



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

01059
2 EJ

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



EVALUACION DEL PAISAJE PARA EL
ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN EL AREA DE
CONSERVACION "LA ESPERANZA", GUANAJUATO

FALLA DE ORIGEN

TESIS

PARA OPTAR POR EL GRADO DE

MAESTRO EN GEOGRAFIA

(Eval Rec Nat)

PRESENTA:

CARLO ALEJANDRO D'LUNA FUENTES

MEXICO, D.F.

1995





Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



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 está 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.

*"Bienaventurado el hombre que tiene en tí sus fuerzas,
en cuyo corazón están tus caminos".
Sal. 84:5*

*Con todo y más de lo que mis sentidos pueden expresar:
A Marcela Fuentes
sin más palabras...*

AGRADECIMIENTOS.

En este pequeño espacio en que se permite hablar de manera personal, quisiera agradecer especialmente a algunas personas e instituciones que colaboraron directamente para la realización de este trabajo.

En primer lugar, quiero expresar una especial gratitud al departamento de Geocología de la Universidad de La Habana, Cuba, principalmente a los doctores José Mateo, Eduardo Salinas y Manuel Bollo, por haberme iniciado en el campo de la Geografía de los Paisajes, y haberme permitido colaborar y aprender personalmente con ellos en varias ocasiones, además de obtener una buena amistad que va más allá de las fronteras e ideologías. Mi agradecimiento también al personal del Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba y del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional, por su valiosa intervención para la realización de esta tesis.

Un reconocimiento también a los biólogos Roberto Aviña, Armando Araza, Arturo González y el personal de "El Secreto del Bosque", quienes me facilitaron información, asesoría y servicios durante las estancias en la Cuenca de La Esperanza; asimismo, y por las mismas razones, a los habitantes de la comunidad de La Concepción.

Agradezco a los amigos que me acompañaron y apoyaron durante los viajes de campo: Oralia Oropeza, José Mateo, Eduardo Salinas, Manuel Bollo, Luis M. Milre, Gerardo Palacio, Sergio Nolasco (quien también apoyó en el trabajo fotográfico) y Rafael Arzate; de este último, destaco su participación técnica a lo largo de la mayor parte del trabajo. Gracias también a José Manuel Figueroa Mah-eng, por su valioso apoyo para la elaboración de la cartografía.

Por su compañía y apoyo durante muchos años, a Della Guerrero, Luis Miguel Espinosa, Jesús Fuentes, Gabriela Carranza, Araceli León y Guillermina Ramírez. Especialmente, a Gerardo Palacio, un gran amigo con el cual las emociones sobran y las palabras faltan. Dtd.

Gracias también a un gran número de personas cercanas que me infundieron ánimos desde el inicio hasta el fin de la investigación (que de citarlos uno por uno llevaría bastante tiempo, ellos saben quiénes son).

Finalmente, a los doctores Mario Arturo Ortiz, Jorge López, Marta Cervantes y Juan Carlos Gómez, por su tiempo y sugerencias, y de manera muy especial, a Oralia Oropeza Orozco, asesora oficial de esta tesis, de quien reconozco abiertamente su generosidad, paciencia, experiencia personal y académica, y por sobre todo lo demás, su amistad. Mil gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
-------------------	---

CAPITULO 1. EL PAISAJE Y LA GEOECOLOGIA DE MONTAÑAS

1.1 FUNDAMENTOS DE LA GEOGRAFIA DEL PAISAJE

Definición y desarrollo histórico del concepto de paisaje.....	7
Paisaje y medio ambiente.....	9
Metodología de la geografía del paisaje para estudios de ordenamiento.....	11
1. Análisis de los paisajes.....	14
Estructura.....	14
Funcionamiento.....	26
Dinámica.....	28
Evolución.....	28
2. Evaluación de los paisajes.....	30
3. Ordenamiento geocológico de los paisajes.....	32
1.2 PRINCIPIOS GENERALES DE LA GEOECOLOGIA DE MONTAÑAS.....	37

CAPITULO 2. ANALISIS DEL PAISAJE

2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS Y DELIMITACION DE LA RESERVA.....	41
2.2 ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	42
Componentes geomorfológicos y geológicos.....	43
Componentes climáticos e hidrológicos.....	47
Componentes edáficos y bióticos.....	53
Componente biótico.....	60
2.3 ESTRUCTURA HORIZONTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	65

CAPITULO 3. EVALUACION DEL PAISAJE

3.1 PRESIONES INTERNAS

Evaluación de los paisajes de la zona con índices ambientales...	82
a. Índices de carácter abiótico.....	83
b. Índices de carácter biótico.....	87
c. Índices de carácter socioeconómico.....	90
d. Índices de carácter paisajístico.....	92
Impacto geocológico del paisaje.....	100
3.2 PRESIONES EXTERNAS	101
3.3 EVALUACION DE LA PELIGROSIDAD Y EL RIESGO NATURAL	104
3.4 EVALUACION GENERAL DE LOS PAISAJES	106
3.5 ESTADO GEOECOLOGICO DEL PAISAJE	111

CAPITULO 4. PROPUESTAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

4.1 EFICIENCIA GEOECOLOGICA Y EFICIENCIA SOCIOECONOMICA	114
4.2 MARCO LEGAL Y POLITICAS AMBIENTALES	117
4.3 UNIDADES DE GESTION AMBIENTAL	120
4.4 OBRAS Y ACCIONES ESPECIFICAS	124
Actividades asociadas con el aprovechamiento.....	126
Actividades asociadas con la conservación.....	140
Actividades asociadas con la restauración.....	143
Actividades asociadas con la protección.....	149
CONCLUSIONES	152
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	156

INDICE DE MATERIAL GRAFICO

Fig. 1 Localización del área de estudio en la República Mexicana.....	3
Fig. 2 Medio ambiente paisajístico.....	10
Fig. 3 Diagrama metodológico para estudios de ordenamiento.....	13
Fig. 4 Elementos diferenciadores e indicadores del medio geográfico.....	15
Fig. 5 Estructura vertical y horizontal de los paisajes.....	21
Fig. 6 Diferencia entre diversidad y complejidad del paisaje.....	22
Fig. 7 Ejemplos de estructura horizontal y geocotonos.....	23
Fig. 8 Funciones geoecológicas en una barranca.....	27
Fig. 9 Relación entre los atributos del paisaje y el ordenamiento ecológico.....	36
Fig. 10 Mapa de pendientes.....	43b
Fig. 11 Modelo Digital de la Cuenca La Esperanza.....	43c
Fig. 12 Mapa de unidades litoestratigráficas.....	44
Fig. 13 Temperatura media anual y precipitación total en la estación Santa Rosa, Gto.....	48
Fig. 14 Temperatura media anual y precipitación total en la estación Guanajuato, Gto.....	49
Fig. 15 Mapa de condiciones climáticas.....	50
Fig. 16 Mapa de hidrología.....	52
Fig. 17 Mapa de unidades de suelo.....	54
Fig. 18 Mapa de tipos de vegetación y usos del suelo.....	59
Fig. 19 Mapa de asentamientos humanos y vías de comunicación.....	62
Fig. 20 Ejemplo de perfil físico-geográfico en el Arroyo del Duraznillo.....	64
Fig. 21 Taxonomía de las unidades de paisaje.....	66
Fig. 22 Unidades de primer orden.....	68
Fig. 23 Unidades de paisaje en la zona de estudio.....	70
Fig. 24 Evaluación de las unidades de paisaje.....	83b
Fig. 25 Presión antrópica externa.....	104
Fig. 26 Principales problemas ambientales.....	107
Fig. 27 Niveles de modificación de los geocomponentes por acción humana.....	110
Fig. 28 Estado geoecológico del paisaje.....	111

Fig. 29 Croquis de una cabaña para uso turístico.....	128
Fig. 30 Tipos de árboles que deben cortarse para el mejoramiento del bosque.....	141
Fig. 31 Ejemplo de reforestación en pendientes abruptas.....	148

MAPAS

Mapa 1 Unidades de paisaje

Mapa 2 Estrategia de ordenamiento

INTRODUCCION

El análisis del medio natural es extremadamente complejo debido a la gran variedad de factores que lo condicionan y elementos que lo componen. El medio geográfico (natural y humano) recibe, disemina y transforma los flujos energéticos provenientes del espacio exterior y de las capas internas de la Tierra, y los distribuye sobre toda la materia viva y la materia inerte en toda la superficie terrestre, o más específicamente, sobre la geósfera (también conocida como esfera geográfica), formando condiciones y complejos multifuncionales, dinámicos, cambiantes, e interdependientes (Mateo, 1984, Bolós, 1992)

Si el análisis de los procesos naturales es complejo por sí solo, al entrar el hombre como un ente económico, pensante, racional, social, con potencial tanto para crear como para destruir, la situación se vuelve aún más complicada.

La ciencia surge en sus diversas acepciones como un intento de fusionar y comprender las relaciones del medio con el hombre, o del medio para el hombre. Así aparecen la física, la biología, la economía, la medicina y la geografía, entre muchas otras ciencias. Esta última ciencia actúa como aquella que intenta determinar globalmente estas relaciones determinando principalmente su causalidad, y su comportamiento espacio-temporal conformado bajo la influencia humana.

En los primeros siglos del desarrollo de la geografía, y hasta el siglo XIX, la geografía tendía a ser globalizadora y con cierto carácter enciclopédico, evitándose al máximo las especializaciones; sin embargo el cúmulo de conocimientos dió origen a ramas o subdivisiones como la climatología, la geomorfología o la geobotánica dentro de la geografía física; y la geografía política, económica y social en la geografía humana. Los estudios específicos se hicieron más comunes, desvinculando en muchas ocasiones el verdadero sentido sistemático y multidimensional de la ciencia geográfica.

