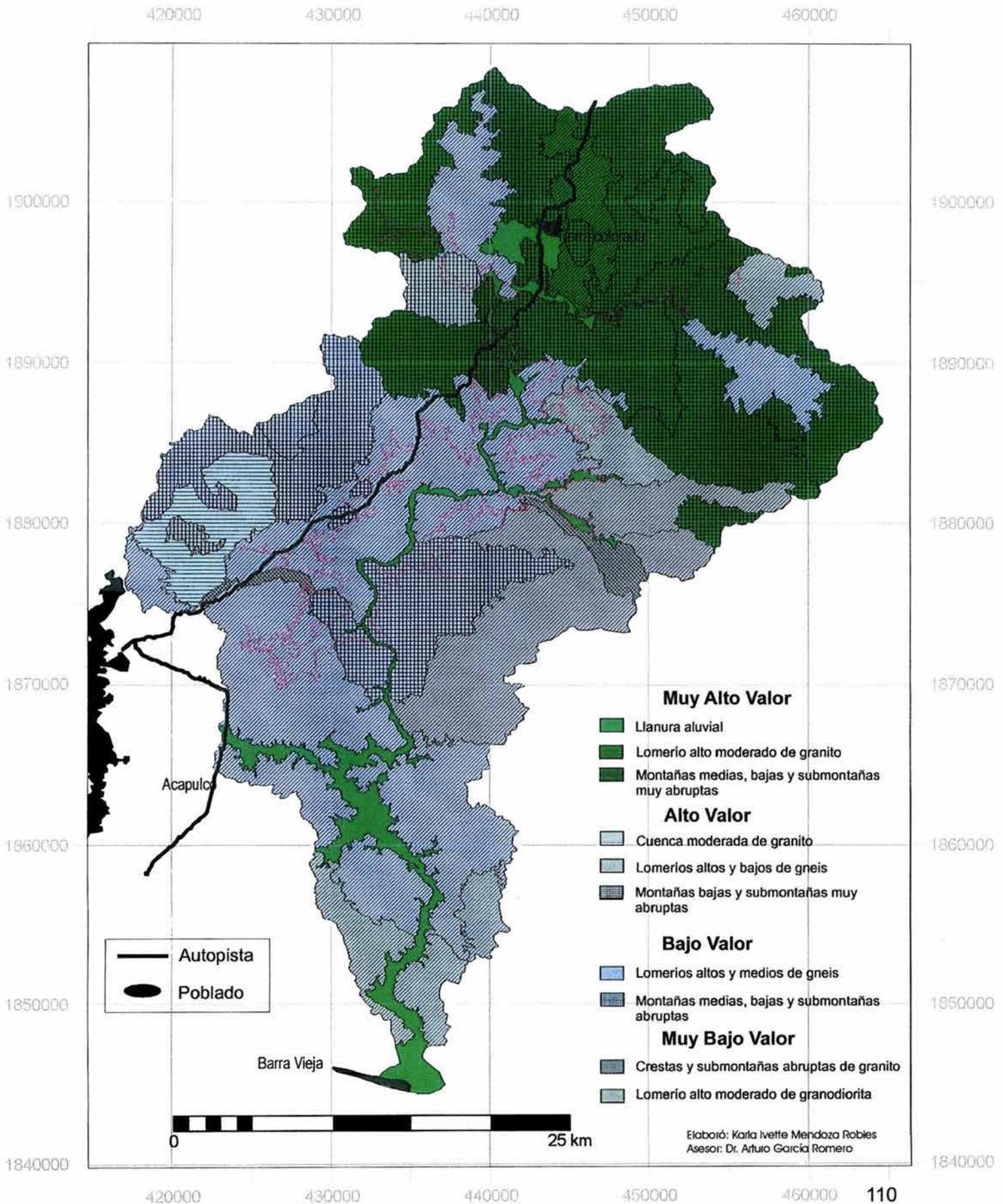
Cuadro 3.6 El valor del paisaje en los Subgeosistemas