En el siglo pasado, posiblemente a consecuencia del auge de las exploraciones y las investigaciones sobre la naturaleza, surge dentro de la geografía una rama llamada "geografía del paisaje", cuyos primeros intentos de conformación científica fueron planteados por Alejandro de Humboldt después de sus viajes a América. El intentó obtener correlaciones entre diversos elementos del medio natural relacionándolos con algunos problemas ambientales (erosión y pérdida de suelos, deforestación). En la segunda mitad del siglo XIX el ruso Dokuchaev realizó

una serie de investigaciones tendientes a obtener la causalidad de los procesos pedológicos a partir del estado y los componentes del medio natural, y creó el término científico de paisaje, en cierta forma derivado y asociado con el paisaje estético que muestra la percepción de todo el entorno (montañas, lagos, cascadas, construcciones humanas, bosques, etc.) ante los ojos del algún artista.

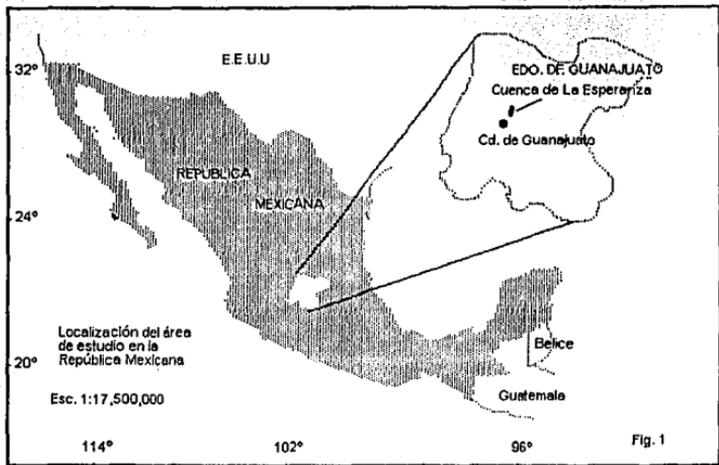
Los elementos teórico-metodológicos de la naciente geografía del paisaje se desarrollan fundamentalmente en el presente siglo, siendo las escuelas europeas, principalmente la soviéticas, las alemanas y las francesas, las que contribuyen al mayor conocimiento sobre los paisajes (Forman & Godron, 1986). De manera paralela, se desarrollan la corriente del medio ambiente, con objetivos y campo de estudio muy semejantes a la geografía del paisaje

Para la década de los setentas, la comunidad científica y la población en general comienza a tomar mayor conciencia de los problemas ambientales que afectan al planeta, principalmente contaminación, erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, extinción de especies animales y vegetales, hambre, fenómenos y desastres naturales, deforestación, desertización y desertificación, entre otros, así como las técnicas para determinar la evaluación y el control de estos problemas. Se elaboran los primeros planes de manejo y de planificación territorial que constituyen el antecedente del ordenamiento ecológico. La geografía del paisaje incluye al proceso de ordenamiento en su campo de estudio, principalmente en los países desarrollados.

En México, los estudios de evaluación del territorio y ordenamiento territorial son aún muy recientes y presentan, en algunos de sus trabajos, algunas deficiencias en sus planteamientos y métodos de trabajo; sin embargo, se ha desarrollado un gran número de investigaciones, tanto en el ámbito académico como en el político, y el número total de publicaciones destaca a nivel latinoamericano. La mayor parte de los estudios se ha efectuado bajo el enfoque de medio ambiente, siendo la geografía del paisaje prácticamente desconocida en el país aunque con un gran potencial de utilización. Se presentan algunos trabajos y metodologías empleadas para grandes regiones o zonas de importancia económica, descuidando los estudios de los ambientes montañosos y de muchos otros con alto valor ecológico.

La tesis que se presenta plantea una secuencia metodológica acorde con los principios generales de la Geografía del Paisaje para los estudios de ordenamiento ecológico o territorial. Esta metodología sigue los siguientes pasos de una manera general: análisis del paisaje, evaluación y ordenamiento geoecológico o planificación integral de los recursos. Se considera al medio geográfico como un sistema dinámico y multidimensional, que está formada por unidades

de paisaje jerarquizadas y cartografiables (definido el paisaje como áreas con homogeneidad relativa en las características y condiciones de sus componentes) que son la base espacial para realizar la evaluación y las propuestas de manejo. Se consideró como un estudio de caso al área natural protegida "Cuenca de la Esperanza", una zona de pequeñas dimensiones (1600 hectáreas) e inmersa en un ambiente montañoso, localizada en la porción central de la Sierra de Guanajuato, en los límites entre el Altiplano Meridional y la Faja Volcánica Transmexicana en el centro del país (fig. 1).



Esta zona de estudio presenta varias condiciones que la hacen favorable para la realización del estudio. En primer lugar, la cuenca o reserva de La Esperanza se localiza en una entidad federativa (Guanajuato) que ha tenido un fuerte nivel de influencia humana desde épocas prehispánicas, nivel que se incrementó durante el auge minero de la zona aledaña a la ciudad de Guanajuato y por el desarrollo agrícola del Bajío, por lo que existen muy pocas zonas en condiciones naturales con poca perturbación, y La Esperanza constituye una de las pocas zonas con riqueza biológica del estado a pesar de su cercanía con la capital y otros núcleos urbanos importantes (Irapuato, León, Dolores Hidalgo, etc.); por lo que es conveniente realizar programas para su manejo natural adecuado y optimizado ya que además la cuenca es uno de los principales captadores de agua para la ciudad de Guanajuato y la zona agrícola del Bajío.

En segundo lugar, la reserva se encuentra dentro de un ambiente totalmente montañoso, por lo que es posible aplicar el método propuesto en la tesis para otras zonas del país, con condiciones morfológicas y/o climáticas semejantes. Cabe señalar que aproximadamente el 50% de la superficie nacional del país está compuesto por montañas, la mayoría de ellas sin ningún tipo de estudios.

La cuenca tiene una alta geodiversidad (contraste de condiciones climáticas y geomorfológicas, litología, condiciones de suelos, etc) que da lugar a una elevada biodiversidad (variedad de géneros y poblaciones vegetales y animales e información genética), que funcionan bajo todos los grados de influencia humana: desde lugares con mínima perturbación hasta otros totalmente degradados (áreas erosionadas, inundadas, sobrepastoreadas, deforestadas, etc.), que da lugar a un gran número de unidades naturales o paisajes con condiciones específicas, en las cuales se pueden aplicar diversas técnicas de evaluación y estrategias de utilización, potencialmente extrapolables a otras regiones y que permite la aplicación de varios aspectos que se incluyen en los estudios recientes de la geografía del paisaje (como el funcionamiento y la dinámica). Para determinar el sitio para aplicar el método, se seleccionó el lugar con mayor cantidad de contrastes físicos por unidad de área en toda la Sierra de Guanajuato.

Otra condición de la zona de estudio es que constituye un área natural protegida dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con una administración y personal operante y un financiamiento continuo otorgado por el Gobierno del Estado y un fideicomiso, por lo que este trabajo contribuirá para la serie de estudios ambientales que está efectuando la administración de la reserva sin quedarse en una investigación puramente teórica y con cierta factibilidad para ponerse en marcha en algunos puntos.

Finalmente, es posible realizar una investigación geográfica completa, considerando elementos físicos y sociales. No obstante que la cuenca es de propiedad federal, existe un caserío cercano (La Concepción) que causa una gran presión, tanto positiva como negativa, sobre los recursos naturales de la zona de estudio.

Las condiciones que ofrece esta zona para la investigación y los problemas que presenta condujeron a tomar esta cuenca como un "área llave" o "área piloto" para plantear la aplicación del método, desde un punto de vista integral, dinámico, relativamente novedoso, poco conocido en el país, y con posibilidad de ponerse en práctica y/o emplearse en otros estudios.

El objetivo central que persigue este trabajo es el siguiente:

Realizar un análisis y evaluación del paisaje en la cuenca "La Esperanza", Gto, considerando conceptos y métodos propios de la geografía del paisaje, para llegar a una propuesta de ordenamiento ecológico.

Este objetivo principal está vinculado a los siguientes objetivos específicos:

- plantear una secuencia metodológica para realizar estudios de ordenamiento ecológico.
- analizar los principales elementos teóricos de la geografía del paisaje que son utilizables en estudios de ordenamiento.
- plantear una estrategia general de ordenamiento para el estudio de caso.

Para la realización de esta investigación, se llevó a cabo una revisión de la bibliografía existente en torno a paisajes y ordenamiento ecológico, partiendo de una serie de cursos sobre el mismo tema tomados en México y en La Habana, Cuba. Se efectuaron visitas a la zona de estudio, en donde se hicieron recorridos por el área, basándose en fotografías aéreas (escala 1:30,000) y fotomosaicos (1:10,000). Se practicaron entrevistas con los pobladores y la dirección de la reserva, para identificar los principales problemas ambientales (sociales y naturales); se tomaron muestras de suelo que fueron analizadas posteriormente en laboratorio para determinar sus parámetros principales (textura, pH, materia orgánica). La información obtenida constituyó la base para plantear la propuesta de ordenamiento ecológico.

La estructura de esta tesis consta de cuatro capítulos. El primero, titulado "El paisaje y la geoeología de montañas", comprende la parte teórica del trabajo y el planteamiento de la metodología sugerida para llevar a cabo estudios de ordenamiento territorial desde el punto de vista de la geografía del paisaje. Se consideran algunos aspectos básicos del concepto y la evolución histórica de la geografía del paisaje; y se establece la metodología para la realización de estudios de ordenamiento tomando en cuenta los elementos naturales y humanos y su distribución como unidades espaciales, para posteriormente realizar la interpretación de estas unidades considerando su funcionamiento (papel de la unidad de paisaje dentro del contexto espacial global), su dinámica (cambios temporales de la unidad) e historia, y las tendencias evolutivas de los paisajes. Se determinan algunas consideraciones sobre el diagnóstico y evaluación del territorio y los pasos para desarrollar el ordenamiento ecológico con base en la metodología propuesta. Para terminar, se señalan algunos lineamientos generales en torno a la geoeología de montañas.

El segundo capítulo, titulado "Análisis del Paisaje" realiza la primera parte de la metodología para la zona de estudio: el área natural protegida de la Cuenca de La Esperanza. Se describen brevemente los antecedentes históricos de la zona protegida, para después llevar a cabo el análisis de las condiciones de cada componente del medio geográfico. Posteriormente, se plantean los lineamientos específicos para realizar la taxonomía de las unidades de paisaje a varios niveles, que serán el fundamento para la evaluación y la propuesta final.

El tercer capítulo, "Evaluación del paisaje" muestra la aplicación de diversos índices ambientales para determinar el estado actual de los geocomponentes y los geocomplejos (paisajes) de la cuenca. Se analizan los agentes internos y externos que han provocado un impacto ambiental a la zona, y se precisa el estado geocológico del paisaje de la zona de interés a manera de conclusión del capítulo.

El último capítulo, denominado "Propuestas para el ordenamiento territorial" plantea una zonificación de unidades de gestión para el ordenamiento de la cuenca, con base en las unidades de paisaje que se realizaron en el capítulo 2, describiendo las políticas ambientales sugeridas para cada unidad (aprovechamiento, conservación, restauración y protección); y un planteamiento de las obras y acciones que se podrían seguir para el manejo de la cuenca.

La información escrita se complementa con diagramas y croquis de la zona de estudio, con el fin de proporcionar mayor facilidad en la comprensión de los procesos y la distribución de las distintas condiciones del área, aunque cabe aclarar que se presentan a manera de ilustración, por lo que no reúnen los requisitos de calidad que requiere un mapa convencional. Únicamente los dos planos principales: el de unidades de paisaje y el de estrategia de ordenamiento se realizaron a escala detallada y con los requerimientos cartográficos necesarios para un mapa.

Finalmente, consideramos que el título de "Propuesta metodológica para el ordenamiento territorial en el área natural protegida Cuenca de la Esperanza, Gto" sería más apropiado que el título actual, ya que cubre más ampliamente los objetivos y el tema de los capítulos planteados anteriormente.

CAPITULO 1. EL PAISAJE Y LA GEOECOLOGIA DE MONTAÑAS

1.1 FUNDAMENTOS DE LA GEOGRAFIA DEL PAISAJE

DEFINICION Y DESARROLLO HISTORICO DEL CONCEPTO DE PAISAJE

La geografía es una ciencia que se encarga, entre otros aspectos, del estudio de las complejas relaciones entre los elementos del medio natural, el hombre y su expresión espacial. Una de sus ramas más recientes, la geografía del paisaje o geografía física compleja (que no es estrictamente física), realiza el análisis de estas relaciones desde un punto de vista sistémico e integral.

El paisaje, desde el punto de vista científico, se define como un sistema territorial integrado por componentes naturales abióticos y bióticos (geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, edáficos, florísticos y faunísticos) y de complejos o unidades de diferente nivel o rango taxonómico, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentran en permanente interacción y que se desarrolla históricamente (Mateo y Bollo, 1987). En otras palabras, es un "sistema de interacciones" (González, 1981).

En otra acepción, que ya no es científica, el paisaje se considera como un objeto de percepción o complejo perceptible, en el que dominan los aspectos de tipo estético. Es el objeto de estudio de los artistas, arquitectos, etc. El término de "paisajismo", asociado con el arte, surge con el renacimiento, buscando plasmar de alguna manera la apreciación del medio natural o humano sobre un lienzo o alguna otra expresión artística. (Forman & Godron, 1986)

La disciplina científica del paisaje surge en el siglo XIX, principalmente a partir de las ideas de Humboldt y de Dokuchaev. A pesar de que ambos científicos tenían diferentes disciplinas (botánico y edafólogo respectivamente), concebían al medio como un sistema integral, cuyos componentes se encontraban en interacción continua. En el presente siglo, la teoría de los paisajes se enriquece principalmente con la escuela alemana (Troll, Haase), la francesa (Bertrand y la escuela de Tolosa), la soviética (Preobrazhenskii y Sochava), y en menor grado la escuela española (con González Bernádez) y la estadounidense (Mc. Harg). Algunas otras escuelas, como la holandesa (en el ITC), la australiana (con los estudios de la CSIRO), y la canadiense (Universidad de Sheerbroke y universidad de Laval), entre otras, consideran para

sus trabajos algunos lineamientos similares a las de la geografía del paisaje, a la vez que han aportado a esta disciplina importantes métodos para el análisis territorial a partir de los estudios de geomorfología. (Tricart, 1982; Mateo, 1984; Bolós, 1992; Parent, 1993)

Los países de América Latina han tenido un escaso desarrollo en el campo de la investigación en geografía del paisaje en comparación con los países desarrollados. La Universidad de La Habana y otros organismos cubanos (Instituto de Planificación Física, Instituto de Geodesia y Cartografía) han realizado estudios interesantes de aspectos teóricos y cartográficos, considerando fundamentalmente la escuela soviética como punto de partida, y más recientemente la escuela alemana y la española, entre otras. Venezuela, por su parte, tiene una línea de geoeología en la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Los Andes, en Mérida. Brasil y Argentina emplean el paisaje en varias dependencias oficiales para estudios del medio natural, como la Universidad Federal del Matto Grosso, Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, Universidad Federal de Río Grande, Universidad de Sergipe, Universidad Fluminense de Río, Secretaría de Planificación de Salta, etc. (Sánchez y Cardoso, 1993, Viera, 1993). México ha elaborado un gran número de estudios sobre las relaciones hombre-naturaleza pero básicamente con el enfoque de medio ambiente y muy escasos desde el punto de vista geoeológico. Destacan los trabajos de Cervantes (1979), que señala algunos aspectos teóricos de la concepción sistémica del medio natural bajo el concepto de "geoeosistema". La línea de Arquitectura del Paisaje de varias universidades ha realizado interesantes estudios para vincular algunos elementos arquitectónicos (orientación de puertas y ventanas, materiales de construcción, fisonomía) con las condiciones prevaletientes del medio natural, como la humedad atmosférica, la insolación, el sustrato rocoso, el paisaje escénico, la morfología del relieve, la flora nativa e introducida, elementos histórico-culturales, etc. La Secretaría de Desarrollo Social incluye en un gran número de documentos (la mayoría de circulación interna) algunos elementos que se manejan en la geografía del paisaje, principalmente en lo relacionado a regionalización ecológica, el ordenamiento territorial y el impacto ambiental.

Desde el surgimiento del término y de la disciplina del paisaje a finales del siglo XIX se han presentado varias etapas evolutivas, con diferentes objetivos, puntos de vista y métodos de análisis. En una primera etapa (1850-1930) las investigaciones se encaminaron principalmente hacia la comprensión de las interrelaciones entre los componentes naturales y el desarrollo de los fundamentos teóricos y filosóficos con el apoyo de otras ciencias, principalmente la geomorfología y la biología.

En una segunda etapa, que abarca de 1930 a 1970, se establecen nuevos términos como la zonality y la azonality geográfica, y se comienza con el desarrollo de métodos para la realización de la taxonomía de los paisajes y su representación cartográfica.

La tercera etapa, de 1970 a la fecha, ha tenido un mayor número de variantes o etapas secundarias. Surgen la geocología y la ecología del paisaje como ramas derivadas de la geografía del paisaje y la ecología, se introducen los métodos cuantitativos y sistémicos para la elaboración de los estudios, se perfeccionan y se generan algunos nuevos términos, como el funcionamiento y la dinámica del paisaje, la geoquímica y la geofísica del paisaje, etc. El incremento de los problemas ambientales en todo el mundo (erosión, escasez de agua y alimentos, contaminación, deforestación, etc.) ha encauzado la orientación de los estudios del paisaje hacia la evaluación del medio, el impacto ambiental y el ordenamiento territorial, así como la búsqueda de sitios adecuados para algunas actividades económicas (agricultura, industria, turismo, etc.). Para la realización de estos estudios, se incrementa la utilización de las técnicas de fotointerpretación y comienza a emplearse la percepción remota como método auxiliar y de uso común en el análisis territorial, además del desarrollo y apoyo de los sistemas de información geográfica.

La actual geografía del paisaje tiene tres variantes principales; la geofísica del paisaje, que estudia la dinámica de los flujos energéticos dentro del sistema; la geoquímica del paisaje, que estudia las migraciones de sustancias químicas en los geocomplejos (paisajes) y la geocología del paisaje, que estudia las interrelaciones entre los seres vivos y su entorno natural. Dada la naturaleza de este estudio, se seguirá la línea de la geocología.

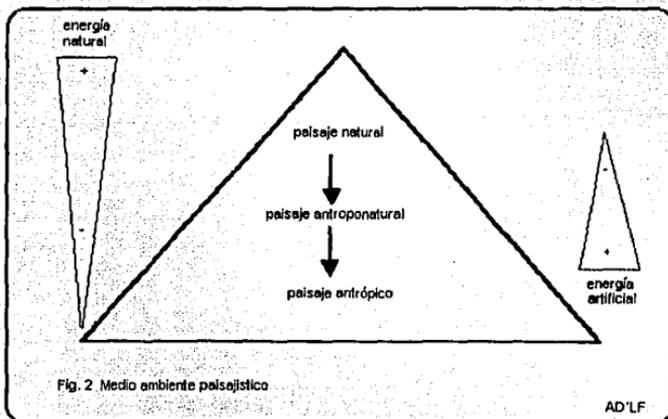
PAISAJE Y MEDIO AMBIENTE

El enfoque paisajístico tiene similitudes importantes con la del "medio ambiente", con objetivos y métodos afines en lo referente a la utilización de la teoría de sistemas, el empleo del geosistema, la búsqueda de la interrelación naturaleza-sociedad y la planeación del territorio, entre otras; sin embargo difieren en algunos principios, formas de aplicación e interpretación de sus términos.