Sistema de Paisaje	Calidad fisonómica		Significado social		Fragmentación		Fragilidad		VP	
	Categoría	Valor numérico	Categoría	Valor numérico	Categoría	Valor numérico	Categoría	Valor numérico	Categoría	Valor numérico
Sbmmagrbc	Alta	3	Muy bajo	1	Muy baja	1	Muy alta	1	Muy alto	10.54
Mbagnsc	Alta	3	Alto	3	Alta	3	Alta	2	Muy alto	10.29
Mmagnbc	Muy alta	4	Muy bajo	1	Muy baja	1	Alta	2	Muy alto	9.29
Mmmagrbc	Muy alta	4	Muy bajo	1	Baja	2	Muy alta	1	Muy alto	9.29
Lamgrsa	Baja	2	Muy alto	4	Baja	2	Media	3	Muy alto	8.14
Mmmaczsc	Alta	3	Muy bajo	1	Baja	2	Muy alta	1	Muy alto	5.94
Llalsc	Muy alta	4	Muy alto	4	Muy alta	4	Muy baja	5	Muy alto	0.31
Mbmatobc	Alta	3	Muy bajo	1	Muy alta	4	Muy alta	1	Alto	-0.57
Lbsgnsc	Alta	3	Muy alto	4	Muy alta	4	Baja	4	Alto	-1.14
Lamgnbc	Baja	2	Bajo	2	Baja	2	Media	3	Alto	-2.21
Sbmagrgdsa	Muy alta	4	Muy bajo	1	Alta	3	Alta	2	Alto	-2.21
Cmrggdsma	Muy baja	1	Alto	3	Baja	2	Media	3	Alto	-5.56
Lmmgnc	Alta	3	Bajo	2	Muy alta	4	Media	3	Bajo	-7.89
Laagnsma	Muy baja	1	Bajo	2	Alta	3	Alta	2	Bajo	-9.54
Mbagdsa	Baja	2	Muy bajo	1	Alta	3	Alta	2	Bajo	-9.54
Mbmmasma	Muy baja	1	Bajo	2	Baja	2	Media	3	Bajo	-9.54
Mmagrgdsa	Baja	2	Muy bajo	1	Alta	3	Alta	2	Bajo	-9.54
Sbmagnsc	Alta	3	Muy bajo	1	Muy alta	4	Alta	2	Bajo	-9.77
Lamgdsa	Baja	2	Bajo	2	Muy alta	4	Media	3	Muy bajo	-13.49
Cragdsa	Baja	2	Muy bajo	1	Muy alta	4	Alta	2	Muy bajo	-13.75
Sbmagdsa	Baja	2	Muy bajo	1	Muy alta	4	Alta	2	Muy bajo	-13.75

(Sbm) Submontaña, (M) Montaña, (L) Lomerío, (C) Cuenca, (LI) Llanura, (ma) muy abrupto(a), (a) abrupto(a), (b) bajo (s) suave, (gr) granito, (gn) gneis, (cz) caliza, (al) aluvial, (to) toba, (gd) granodiorita. (bc) Bosque Cerrado, (sc) Selva Cerrada (sa) Selva Abierta, (sma) Selva Muy Abierta,

Fuente: Elaboración propia

Fig. 3.4 El valor del paisaje



contexto de desarrollo sustentable que permita la conservación del nivel freático y la calidad del aire.

En cuanto al Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería, la disponibilidad de agua y la morfología llana son favorables para introducir planes de manejo para un el desarrollo agrícola y ganadero. Sin embargo, debe considerarse como prioritario mantener los niveles de calidad fisonómica y evitar el sobrepoblamiento y la contaminación de agua y suelo que es evidente en torno al río.

Los Subgeosistemas que se clasificaron como de Alto Valor paisajístico fueron la Montaña Baja Muy Abrupta de Toba con Bosque Cerrado, el Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada, el Lomerío Alto Moderado de Gneis con Bosque Cerrado, la Submontaña Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta y la Cuenca Moderada de Granito/Granodiorita con Selva Muy Abierta (Fig. 3.4), (Cuadro 3.6), todos los cuales abarcan una superficie equivalente al 11.47% del área total. Se caracterizan por morfologías abruptas que favorecen niveles Medios a Muy Altos de Fragilidad, con posibilidad de desarrollar intensos procesos de ladera. Aunque los niveles de Fragmentación son Altos y Muy Altos, estos no afectan la Calidad Fisonómica que en todo caso obtuvo valores altos.