Las disciplinas del paisaje y del medio ambiente consideran a la Teoría General de Sistemas como una base fundamental para su desarrollo. Esta teoría, aplicada en los estudios de la naturaleza como Ecología de Sistemas, considera al medio como un conjunto de componentes que interactúan en forma holística o sistémica, y cuyas partes, formadas por materia, están

conectadas por flujos energéticos unidireccionales, bidireccionales o polidireccionales, con diferente grado de importancia o jerarquía, y en forma de circuitos abiertos o cerrados, en ciclos o en flujos en cascada. La corriente que estudia el medio ambiente considera una unidad de diferenciación espacial con características de sistema, que se denomina geosistema (González, 1986 y Bolós, 1992), en tanto la geografía física compleja lo define como paisaje o geocosistema, aunque en la práctica los dos conceptos funcionan forma muy similar y parten de la misma base.

Una nueva tendencia pretende enlazar a los términos de paisajes y medio ambiente, y se le conoce como medio ambiente paisajístico, que relaciona al sujeto (hombre y actividades antropogénicas) con el objeto (medio natural o unidades paisajísticas). El medio ambiente paisajístico puede expresarse esquemáticamente en la siguiente figura:



Este esquema, conocido también como "paisaje visual" (Mateo, 1984), muestra los tres grandes niveles del medio ambiente paisajístico. En primer término se tienen los paisajes naturales, con poca o nula influencia humana, y por tanto, no requieren de energía artificial para su funcionamiento, ya que todos los procesos que se dan en los paisajes naturales se generan a partir de la energía solar y la energía interna de la Tierra. Pueden presentarse actividades humanas a mínima escala, como la recolección o la cacería para autoconsumo, aunque no

llegan a causar cambios relevantes en el ambiente. Como ejemplos de este primer nivel se tienen a las zonas desérticas, las montañas con vegetación natural, las zonas selváticas, las zonas árticas, etc.

El segundo nivel es una interfase entre los ambientes o paisajes naturales y los humanizados o antrópicos. Para su funcionamiento, requieren de energía natural como la solar, aunque también necesitan de ciertos insumos de tipo artificial, como fertilizantes, plaguicidas, vías de acceso, etc, que introducen sustancias ajenas o en diferentes cantidades a las contenidas regularmente. Prevalcen las condiciones naturales aunque se presentan cambios en alguno de los componentes, como suelo, vegetación y fauna. Como ejemplos, se tienen a las áreas agrícolas, ganaderas y poblaciones rurales.

El último nivel corresponde a los paisajes antrópicos, que continúan requiriendo de energía natural pero además requieren de grandes insumos energéticos y materiales de tipo artificial. Los componentes geográficos (clima, relieve, agua, suelos y biota) se presentan en forma modificada y en muchos casos se eliminan completamente. Como ejemplos, se presentan las áreas urbanas, mineras, embalses, vías de comunicación de primer orden, etc. En estos casos, las condiciones ecológicas originales son irreversibles.

El esquema del medio ambiente paisajístico es importante para aplicarlo en la metodología realizada para desarrollar estudios de paisaje, principalmente en aspectos de ordenamiento ecológico, ya que los tres niveles mencionados constituyen una esfera global de relaciones entre el hombre y la naturaleza y muestran indirectamente el grado de disturbio al medio natural. Es necesario destacar que los límites entre cada nivel del medio ambiente paisajístico, al igual que la naturaleza, no son perfectamente definibles y siempre existen elementos de los tres niveles aunque exista uno predominante (Bovet, 1992).

METODOLOGIA DE LA GEOGRAFIA DEL PAISAJE PARA ESTUDIOS DE ORDENAMIENTO

El procedimiento metodológico que se ha empleado recientemente para efectuar estudios de ordenamiento territorial, considera fundamentalmente las siguientes etapas: (SEDESOL, 1988; Bovet y Ribas Vilàs, 1992)

1. Análisis de los paisajes
2. Diagnóstico de los paisajes
3. Ordenamiento de los paisajes

Las partes integrantes en cada etapa, así como la terminología empleada, difieren de autor a autor y de escuela a escuela. (Mateo, 1984; Bolós, 1992; Forman-Godron, 1986; Tricart, 1982). Como un intento de unificar puntos de vista y plantear nuevos criterios que no se habían definido con anterioridad en trabajos integrales de planificación territorial, se elaboró el siguiente esquema metodológico, que se seguirá para analizar el estudio de caso específico. (fig. 3), tomando como punto de partida la conformación de unidades espaciales de paisaje.

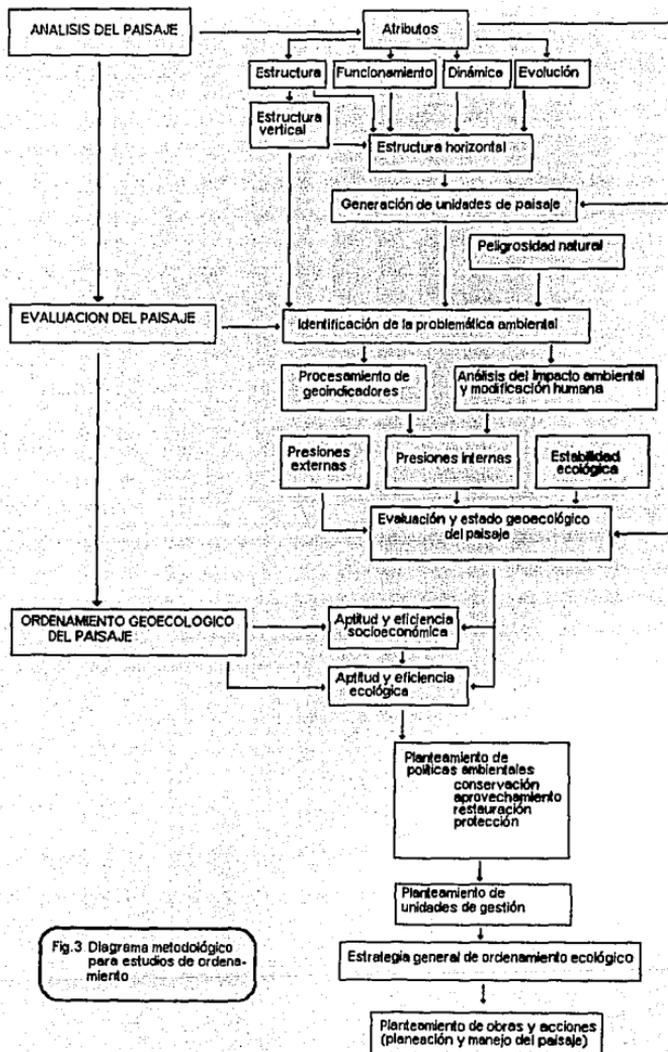


Fig.3 Diagrama metodológico para estudios de ordenamiento

Los siguientes párrafos de este capítulo explican de manera teórica las partes integrantes de este bosquejo metodológico.

1. Análisis de los paisajes

El análisis de los paisajes se enfoca principalmente a la distinción, caracterización, clasificación y la cartografía de los elementos bióticos, abióticos y humanos que componen una zona determinada, y el establecimiento de sus interacciones para llegar a conformar las unidades de paisaje de diferente orden jerárquico. Para la determinación del análisis, se consideran los "atributos del Paisaje", que son: estructura, funcionamiento, dinámica y evolución.

a) Estructura

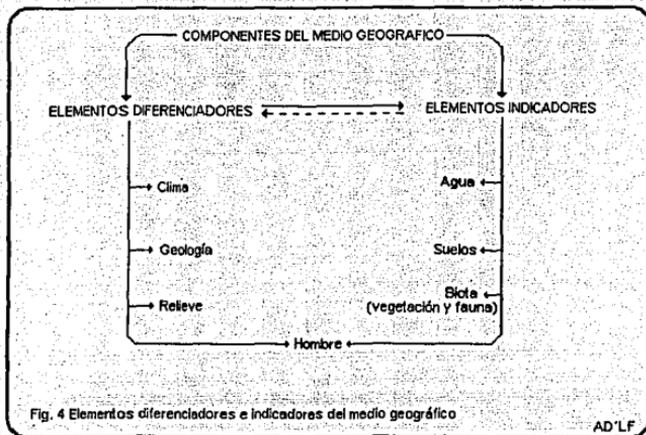
De acuerdo con Mateo (1991), "el análisis estructural consiste en explicar cómo se combinan los componentes del paisaje para dar lugar a formaciones integrales, y en la organización del sistema". Se refiere a aquellas interrelaciones, combinaciones y distribución espacial de los componentes del medio (relieve, clima, suelos y biota) que conforman la estructura vertical del paisaje. Los complejos físico-geográficos (o asociación de áreas con homogeneidad relativa de componentes), que conforman la organización espacial en una superficie determinada se concibe como la estructura horizontal; y abarca las relaciones entre dos o más unidades de paisaje (Troll, 1950, citado por Forman & Godron, 1986)

Se explica por separado la estructura vertical y la estructura horizontal para obtener una mayor claridad en los conceptos.

Estructura vertical

El concepto de estructura vertical surge a partir de la conjunción de las distintas esferas de la Tierra en un sentido vertical y para un punto determinado (Mateo, 1984 y 1991), que son: la litosfera, la hidrosfera, la pedosfera, la biosfera, y las distintas capas de la atmósfera, así como un gran número de subdivisiones de las esferas principales. Los límites entre las esferas varían de acuerdo a la posición geográfica.

Para la determinación de la estructura vertical del paisaje se realiza un análisis de los componentes naturales o geocomponentes del área de estudio. Estos componentes se integran como elementos diferenciadores del paisaje y como elementos indicadores. (fig. 4) Obviamente, el nivel de importancia y detalle de cada componente estará en función de los objetivos y la escala empleada en el estudio.



Los elementos diferenciadores del paisaje son aquéllos que dan lugar a las grandes diferencias o contrastes en el territorio y que condicionan en gran manera la génesis, la dinámica y los patrones de distribución de los suelos y la biota. Estos elementos diferenciadores comprenden al componente "relieve", el componente "geología" y el componente "clima", los cuales son más importantes en trabajos a escala pequeña (1:250,000 o más) y en los ambientes abruptos, que se caracterizan por fuertes cambios morfológicos y climáticos.

Para el estudio de los paisajes se toma al relieve como un elemento diferenciador de suma importancia ya que éste considera las desigualdades morfológicas en el terreno y da lugar a la formación de pisos bioclimáticos, a la formación de microclimas y microambientes, a la pedogénesis, los procesos geomorfológicos y edafológicos, etc. Los principales elementos que deben considerarse para el análisis del paisaje son: las formas, los procesos, la orientación de

las vertientes, la altitud y la pendiente. El sustrato geológico contribuye también para la formación de unidades de paisaje, ya que las condiciones físicas y químicas del material parental influyen en el funcionamiento del suelo y la vegetación, además de ser el sustentador de estos elementos. Interviene también en las condiciones de disponibilidad de agua superficial y subterránea. En el caso de los ambientes de montaña, las condiciones geológicas son de especial interés debido a que es el principal agente formador de los paisajes (bloques tectónicos, plegamientos, litología, explotación de minerales, etc.). Para los estudios de paisaje, se debe analizar básicamente el tipo de roca, su dureza, permeabilidad, composición química y los procesos morfodinámicos asociados con el relieve y los componentes restantes (Ribas, 1992).

El clima es otro elemento diferenciador para la configuración de los paisajes, ya que asociado con la estructura geológica puede dar lugar a algunos patrones de pedogénesis y a pisos bioclimáticos. En el estudio de los paisajes de montaña, el clima es un componente de gran importancia, de acuerdo a las condiciones de altitud, exposición, relieve, etc., que regula y modifica el comportamiento de las condiciones bióticas e incluso antropogénicas en un lugar. Prácticamente todos los elementos climáticos tienen relación con la estructura, el funcionamiento, la dinámica y la evolución de los paisajes. Por ejemplo, el viento actúa como un agente dispersor de semillas y polen, favoreciéndose la regeneración vegetal en sitios distantes, que a largo plazo puede provocar un cambio en sus condiciones estructurales específicas. Asimismo, el viento también interviene en la dinámica de la contaminación atmosférica.

Los elementos indicadores del paisaje son la resultante de la asociación de condiciones climáticas y morfológicas del espacio, y dan lugar a componentes que son "indicadores" de los elementos diferenciadores de mayor importancia. Por ejemplo, un suelo con coloración rojiza es evidencia de condiciones de humedad alta que provoca la oxidación de los materiales; un cacto indica condiciones de aridez y un helecho o una epífita indican condiciones de alta humedad atmosférica (el clima actúa como elemento diferenciador de las comunidades vegetales, y la planta es indicativa de algún elemento climático específico). Dentro de este grupo se consideran el agua, el suelo y la biota, que son más representativos en estudios a nivel local o escala detallada.

El agua, en sus distintas manifestaciones físicas (gas, sólido y líquido) tiene relaciones básicamente con los componentes clima y biota. El ciclo hidrológico contempla también procesos de escurrimiento e infiltración, involucrados con los componentes geológicos y geomorfológicos. En general, las condiciones de estado físico y químico (dureza, pureza,

salinidad, calidad) del agua, así como la cantidad y la localización, son indicativas de las características de los elementos diferenciadores del paisaje y de algunos niveles de perturbación. Dentro de los elementos indicadores, el agua se presenta como un componente regulador de las condiciones de los otros componentes. Por ejemplo, un curso de agua permanente está asociado con vegetación de galería, o una zona inundable ocasiona procesos de gleyzación en el suelo. La principal importancia del agua dentro del contexto paisajístico global es que permite el mantenimiento de cualquier tipo de vida, y en su caso, de actividades productivas.

El suelo es un componente de transición entre los elementos diferenciadores del paisaje (relieve y clima) y los elementos indicadores (vegetación), ya que posee características de ambos elementos y reúne elementos bióticos y abióticos. Sin embargo, puede considerarse como un elemento indicador del paisaje ya que el suelo es el producto de la meteorización (influencia climática) del material parental (influencia del sustrato) dentro de un ambiente geomorfológico determinado.

El suelo asociado con el agua regula, distribuye y asimila las condiciones químicas del sustrato y es un claro indicador de la migración de sustancias, energía e información dentro del sistema ya que intercepta y disipa la energía y nutrientes transportados por la lluvia (Benkubi, 1993).

Las propiedades del suelo contribuyen para la formación y mantenimiento de determinados tipos de vegetación e incluso a nivel de especie vegetal por la acción del litter, la materia orgánica, el pH, etc. El suelo es un importante agente para determinar el nivel de asimilación humana de un territorio o la potencialidad de antropización. Tricart (1972) realiza un excelente trabajo sobre las relación geomorfología-clima-edafología, a la que llama "geomorfología climática", por lo que podría consultarse para estudios específicos en torno a los elementos diferenciadores y su influencia en el suelo. Los principales parámetros del suelo que deben considerarse dentro de los estudios de paisaje son: profundidad, textura, pedregosidad, capacidad de campo y condiciones químicas. Los rendimientos y la calidad de los cultivos agrícolas constituyen la principal manifestación de las condiciones edáficas dominantes en un sitio.

La vegetación, primera variante de los componentes bióticos funciona como el principal agente indicador de los paisajes, ya que sus características (composición florística, estratificación, cobertura, altura, competitividad, fisonomía, etc.) son resultado o indican la acción de determinados elementos del medio natural o antrópico. Es decir, la vegetación actúa como la resultante de la interacción de los elementos geográficos que conforman el paisaje, tanto

diferenciadores como indicadores, y constituyen el primer eslabón de las cadenas tróficas y el hábitat de las especies animales silvestres. Los disturbios en la vegetación hacen que se pase de un estado ambiental a otro (Coughenour y Ellis, 1993).

Las bioindicadoras son plantas que indican la presencia de algún componente o algún elemento determinado, y presentan un especial interés en los estudios de paisaje debido a que muestran directamente las relaciones entre dos o más elementos del medio natural. Existen algunas plantas que son indicadoras de metales pesados, como la *Baptisia bracteata* que denota la presencia de plomo, la *Matricaria americana* de zinc, la *Crotalaria cobalticola* de cobalto, la *Alyssum bertolonii* de níquel, etc. (Cannon, 1960, citado por Guerra, 1980). Los géneros de *Populus*, *Platanus*, *Salix*, *Fraxinus* y *Taxodium*, entre otras, muestran cursos permanentes de agua. *Pinus patula*, *Pteridium* spp. y *Tillandsia* spp muestran condiciones de alta humedad atmosférica. Las familias de las aráceas, begoniáceas y anonáceas también se desarrollan en zonas con alta humedad atmosférica, y el tamaño de la hoja de los diversos géneros de la familia de las melastomataceas muestran los sitios de máximo humedecimiento en un transecto vertical (Richter, 1992). La *Arenaria brioides* se desarrolla en el país bajo condiciones de frío permanente; *Ipomoea pes-caprae*, *Coccoloba uvifera* y *Batis maritima* denotan fuerte influencia oceánica y presencia de dunas costeras; los diversos géneros de mangle (*Rizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia* y *Conocarpus*) indican diversos grados de influencia marítima y de inundabilidad. La *Distichlis spicata* y *Eragrostis obtusiflora* son plantas que denotan suelos muy alcalinos (Rzedowsky, 1984). Ejemplos como éstos de plantas bioindicadoras podrían citarse por miles.

Algunas plantas también pueden ser bioindicadoras de disturbios en el medio, por ejemplo, el género *Platanus* presenta defoliación prematura como consecuencia de la oxidación fotoquímica producto de la contaminación atmosférica, y otras especies como *Pinus hartwegii*, *P. ponderosa* y *P. leiophylla*, además de tabaco, lechuga, frijol y espinaca, entre otros, presentan bandas o manchas de clorosis por la misma causa (de la I., 1986 y Bauer, 1990).

La fauna es la segunda variante de los componentes bióticos que se encuentra muy relacionada con las condiciones de la vegetación; sin embargo, se presentan algunos problemas para su análisis dentro del paisaje dada la diversidad de hábitats y especies, así como su capacidad de dispersión y migración, y la dificultad de expresar cartográficamente su importancia o funcionamiento geocológico a escalas medias y pequeñas. En comparación con los otros componentes, los estudios sobre paisaje que consideran a la fauna son bastante escasos. Algunos intentos de vinculación de la fauna con el medio geográfico se presentan en los trabajos de Udvardi (1970) y Darlington (1957).

La fauna tiene un importante papel en la conformación y el funcionamiento geocológico de los paisajes, sobre todo en los llamados corredores faunísticos (Forman-Godron, 1986). Los animales actúan como agentes dispersores de las semillas vegetales (dispersión zoocoria), ya que las semillas se adhieren a las patas, el pelo o el plumaje; o bien los animales herbívoros, frugívoros o granívoros defecan las semillas en lugares distintos al sitio de alimentación, favoreciéndose la regeneración vegetal natural y la expansión de la cobertura vegetal de las especies. Por otra parte, algunos animales que habitan en el suelo contribuyen a su aireación, estructuración y el incremento de los nutrientes.

El análisis de los elementos endémicos, tanto florísticos como faunísticos, constituyen un elemento de especial interés para el estudio del desarrollo histórico de los paisajes y de la conformación estructural actual, ya que los endemismos son originados por condiciones específicas de la interacción de los componentes presentes o pasados (por ejemplo, la presencia de elementos florísticos boreales en zonas tropicales provocados por las glaciaciones pleistocénicas), o por el aislamiento geográfico, como es el caso de Galápagos, Madagascar o Australia.

Finalmente, se considera al hombre y sus actividades económicas como un elemento inicialmente indicador; sin embargo, su nivel de influencia y adaptación ha abarcado todos los ámbitos y ha causado modificaciones leves o sustanciales en todos los componentes y en todas las áreas geográficas de la Tierra; esto se conoce como la modificación antropogénica sobre los paisajes, por lo que también podría considerarse al hombre como un elemento diferenciador en algunos casos. En los estudios sobre paisaje es de suma importancia realizar el estudio histórico de la presencia humana en el territorio analizado (asimilación territorial) para determinar su influencia actual y determinar las tendencias de utilización del espacio.