Por otro lado, los Subgeosistemas que se clasificaron con Bajo Valor del Paisaje están representados por el Lomerío Medio Moderado de Gneis con Selva Cerrada, el Lomerío Alto Abrupto de Gneis con Selva Muy Abierta, Montaña Baja Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta, la Montaña Baja Moderada de Mármol con Selva Muy Abierta, la Montaña Media Abrupta de Granito/Granodiorita con Selva Abierta y la Submontaña Abrupta de Gneis con Selva Cerrada (Fig. 3.4), (Cuadro 3.6). Estas unidades representan el 43.49% del área total, y se caracterizan por una Fragmentación Alta a Muy alta y por un Significado Social Bajo a Muy Bajo. La Calidad Fisonómica no presenta una tendencia clara, aunque la mayoría de los Subgeosistemas presentan valores altos, lo cual permite que no se establezcan en la categoría inmediata inferior.

Los Subgeosistemas de Muy Bajo Valor paisajístico son el Lomerío Alto Moderado de Granodiorita con Selva Abierta, la Cresta Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta y la Submontaña Abrupta de Granodiorita con Selva Abierta, con apenas el 8.79% de la

superficie total (Fig. 3.4). En todos ellos, los niveles de Fragmentación son Muy Altos, en tanto que la Calidad Fisonómica y el Significado Social tienden a colocarse con valores Muy Bajos (Cuadro 3.6).

Se encontró entonces que la mayor parte de la superficie del área (52.28%) de estudio presentó un bajo y Muy Bajo Valor del Paisaje, lo cual manifiesta que se deben establecer, por un lado, planes para impulsar el crecimiento del área que tengan como base el desarrollo sustentable, es decir, sin afectar los niveles de fragmentación y la calidad fisonómica ni sobrepasar los umbrales de sensibilidad de laderas, principalmente en los Subgeosistemas pertenecientes al Geosistema de montaña. Por otra parte, también sería importante estimular la recuperación del componente biológico, dentro de lo posible, a pesar de que, como ya se dijo anteriormente, un paisaje fragmentado difícilmente recuperará su estructura original.

Los paisajes de Muy Alto y Alto valor reflejan el efecto de la inaccesibilidad y escaso desarrollo socioeconómico, por lo que conservan en mayor medida la vegetación original del potencial bioclimático. Son paisajes que requieren especial atención para el mantenimiento de la biodiversidad en el área de estudio, sobre todo porque la proximidad que mantienen con paisajes de intensa actividad humana incrementa el riesgo de conversión de usos y deforestación en sus límites. El caso de la llanura es particular, porque no obstante el alto grado de fragmentación, contiene paisajes de alto significado social y, por lo tanto, se debe hacer lo posible por establecer criterios de uso sustentable que permitan mantener las condiciones de uso y equilibrio que presenta actualmente.



FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

Conclusiones

La estructura del paisaje en la cuenca del río Papagayo es compleja y en ella influye una larga historia geológica (del Paleozoico hasta la actualidad), cuyas fases de desarrollo se manifiestan en las diversas unidades morfoestructurales que la forman: montañas graníticas, volcánicas y sedimentarias, además de lomeríos gneísicos y llanuras aluviales. Todas ellas constituyen la estructura principal del ambiente, de la cual depende la distribución de todos los demás componentes (relieve, cobertura vegetal y uso del suelo) que forman al paisaje.

El desnivel altitudinal generado por estas estructuras es suficiente para provocar cambios bioclimáticos de gran influencia en la organización del paisaje. A ello se debe la existencia de 21 Subgeosistemas agrupados en tres Geosistemas principales: La Montaña Granítica de Bosques Templados, b) Los Lomeríos de Gneis con Selva Baja Caducifolia y c) La Llanura aluvial con Vegetación de Galería.

El aprovechamiento productivo del suelo data de tiempos prehispánicos y desde entonces, se ha presentado de manera ininterrumpida, por lo que su influencia como factor de la fragmentación y degradación del paisaje es alta. Esta influencia se ha intensificado en la misma medida que el poblamiento y el desarrollo de las actividades económicas. Un aspecto principal es el escaso impulso que se ha dado para el desarrollo socioeconómico de la región. El desarrollo desigual de las localidades del municipio de Acapulco ha provocado que las localidades que forman el área de estudio no presenten crecimiento económico y que su población migre hacia la ciudad de Acapulco. El escaso desarrollo y, en ocasiones, el abandono de las actividades agrícolas derivadas de este proceso espacial se ven reflejados en valores de bajo y muy bajo significado social en la mayor parte de la cuenca.