La integración vertical o concatenación de las esferas de cada componente de los arriba señalados constituyen la estructura vertical, y da lugar a una unidad de paisaje representable cartográficamente, que en su leyenda o interpretación indica las características climáticas, de relieve y pendiente, de suelos, de formaciones vegetales, y de influencia humana que dominan en dicha unidad.

Los perfiles físico-geográficos son una importante herramienta para la interpretación de la estructura vertical y horizontal en un transecto determinado, ya que indican los cambios secuenciales de todos los componentes de acuerdo con los cambios altitudinales, mostrando las

interrelaciones y asociaciones de los componentes. Es factible también realizar perfiles comparativos entre dos etapas históricas con el fin de registrar la secuencia evolutiva y el arreglo de los componentes en el espacio dentro de un marco temporal.

Los perfiles son de gran utilización en algunas disciplinas, como la edafología, la geología, la botánica, la geomorfología, etc. Lo son también en estudios de medio ambiente y paisajes. La información que puede contener el perfil, así como las metodologías de realización son muy variadas. Para el estudio de caso, y a manera de ejemplo, se empleará en el capítulo 2 un perfil ambiental complejo que muestra el transecto del terreno y la información de los componentes en forma de barra, que pueden ser llenadas con letras, símbolos, achures o colores. Estos transectos ambientales complejos pueden emplearse también para reflejar las condiciones de estos componentes o su evaluación, así como su potencialidad de uso.

La comprensión de la estructura vertical en el territorio también puede realizarse a través de la aplicación de matrices de interacción, determinando la frecuencia de las relaciones entre los componentes. También se pueden aplicar fórmulas como el índice entrópico de relaciones entre componentes, el índice multispectral de relaciones entre componentes, el índice de la potencia entre relaciones, el coeficiente de fraccionamiento paisajístico, el índice de coherencia interna y el de heterogeneidad paisajística, entre otros (Mateo, 1992). La aplicación de estos métodos requiere de un análisis matemático exhaustivo y un gran número de variables obtenidos de la estructura horizontal.

Estructura horizontal

Una unidad de paisaje no existe como elemento único en un territorio, sino que va a interactuar con paisajes adyacentes que presentan diferencias en uno o más de sus componentes. A esta relación o concatenación entre dos o más paisajes se le conoce como estructura horizontal (fig. 5). Estos paisajes, según Forman & Godron (1986) relacionan a la distribución de energía, materia e información con la forma, tamaño, número, tipo y configuración de la unidad espacial (arreglo espacial).

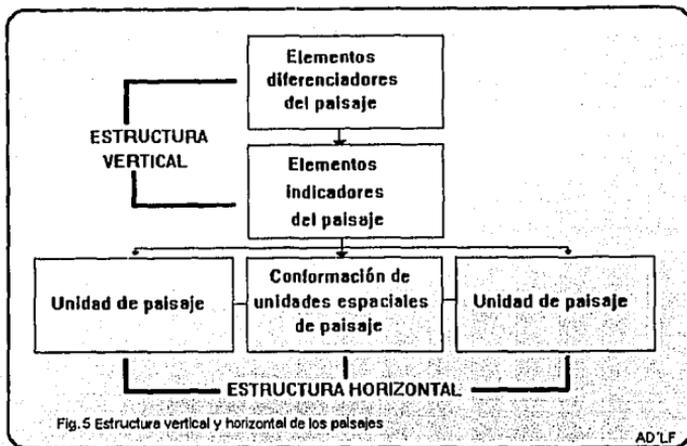


Fig. 5 Estructura vertical y horizontal de los paisajes

ADLF

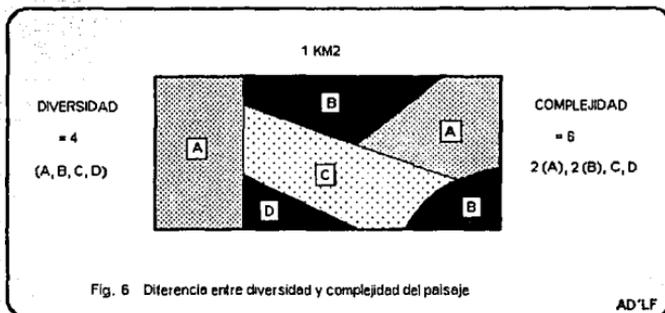
Aún en ambientes aparentemente homogéneos, por ejemplo una planicie costera, se marcan contrastes entre unidades de paisaje, como son áreas inundables e inundadas, la diversificación de los usos del suelo, influencia salina, etc; o bien una ladera de una montaña puede diferenciarse por el tipo de vegetación, las variantes en la pendiente, distinto material parental, diversos grados y tipos de erosión, etc., por lo que siempre va a existir una estructura horizontal.

La estructura horizontal o planar se refiere básicamente al arreglo espacial y al comportamiento que tienen las distintas unidades de paisaje dentro de un territorio determinado, en sus relaciones recíprocas, comportamiento y forma de sus límites o geocotonos, etc.

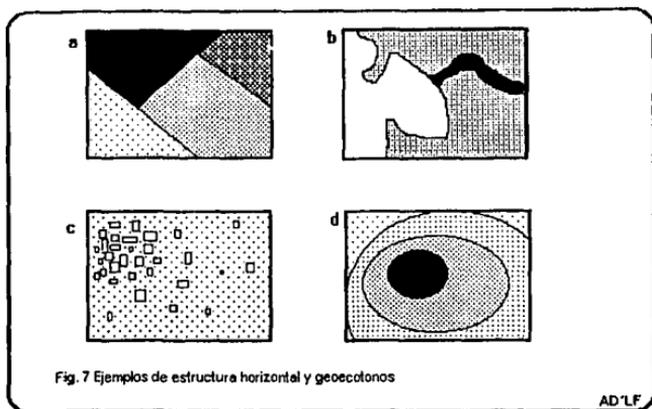
A la zona de contacto o el límite entre dos unidades de paisaje se le conoce como ecotono paisajístico o geocotono (Forman & Godron, op.cit). Este ecotono puede ser bien definido o bien puede tener cambios graduales de un paisaje a otro, sin apreciarse exactamente el cambio de paisaje. Un ejemplo de ecotono definido es el límite de una zona de cultivo y una zona arbolada, y del segundo caso puede referirse los límites variables de una laguna costera, un piedemonte, o los diferentes pisos bioclimáticos en el caso de una montaña. La exactitud de los ecotonos paisajísticos en la cartografía dependerá de la escala manejada y de los objetivos del estudio.

Los ecotonos son de gran importancia en el estudio de la estructura horizontal de los paisajes, ya que son los que marcan las diferencias, las similitudes y las relaciones entre dos o más unidades de paisaje, o bien en el funcionamiento global de toda el área estudiada. A partir de estos ecotonos, pueden aplicarse distintas fórmulas, índices y métodos cualitativos para determinar estas relaciones horizontales. Uno de los elementos más comunes en la estructura horizontal es la contrastividad, definida como la cantidad total de unidades de paisaje en una unidad de área. Otros elementos de la estructura horizontal son la vecindad, la contigüidad, la complejidad, la diversidad tipológica, la diversidad topológica, el coeficiente de diversidad paisajística, etc. (Mateo, 1991)

Dado que estos elementos de la estructura horizontal son fácilmente confundibles por la similitud de sus términos, en la siguiente figura se expresa la diferencia entre la diversidad y complejidad de una región determinada con un ejemplo hipotético.



En la figura 7 se ilustran ejemplos de las posibles configuraciones del límite y de distribución diversa de los ecotonos paisajísticos en ambientes diferentes y su influencia en algunas relaciones horizontales (principalmente la contrastividad o complejidad, que equivale al número total de paisajes repetibles e irrepetibles), y suponiendo que los cuatro casos tienen exactamente la misma área.



La imagen (a) muestra el caso de un terreno con campos de cultivo y vegetación natural. Los ecotonos son rectos y claramente apreciables, con una contrastividad alta ya que hay cuatro unidades. Las unidades de paisaje son de forma rectangular. La imagen (b) es una zona costera con el mar en blanco, con ecotonos de forma muy sinuosa, representado por la línea de costa y la margen de un río, de media contrastividad (el mar, el cauce del río y la unidad restante), aunque no se puede establecer la forma de las unidades debido a que salen de los límites del recuadro. La imagen (c) es una aglomeración humana representada por los cuadros y los rectángulos que en su conjunto forman una unidad de paisaje, y los puntos representarían otra unidad (por ejemplo una zona agrícola). Los ecotonos son muy imprecisos, ya que en la zona agrícola se presentan algunos elementos urbanos. La contrastividad es baja a nivel general, ya que solamente hay dos unidades de paisaje. La imagen (d) representa los diferentes paisajes en una montaña, conformada por anillos de los pisos bioclimáticos y de formas específicas del relieve. Los ecotonos son de forma curva y la contrastividad es alta, ya que en la misma unidad de área se presentan cuatro unidades diferentes. La unidad central es de forma circular, y las restantes de forma anular.

Taxonomía y clasificación de las unidades de paisaje.

Una de las cualidades más destacadas de la geografía del paisaje es que proporciona la posibilidad de clasificar un territorio determinado bajo diferentes puntos de vista y diferentes niveles de rango y complejidad, tomando como base algunos elementos de la estructura vertical y sobre todo de la estructura horizontal del territorio analizado.

Es posible realizar una clasificación de las unidades del paisaje de acuerdo con un criterio de jerarquía o taxonomía, de manera semejante a otras ciencias como la edafología, la botánica o la zoología. Se parte de un conjunto de unidades de primer orden, de carácter general, en donde dominan los elementos geográficos diferenciadores como las grandes morfoestructuras sobre condiciones climáticas específicas. A partir de esta primera unidad se generan otras unidades de segundo orden que se encuentran subordinadas al tronco principal. Las unidades de tercer orden se subordinan jerárquicamente a las de segundo orden, y así sucesivamente.