El estudio de la fragmentación y la conectividad en el área resultó ser una valiosa herramienta de análisis paisajístico, ya que permitió caracterizar la estructura espacial de los paisajes y relacionarla con los aspectos dinámicos que definen las relaciones entre los diferentes tipos de paisajes, así como explicar la problemática que afecta a los espacios naturales y las posibilidades de recuperación.

Los resultados muestran una alta fragmentación del paisaje en los tres geosistemas. Los cultivos, los pastizales y los asentamientos humanos son los Paisajes Elementales que mejor se correlacionan con el proceso de fragmentación y deterioro del paisaje, lo cual se presenta con mayor intensidad en el Geosistema de los Lomeríos de Selva Baja Caducifolia, donde la desmedida expansión de los acahuales (vegetación secundaria de la selva), los coloca como la matriz del paisaje en la mayor parte de su área. En contraste, el Geosistema de la Montaña Granítica con Bosque Templado, es más inaccesible y se caracteriza por fuertes pendientes que limitan la ocupación y las actividades productivas del hombre.

Los resultados muestran que los acahuales, tradicionalmente asociados al abandono de tierras productivas, a la inestabilidad de laderas, excesiva escorrentía superficial y erosión de suelos, constituyen paisajes de amplio valor ecológico. Esto se debe a que los acahuales representan un alto potencial para la recuperación de la selva baja caducifolia, lo cual depende de dos situaciones principales: a) el cese de las presiones naturales o culturales causantes del deterioro, y durante periodos de tiempo amplios que permitan la regeneración natural del geosistema y, b) que el daño post-disturbio no haya causado alteraciones estructurales que impidan la recuperación del sistema.

Las experiencias en otras partes del mundo demuestran que el Geosistema de los Lomeríos de Gneis con Selva Baja Caducifolia es capaz de recuperarse de los daños derivados del disturbio, lo cual es posible, sobre todo debido a una tendencia a la caída del sistema agropecuario en México. Aunque esta tendencia existe en el área de estudio, en la actualidad el sistema agropecuario aun se extiende en amplias extensiones de terreno, donde la actividad agrícola tradicional se combina con la ganadería de caprinos, con periodos de descanso muy cortos que impiden la recuperación de la selva.

Es importante poner mayor atención a la producción agrícola sobre zonas que tengan características adecuadas para este tipo de actividad. El mayor potencial de desarrollo se tiene en el Geosistema de la Llanura Aluvial con Vegetación de Galería y el Subgeosistema de Lomerío Bajo Suave de Gneis con Selva Cerrada,

donde se requiere el desarrollo de sistemas de producción que contemplen el control de la deforestación para prevenir el abandono de la actividad agrícola –y del valor social y económico del paisaje- por erosión y pérdida de la fertilidad del suelo.

Por otro lado, también es importante dar un mayor impulso al desarrollo urbano y en infraestructuras, a fin de elevar el nivel socio-económico de la población, disminuir la migración y aumentar el significado social del paisaje en los Subgeosistemas donde las actividades agrícolas son viables. El desarrollo de la productividad minera a través de la extracción de líticos en la llanura aluvial del río Papagayo, es una importante fuente de ingresos locales que, sin embargo, debe contemplar el control de las extracciones a fin de evitar desequilibrios antrópicos en el área de la llanura, la cual ha sido destacada por la diversidad y calidad de sus paisajes y por ser eje de la estabilidad natural de los ecosistemas en el área.

Frente a la inexistencia de una metodología de validez global para estudiar los paisajes y la valoración paisajística, y dada la escasa literatura sobre metodologías para el estudio integral de las selvas bajas, este trabajo propone la integración de conceptos, métodos y técnicas procedentes de distintas líneas de investigación dentro del campo de los estudios del Paisaje, como base para determinar el Valor del Paisaje, de tal forma que, además de explicar una realidad, resulte en una herramienta valiosa y viable de ser aplicada en áreas similares a la estudiada.

El sistema Taxonómico-corológico del Paisaje propuesto por G. Bertrand (1969) fue utilizado para la clasificación jerárquica de los paisajes, basada en la integración de sus componentes macro y mesoestructurales. El análisis de la estructura espacial se apoyó en los conceptos de Fragmentación y Conectividad entre parches, los cuales han sido ampliamente desarrollados dentro de la Ecología del Paisaje. Otras técnicas adecuadas para determinar el nivel de desarrollo, la productividad y la calidad de los paisajes, a través de la biomasa y la cobertura vegetal, además de otros indicadores del disturbio y la estabilidad de las vertientes y del suelo, se obtuvieron de diversas fuentes. Todos estos aportes metodológicos fueron complementarios y adecuados para generar como resultado un estudio objetivo del territorio.

La incorporación del "Subgeosistema", como un nuevo nivel de integración ambiental e intermedio entre el geosistema y la geofacies, constituye un aporte valioso que permitió diferenciar al interior de una misma unidad morfoestructural y bioclimática (geosistemas), diversas unidades paisajísticas definidas por cambios morfoestructurales, -tanto litológicos, como morfológicos y de la edad de las unidades. Así, este nivel de integración paisajístico fue adecuado para observar procesos y estructuras, para los cuales el Geosistema resulta ser muy ambiguo y la Geofacies demasiado concreta.

El valor del paisaje representa una primera aproximación para lograr una diagnosis integral del territorio puesto que su estudio abarca a las diversas variables ambientales, tanto físicas como de carácter socioeconómico, considerándolas dentro de un esquema "jerárquico" de causa-efecto, es decir, que permite diferenciar las variables de mayor escala espacio-temporal que definen las grandes estructuras naturales del territorio y aquellas de menor rango que dependen de las primeras y definen las estructuras más pequeñas y dinámicas del paisaje.

Asimismo, el conocimiento del valor actual del paisaje es una herramienta útil para posteriores estudios de prognosis enfocados a la planeación, el manejo adecuado de los recursos con vías a la sustentabilidad en bien de las generaciones futuras.

Bibliografía

- Aguilar A, (1983), *Geografía y Ecología, una interpretación de sus relaciones*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Altieri, M., (1999), "The ecological role of biodiversity in ecosystems", *Agriculture Ecosystems and Environment*, 74: 19-31.
- Alnert E, (1998), *An introduction to Geomorphology*, Arnold, England.
- Arellano A, (2001), *Delimitación de unidades ambientales por medio de una regionalización geomorfológica del mesobloque "El Encantado"*, Oaxaca, Tesis de Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Arriaga, L., Espinoza, J, Aguilar C, Martínez E, Gómez L. y Loa E., (coordinadores). (2000). *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Bennet A., (1999), *Linkages in the Landscape, The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*, UICN The world conservation union, Australia.
- Beroutchachvilli N, y Bertrand G, (1978), "Le Geosysteme ou Systeme territorial naturel", *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49: 2, 167-180.
- Bertrand G, (1968), "Paysage et Géographie globale", *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39 (3): 249-272.
- Bocco G, Mendoza M, Velázquez A y Torres A, (1999), "La regionalización geomorfológica como una alternativa de la regionalización ambiental en México". El caso de Michoacán de Ocampo, *Investigaciones Geográficas*, 40: 7-22.
- Bojorquez L., (1989), "Methodology for prediction of ecological impacts under real conditions in México", *Environmental Management*, Vol. 31 5: 545-551
- Bolós M, (1975), *Paisaje y Ciencia Geográfica*, Estudios Geográficos, homenaje a D. Manuel de Terán, España.
- Bolós M, (1977), *Aportación al estudio del hombre como elemento y factor del paisaje*, Coloquio de Geografía, Granada
- Bolós M. (1992), *Manual de la Ciencia del Paisaje, Teoría, métodos y aplicaciones*, Colección de Geografía, Masson, Barcelona.
- Bovet T y Ribas J, (1992), "Clasificación por dominancia de elementos del paisaje" en: Bolós M (Directora), *Manual de la Ciencia del Paisaje*, Colección de Geografía, Masson Barcelona 69-80.
- Brokaw N, (1998), "Fragments, past, present and future", *Tree*, 13: 382-383

Burel F y Baudry J, (2002), *Ecología del paisaje, conceptos, métodos y aplicaciones*, Ediciones mundiprensa, Barcelona.

Cervantes B, (1993), "Método Geosistémico prospectivo, su filosofía y sus aplicaciones", *Investigaciones Geográficas*, Número especial: 35-47

Cervantes Z, Cornejo O, Lucero M, Espinoza R, Miranda V, Pineda V, (1991), "Clasificación de Regiones Naturales de México", *Atlas Nacional de México*, Volumen II, Instituto de Geografía, UNAM.