Existe una gran variedad de términos para definir las unidades de primer, segundo, tercer orden, etc. que varían de escuela a escuela, en la línea de la geografía del paisaje y otras afines. La línea del CSIRO de Australia define para un territorio "land systems", "land units", y "land facetes". Bertrand, de la escuela francesa, emplea "geosistema", "geofacie", y "geotopo" (Bolí, 1992). Tricart (1982) divide el territorio en "zona", "dominio", "megageocora", "macrogeocora", "mesogeocora", "geocora", "microgeocora" y "nanogeocora". Mateo (1984) señala para el territorio, con base en la escuela soviética, las "localidades", "comarcas", "subcomarcas" y "facies". Para México, SEDESOL emplea cinco niveles de jerarquización: "zona ecológica", "provincia ecológica", "sistema terrestre", "paisaje terrestre" y "unidad natural". Todas las clasificaciones señaladas están ordenadas del nivel más general al más particular; en otras palabras, de menor a mayor escala.

La taxonomía de las unidades del paisaje se realiza a diferentes niveles: el mundial o planetario, el regional y el local. En el nivel mundial, se parte de las condiciones generales de acuerdo a las fajas climáticas de la Tierra. El nivel regional se realiza tomando en cuenta las diferencias altitudinales que existen y las condiciones geomorfológicas. Finalmente, el nivel local se realiza a escalas semidetalladas y detalladas, y considera parámetros específicos de relieve, mesoclima, suelos y uso del suelo.

El nivel local tiene dos variantes, una de regionalización (con unidades irrepetibles) y otra tipológica (que considera la posibilidad de unidades repetibles en un espacio, por ejemplo una

ladera volcánica con encinos). Para la realización de estudios a detalle, se recomienda la utilización de un enfoque tipológico.

Las unidades tipológicas de paisaje se caracterizan por poseer algunos rasgos comunes con unidades contiguas o alejadas, que se repiten espacial y temporalmente. Los contornos se encuentran disgregados y no conforman un solo fragmento. La tipología contribuye "a la utilización científica de los paisajes en la planificación y la proyección de las ideas de analogía geoecológica" (Mateo, 1991). A el proceso de realizar una división del territorio bajo este enfoque se le llama tipificación.

Existen varias formas de clasificar un territorio determinado, dependiendo de los objetivos, la escala utilizada y el nivel de análisis y detalle del trabajo. La clasificación que se menciona a continuación considera desde las características del medio natural hasta algunos niveles de interpretación como es la evaluación del grado de influencia del hombre sobre el medio natural (modificado de Bolós, op.cit.)

a) Una primera clasificación considera las cualidades espaciales del territorio, el cual se subdivide de acuerdo con las condiciones de su estructura vertical y horizontal (localización, disposición zonal o azonal, etc.)

b) La segunda clasificación se realiza a partir de las características del geosistema (conceptualizada como la interacción naturaleza-sociedad). Se clasifica el territorio de acuerdo con la influencia del hombre sobre el medio natural, lo que da lugar a paisajes naturales, antroponaturales y antrópicos.

c) Por su temporalidad, evolución o edad. En ésta, se clasifican los paisajes de acuerdo a diversos parámetros temporales de la unidad: su edad, estado evolutivo, etc. De esta forma pueden darse paisajes contemporáneos, paisajes relictuales, paisajes del terciario, etc.

d) Por su funcionalidad. Se establece la clasificación considerando el papel de cada unidad de acuerdo con la función natural o social que desempeña dentro de la región (paisajes urbanos, paisajes rurales, paisajes emisores, etc.)

e) Una última clasificación (sin descartar la posibilidad de muchas otras) se realiza de acuerdo a su estado geoecológico. Indica la relación del territorio actual con el territorio original, tomando

como base la estabilidad del paisaje. Esto da lugar a paisajes optimizados, compensados, agotados y alterados.

Como puede apreciarse, el estudio de la estructura del paisaje es muy amplio y tiene muchas variantes, por lo que se enfatizará su análisis dentro del estudio de caso. Los otros tres atributos del paisaje (funcionamiento, dinámica y evolución) se analizarán de una manera más general e inmersos en la descripción de las unidades de paisaje, ya que la metodología para su análisis requiere de técnicas, monitoreos e información muy específica que se encuentran actualmente inexistentes.

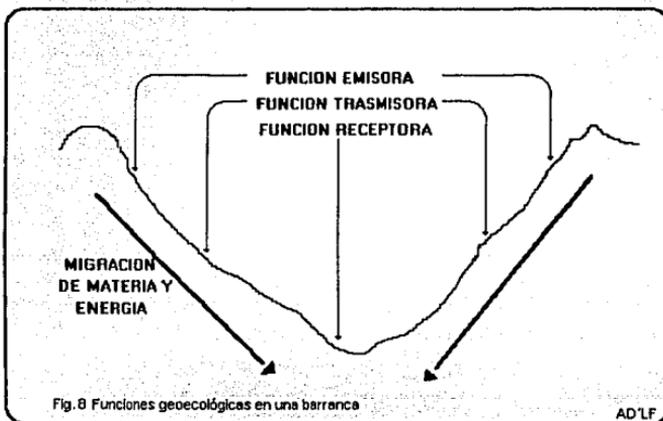
b) Funcionamiento

El funcionamiento o fisiología de un paisaje puede tener dos variantes. La primera se refiere a la función geoecológica que tiene la unidad dentro del territorio estudiado, tomando como base las condiciones de origen y migración de materia y energía. (González, 1981). Esta función geoecológica puede ser emisora, trasmisora y receptora. La función emisora o dispersora se efectúa en un lugar o unidad determinado que constituye una fuente de distribución de materia y energía hacia el resto del sistema. Como ejemplo puede mencionarse la cabecera de una cuenca, que es el foco de dispersión de la materia, como el agua y las partículas arrastradas por acción gravitacional o hídrica; y de la energía, como la fuerza cinética y capacidad erosiva que adquieren las corrientes de agua en zonas de fuerte pendiente. Una zona emisora también sirve como difusora de información genética, principalmente de polen vegetal y semillas que se transportan por diseminación anemocoria, zoocoria o hidrocoria. Un paisaje emisor puede ser principal o secundario, de acuerdo a su localización en el ámbito global.

La función trasmisora se efectúa entre las áreas emisoras y las áreas receptoras. Las áreas con esta función sirven únicamente como tránsito de las migraciones de materia y energía, se efectúa cierta dispersión aunque también hay concentración en algunas pequeñas zonas. Las fuerzas energéticas son menores que en los núcleos dispersivos. Un ejemplo clásico lo constituyen las laderas de las montañas. De una manera teórica, estas zonas tienden a ser las más estables debido a que tienden a un equilibrio entre la entrada y la salida de materiales.

Finalmente, las zonas que tienen función receptora o colectora son receptáculos de la materia y la energía que provienen de las áreas dispersoras y de tránsito. Como ejemplos, pueden citarse los ríos, lagos, presas, costas, etc. La ruptura del equilibrio ecológico o la presencia de eventos extraordinarios pueden provocar inestabilidad sobre estas áreas, manifestándose como azolves

(concentración de sedimentos), contaminación (concentración de compuestos químicos), inundaciones (concentración de agua), eutroficación (concentración de nutrientes), deslaves o avalanchas (concentración de tierras o fango), concentración de basura, etc. En la fig. 8 puede apreciarse una representación gráfica de estas tres funciones geoecológicas para el caso de una barranca o zona montañosa, notándose el carácter unidireccional de los flujos de materia y energía. El funcionamiento en los paisajes de llanura son muy diferentes, ya que están en función de la influencia marítima, las condiciones hidrológicas y la textura del suelo, entre otros aspectos.



Para paisajes antrópicos o humanizados se puede dar una clasificación similar de acuerdo con su función, por ejemplo, un complejo industrial sirve para generar productos, una carretera sirve de tránsito, y una población funciona como centro de acoplo de la producción; un paisaje rural dispersa productos agrícolas y un paisaje urbano los colecta, etc.

La segunda variante se refiere a las características de la funcionalidad a partir de la actividad natural (zonas emisoras, trasmisoras y receptoras), tomando en cuenta la afectación humana sobre el medio natural. Estas características son básicamente la estabilidad ecológica y la capacidad de carga, entre otras.

Se define la estabilidad ecológica como la capacidad que tiene un sistema espacial de responder adecuadamente ante un fenómeno externo perturbador, sin que se cambien las condiciones estructurales, funcionales o dinámicas de la unidad. La estabilidad se pierde cuando se rebasa la capacidad de carga, también llamado nivel de resistencia ecológica o capacidad de amortiguamiento. Cuando se rebasa la capacidad de carga las condiciones del medio se vuelven irreversibles.

c) Dinámica

Analiza los cambios temporales que se presentan dentro de una o varias unidades. Se refiere principalmente a las variaciones estacionales, y no conduce a su transformación cualitativa ni a cambios en la estructura interna del paisaje. La dinámica del paisaje se caracteriza principalmente por su reversibilidad y su periodicidad, dados como productos de los procesos que ocurren en el paisaje. Puede darse a varios niveles de frecuencia (diario, estacional, anual o esporádico) y a distintas velocidades.

Como ejemplos, pueden citarse los diferentes procesos geomorfológicos y condiciones hidrológicas que ocurren en una montaña en distintas épocas del año, o los cambios estacionales que ocurren en el follaje de las plantas, las variaciones de la incidencia mensual de la energía solar, la variación de la época cálida y la época fría del año, etc.

d) Evolución

La evolución o desarrollo del paisaje estudia las distintas etapas progresivas que ha sufrido una unidad de paisaje a partir de su formación. También se le conoce como el "cambio del paisaje" (Forman-Godron, 1986).