Challenger A, (1998), *Utilización de los ecosistemas terrestres de México, Pasado, presente y futuro*, Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad en México, México.

Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Conabio, (2001), *La biodiversidad biológica en México*, Estudio del País, CONABIO, México.

Consejo Nacional de Población, (2002), *Niveles de marginación en México*, CONAPO, México,

Cuanalao de la Cerda, Ojeda E., Santos A. Y C Ortiz (1989), *Provincias, Regiones y Subregiones terrestres*. Colegio de Posgraduados, Centro de edafología Chapingo

De Cserna Z, (1965), *Reconocimiento geológico de la Sierra Madre del Sur de México*, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero, *Boletín del Instituto de Geología*, 62: 16-64.

Delgado J, (sin publicar), *Segundo Informe de trabajo del proyecto hidroeléctrico "La Parota"* UNAM, México

Díaz J, Portela A, Hernández-Santana J, Blanco A y Magaz A, (1988), *Los principios básicos de la clasificación morfoestructural del relieve cubano y su aplicación en la región centro-oriental de Cuba*, Ed Academia, La Habana.

Drdos J, (1992), "On the carrying capacity of environment", *Geografía y Desarrollo*, 3(7): 19-94.

Durán E, Galicia L, Pérez G, Zambrano L, (2002), "El paisaje en Ecología", *Ciencias* 67: 44-50

Estrada T, (1994), *Guerrero, sociedad, Economía, Política y Cultura*, Centro de investigaciones interdisciplinarias en humanidades, UNAM, México.

Farina A, (1996), *Principles and methods in Landscape ecology*, Chapman and May, Italia.

Ferreras Ch y fidalgo H, (1999), *Biogeografía y Edafogeografía*, Síntesis, España.

Forman R y Godron M, (1986), *Landscape ecology*, John Wiley and sons, Nueva York.

Fries, (1960), "Geología del estado de Morelos y zonas adyacentes", región central meridional de México, *Boletín del Instituto de Geología*, 60: 236

Galicia L, Zarco A, (2002), "El concepto de escala", *Ciencias*, 67: 34-40.

García-Romero A, (2002), "El paisaje, una herramienta en el estudio detallado del territorio", *Kuxulkab´*, VII/14: 22-33.

García-Romero A, Muñoz J, (2002), *El paisaje en el ámbito de la Geografía*, UNAM, México.

García-Romero A, (2003), *Análisis integrado de paisajes en la cuenca de México, en la vertiente oriental de la sierra de las Cruces, monte alto y monte bajo*, Universidad Complutense de Madrid,

García-Romero A, (sin publicar), *Segundo y tercer informe de trabajo del proyecto hidroeléctrico "La Parota"*, UNAM, México.

Gerrard A, (1993), *Landscape sensitivity and change on Dartmoor*, Landscape sensitivity Cap 5 DSG thomas y R. J. Allison, Jhon Wiley and sons, Gran Bretaña

Gómez-Pompa A., Burley F., (1991), "The management of natural tropical forests" en Gómez- Pompa, Whitmore T.,(editores), *Rainforests regeneration and management*, Paris, UNESCO.

Hernández S, Ortiz M, Figueroa E, (2004), "Morphostructural classification of the Oaxaca State relief, Sierra Madre del Sur, México", *Journal of South America Earth Sciences* (en dictamen)

Hernández S, Ortiz O, Zamorano O, (1995), "Regionalización morfoestructural de la Sierra Madre del Sur", México, *Investigaciones Geográficas*, 31: 45-64.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, (1982), *Geología de la República Mexicana*, Secretaría de Programación y presupuesto, México.

INEGI, (1985 a), *Carta Geológica, (esc, 1: 250000), hojas: Acapulco (E1411) y Chilpancingo (E14-89)*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, (1985 b), *Carta de Uso de Suelo y Vegetación, (esc, 1: 250000), hojas: Acapulco (E1411) y Chilpancingo (E14-89)*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI, (1999), *Carta topográfica, (esc 1:50000), hojas: San Marcos (E14 C-58), Llano de la Puerta (E14C-68), Acapulco (E14C57), Xaltianguis (E14C47), Tierra Colorada (E14C48)*, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

INEGI (2001) *Censo General de Población y Vivienda 2000*, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México

Isachenko. (1974), *Landscape as a subject of human impact*, Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo obshchstva, 5: 361-371.

ITC, (2001), *Ilwis 3.0 Academic user's guide*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Enschede, The Netherlands.

Jensky L, Ives J, Furuyashuiki K y Watanabe T, (2002), Global mountain research for sustainable development, *Global environment change*, 12: 231-239.

Kauffman J, y Steele M, (2000), "Biomass dynamics associated with deforestation, fire and conversion to cattle pasture in a Mexican Tropical dry forest, Forest, ecology and management" *Elsevier* 176: 1-12

Kellman, M, Tackberry, R., Meave, J., (1996), "The consequences of prolonged fragmentation: lessons from tropical gallery forests", en Schelhas J. y Greenberg, R. "Forest patches in tropical landscapes", Island press, *Elsevier*, 16:25-86

Liogier (1990), *Las plantas medicinales de México y del Caribe*, Iberoamericana de ediciones, San Juan de Puerto Rico

Liogier y Killen (1993), *Curatella americana L.*, USDA Forest Service www.fs.fed.us/global/iitf/pdf/shrubs/curatella%20americana.pdf

López-Ramos E. (1981), Geología de México, T. III 3ª edición, México.

Lugo J, (1988), *Elementos de Geomorfología aplicada* (métodos cartográficos), Instituto de Geografía, UNAM; México.

Lugo J., (1989) *Diccionario Geomorfológico*, Universidad Nacional Autónoma de México, México

Lugo J, (1990), "El relieve de la República Mexicana", Rev. Instituto de Geología, 9 (1): 82-111.

Macías E, (2003), *Disponibilidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Papagayo, región hidrológica 20*, Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

Maass J, (1995), "Conversión of tropical dry forest to pasture and agriculture" en (Bullock H, Mooney H, Medina E, editors), *Seasonally dry forest*, Cambridge University press, Great Britain, 99 399-419.

Maass J y Correa J, (2000), "Análisis de la fragmentación del paisaje en el área protegida de los Petenes", Campeche, México, *Investigaciones Geográficas*.

Martínez de Pisón E, (sin publicar), *El valor del paisaje*, Seminario: La protección del paisaje, una reflexión, España

Mateo J y Ortiz M, (2001), La degradación de los paisajes como concepción teórico metodológica, *Serie Varia*

Matteucci S, y Colma A, (1982), *Metodología para el estudio de la vegetación*, Secretaría General de la organización de Estados Americanos, Washington.

Mc Garigal K y Marks B, (1995), *Fragstats Spatial analyst program for quantifying landscape structure*, General Technical report PNW-GTR-351, USDA forest service, Pacific Northwest Research Station, Portland.

Medina, E. and Francisco M., (1994), Phytosynthesis and water relations of savanna tree species differing in leaf phenology. *Tree physiology* 14:1364-1381.

Medrano G, (2003), *Las comunidades vegetales de México*, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Mendoza M, Bocco G, /1987), La regionalización geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento del territorio: Una revisión bibliográfica, *Serie Varia* 17: 25-50.

Ministerio del Medio Ambiente MMA, (2000), *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*, Ministerio del medio ambiente, España

Moran E., Brondizio E., Tucker J., Silva-Forsberg M., McCracken S., Falesi I..(2000) "Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazonia". *Forest Ecology and Management*, 139: 93-108

Muñoz J, (1993), *Geomorfología General*, Ed. Síntesis, España.

Murphy P y Lugo A, (1995), *Dry forest of Central America and the caribbean en (Bullock H, Mooney H, Medina E, editors)*, *Seasonally dry forest*, Cambridge University press, Great Britain, 99 399-419.

Nepstad D, Uhl C y Serrao E, (1991), *Recuperation of degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration*, Elsevier, 28: 95-104

Ordoñez (1946), *Guía del explorador minero*, Instituto de Geología, UNAM, México.

Ortega F, Anderson T, Silver H, (1977), "Lithologies and Geochronology of the Precambrian Craton of Southern of Mexico", *Geologist society American*, 9: 121-122.

Ortiz A, (1998), "Distribución espacial de la población en el estado de Guerrero, 1990", *Investigaciones Geográficas*, 37: 71-80.

Ortiz C. y Cuanalao de la Cerda H. (1978), *Metodología para el levantamiento fisiográfico: Un sistema de clasificación de tierras. Rama de suelos*, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

Ortiz P, (sin publicar), *Segundo informe de trabajo del proyecto hidroeléctrico "La Parota"*, UNAM, México.

Pérez-Chacón, (2002), "Unidades de paisaje: Aproximación científica y aplicaciones" en: *Paisaje y ordenación del territorio*, España.

Propin E y Sánchez C, (1998), "Los niveles de asimilación económica del Estado de Guerrero" *Investigaciones Geográficas*, 37: 59-70.

Quiñonez H. (1987), "El sistema fisiográfico de la Dirección General de Geografía", *Revista de Geografía*, INEGI, México, Vol 1(2): 13-20

Ritters K, Wickman J, O'Neill R, Bruce K, Smith E, Coulston J, Wade G, Smith J, (2002), "Fragmentation of continental United Forest Ecosystems", *Elsevier*, 5:815-822

Rougerie G, Berotchvilli, (1991), *Geosystèmes et paysages, Bilan et methods*, Armand Collin, France.

Rzedowski J, (1988), *Vegetación de México*, Limusa, México.

Rzedowski, (1991), *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica en México*, Acta botánica mexicana, 14: 3-21.

Salas E., (1993), *Árboles de Nicaragua*, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, Managua.

Sanz H, (Sin publicar), *El paisaje como recurso*, Universidad Autónoma de Madrid.

Sarmiento G.(1983), "The savannas of tropical America" en F. Bourliere ed. Tropical savannas. *Elsevier Amsterdam*. The Netherlands 245-288.

Sarukhán, (1968), "Los tipos de vegetación arbórea de las zonas cálido-húmeda de México" en: Pennington, T y Sarukhán, *Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y FAO, México, pp 3-46.

Secretaría de desarrollo social, (2001), *Información para la planeación de los municipios de Juan R. Escudero, San Marcos y Acapulco*, SEDESOL, México.

Secretaría de desarrollo urbano y ecología (SEDUE), (1986), "Guía básica para la Integración de la Información Ecológica". Serie: Ordenamiento Ambiental No. 1, México.

SEGOB (1988), *Los municipios del estado de Guerrero*, Secretaría de Gobernación, México.

SEPLAP, (1985), *Geografía física del Estado de Guerrero*, Secretaría de Planeación y Presupuesto, México.

SPP, (1982), *Geología de la República Mexicana*, Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

SRH, (1968), Localización de las regiones hidrológicas No. 19, 20, 21 y 22, *Boletín hidrológico de la secretaría de recursos hidráulicos Secretaría de Recursos Hidráulicos*, 31: 1-09 a 1-18

Serrao E., Adilson D., Nepstad C., *Pastures on Amazonian forestlands: A review of environmental and economic performance*, Steenbock, Brasil

Sobrado (1996), "Leaf photosynthesis and water loss as influenced by leaf age and seasonal drought in an evergreen tree", *Photosynthetica Biologia Plantarum*, 32: 563-568

Standley (1920), *Trees and shrubs of Mexico*. Contributions from the United States National Herbarium.

Tarbutck J y Lutgens K, (1999), *Una Introducción a la Geografía Física*, Prentice may, España.

Tennant D, (1975), "A test of modified line intersect method of estimating root length", *Ecology*, 63 995-1001

Technoconsult, (1995), *Memorias y anexos de la MIA de la hidroeléctrica La Parota, Informes y mapas*, CFE, México.

Trejo I (1994), "Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México", *Investigaciones geográficas*, Número especial: 95-111

Trejo I, Hernández J, (1996), "Identificación de la selva baja caducifolia en el estado de Morelos", México, mediante imágenes de satélite, *Investigaciones Geográficas*, Número especial 11-18

Trejo I, Dirzo R, (2000), "Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analyst in México", *Biological conservation*, Elsevier, 94: 133-142.

Turner, M (1989), "Landscape ecology, the effect of pattern processes", *Annual review of ecology and systematics*, 20: 171-197.

Velázquez A, Durán E., Ramírez I., Mas J., Bocco G., Ramírez G., Palacio J. (2003), "Land use cover change processes in highly biodiverse areas: the case of Oaxaca, México" *Global Environmental change*, 13: 175-189.

Walker R y Homma A, (1996), "Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon", *an overview*, *Ecological economics*, 18: 67-80

Wright S, (1972), "Principles in a geomorphological approach to land classification", *Zeitschrift fur Geomorphologie NF Bd 16, Heft 4*.

Zonneveld I., (1995), *Land ecology, an introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*, SPB, Amsterdam.