Dentro del estudio evolutivo de los paisajes se toma en cuenta su edad. La edad del paisaje considera el momento relativo a partir del cual las condiciones estructurales (verticales y horizontales) del paisaje adquieren sus cualidades actuales, es decir, cuando se generan las condiciones climáticas, de relieve, edafológicas y bióticas que prevalecen hasta los momentos presentes. El término de edad del paisaje da lugar a una gran variedad de tópicos y discrepancias entre los estudiosos de la geografía del paisaje. Por una parte, se considera que la edad del paisaje nunca concuerda con la edad del relieve, ya que éste presenta cambios graduales o repentinos a lo largo de su historia; ha estado sujeto a fluctuaciones climáticas a

gran escala y por tanto, ha generado una serie de cambios importantes en las condiciones bióticas del entorno. Sin embargo, es complicado determinar el momento en que las condiciones geográficas adquieren su estatus actual, además se considera que el paisaje está sujeto a una dinámica o fluctuaciones constantes (por ejemplo erosión de tierras, deslizamientos, etc.) que impiden obtener una condición estática. Finalmente, el paisaje como tal debe considerar el papel de la modificación humana en el medio natural, lo que lleva a limitar la edad del paisaje antroponatural desde que el hombre llegó al territorio y comenzó a transformar su entorno.

Para determinar la edad y el desarrollo de un paisaje natural se emplean técnicas, principalmente la paleopalinología (estudio del polen fósil), los que permiten comparar las especies vegetales del pasado con las actuales, y se determina la época en que se presentan las condiciones bióticas actuales. La dendrología (estudio de los anillos de los árboles) contribuye con información de las variaciones de tipo climático en períodos relativamente cortos de tiempo. Los estudios con radioisótopos como el de C_{14} en materia orgánica pueden proporcionar más información con relación a la edad de los ambientes y paleoambientes. Finalmente, los métodos de análisis paleoedáfico, realizados con base en el estudio de los paleosuelos, los horizontes actuales y las propiedades físico-químicas de los suelos, también generan información muy importante para el estudio de la edad y la evolución de los ambientes. Pueden realizarse también estudios paleogeomorfológicos, paleoclimáticos, etc. que complementen la información generada.

La edad y la evolución de los paisajes antroponaturales y los antrópicos son más fáciles de determinar, ya que existen registros más exactos y evidentes que son proporcionados por los habitantes del lugar o por registros históricos. Las fotografías aéreas de distintas fechas pueden ser de mucha utilidad para mostrar la formación de nuevos paisajes antrópicos (por ejemplo áreas rurales o urbanas, zonas agrícolas, embalses, áreas erosionadas por cambios en el uso del suelo, etc.)

Algunos métodos para estudiar los paisajes del pasado (aunque con énfasis en aspectos geomorfológicos), se pueden consultar en el texto de Weyman (1981), además de Tricart y Cailleux (1972).

Todas las variantes que conforman el análisis del paisaje tienen la posibilidad de ser cartografiadas. En la actualidad, existe un gran número de métodos para el levantamiento cartográfico de los paisajes, principalmente de la estructura vertical y horizontal. Los mapas de

funcionamiento, dinámica y evolución se encuentran aún en fases experimentales y su utilización ha sido de manera muy reducida.

La información generada durante esta fase de análisis del paisaje, tanto bibliográfica como cartográfica, permite tener un fundamento para llevar a cabo el diagnóstico del territorio o evaluación del paisaje desde el punto de vista de un complejo territorial formado por unidades específicas que se encuentran entrelazadas.

2. Evaluación de los paisajes.

La evaluación del paisaje, de acuerdo con Salinas (1991), se define como "la determinación (por opiniones, estadísticas, datos subjetivos y objetivos) de los resultados (deseables o indeseables, transitorios o permanentes, inmediatos o lejanos) alcanzados por una actividad, designada para cumplir una meta u objeto".

Los objetivos fundamentales de la evaluación, señalados por el mismo autor, son: informar sobre la calidad de los geocomponentes y los geocomplejos (paisajes), realizar una comparación entre éstos, ayudar para el establecimiento de las políticas de manejo y la toma de decisiones, y proveer una comprensión más amplia del territorio estudiado.

Las evaluaciones se clasifican de manera general en dos tipos: de tipo productivo o tecnológico, que analiza las condiciones encaminadas a rubros económicos; y las de tipo ecólogo-ambiental, que valora el estado actual de los geocomponentes y la estructura horizontal del área en cuestión, así como la tendencia estructural prospectiva del conjunto o territorio basado en el funcionamiento y la dinámica actual. Este segundo tipo de evaluación será el que se empleará para el estudio de caso.

Para la determinación del diagnóstico o evaluación del territorio, se emplean una serie de métodos de tipo lógico-cualitativos y cuantitativos para evaluar la situación de cada unidad de paisaje mediante el uso de indicadores ambientales y su procesamiento, usando matrices de interacción. Se determinan también los principales problemas ambientales de la zona para enfatizar el análisis en los puntos de mayor recurrencia de procesos negativos. Se evalúan los impactos ambientales a diferentes modalidades (general y particular) provocados por diversas actividades humanas, determinándose el nivel de naturalidad y de asimilación humana que

posee el territorio. El análisis de los indicadores ambientales y de los impactos ambientales obtenido proporcionan el valor de las presiones ecológicas internas (manifestadas dentro de todo el espacio analizado del paisaje).

Para la determinación de la evaluación del territorio es necesaria la aplicación de algunos métodos que valoren cualitativa o cuantitativamente la situación de uno o más componentes mediante tablas o la aplicación de fórmulas e índices, obteniendo un valor que marca el grado del problema, comparable con otras unidades dentro o fuera del área de estudio. Una de las técnicas más usuales y que arrojan resultados satisfactorios son las matrices de interacción de doble y triple entrada.

En las tablas y matrices, pueden emplearse distintos tipos de métodos, que se agrupan por lo general en cuantitativas, semicuantitativas y cualitativas.

a) Cuantitativas. En éste se evalúa cada componente de acuerdo con un parámetro numérico previamente establecido. Al final, se elabora una matriz global que muestra las unidades de paisaje en el eje de las "x", y la evaluación de los geocomponentes en el eje de las "y". Posteriormente, se realiza un análisis estadístico de los resultados mediante ponderaciones.

b) Un segundo método, llamado semicualitativo, elabora una matriz con las unidades y la evaluación de cada componente, de manera similar al anterior, aunque la valoración se realiza con la combinación de parámetros numéricos y cualitativos.

c) Cualitativas. Consiste en conformar matrices de interacción en las que la valoración de los geocomponentes se realiza con elementos totalmente cualitativos, con valores no mesurables.

Posteriormente, a partir de los resultados de las matrices, se valora la situación real de los geocomponentes y las unidades de paisaje de diferente orden así como la capacidad de las condiciones naturales para afrontar una actividad humana específica, medida principalmente por la capacidad de carga, la determinación de la estabilidad y la inercia natural (capacidad de regresar al estado inicial ante la presión de un agente humano). Se detecta también la direccionalidad y la intensidad de las presiones naturales y humanas que influyen desde fuera del espacio territorial analizado.

A manera de conclusión, puede obtenerse un mapa del estado geocológico del territorio (Mateo, 1991), el cual intenta evaluar un territorio determinado, tomando en cuenta la presión

económica sobre el medio. Permite identificar las áreas de mayor transformación de la zona estudiada, así como las áreas con mayor deterioro ecológico. Este autor señala cuatro posibles estados geoecológicos:

a) *Paisajes optimizados*. Este tipo de paisajes se encuentran en terrenos con un alto valor biológico y una actividad humana mínima, que provoca bajo o nulo impacto al medio natural, y está encaminada principalmente a la preservación y la conservación del medio natural.

b) *Paisajes compensados*. Este tipo incluye actividades económicas cuyos impactos no causan gran alteración, ya que se emplean básicamente insumos naturales y se basan principalmente en una sustitución de la cubierta vegetal por cultivos o una vegetación equivalente.

c) *Paisajes agotados*. Este tipo incluye aquellas zonas en donde ha habido actividades humanas o económicas, actuales o pasadas, que han sido a gran escala y han provocado un fuerte impacto, provocando un abatimiento de las condiciones de los componentes indicadores (agua, suelo y biota) y cambios en la estructura horizontal, causando problemas como la desertificación, salinización de suelos, erosión, etc.

d) *Paisajes alterados*. Son unidades espaciales en donde ha habido una fuerte actividad humana y económica de gran impacto, que ha causado desaparición total de uno o varios componentes naturales de manera irreversible.

3. Ordenamiento geoecológico de los paisajes.

El ordenamiento ecológico es la realización de una serie de fases específicas encaminadas a la planeación integral de un territorio determinado, considerando sus condiciones físicas y humanas, sus recursos naturales, sus problemas ambientales, su potencial o vocación, etc. SEDESOL (1988) define al ordenamiento como "un proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente".

Se plantea que los estudios de ordenamiento ecológico se apliquen principalmente a los países subdesarrollados, ya que cuentan aún con una gran cantidad de recursos naturales que se están explotando a gran velocidad, con técnicas y métodos muchas veces irracionales, buscando satisfacer necesidades económicas o alimentarias inmediatas con el beneficio de una mínima

parte de la población. Algunas corrientes contemporáneas asociadas con la planificación, como el desarrollo sostenido, sostenible o sustentable, posiblemente de mayor divulgación que el término de ordenamiento, son principios fundamentales para la puesta en marcha del plan, ya que se plantea una utilización racional de los recursos naturales a corto, mediano y largo plazo, aprovechando e incrementando la eficiencia ecológica y la eficiencia socioeconómica del paisaje.

Hasta el momento, se han realizado algunos estudios de este tipo en varias partes del mundo, principalmente en países del tercer mundo. En América Latina, se tienen ordenamientos ecológicos en la Amazonia, en el sur de Brasil y el Mato Grosso, en el norte de Argentina, etc. (Resúmenes de la Primera Reunión Internacional de Ordenamiento Geoecológico de los Paisajes, 1993). A pesar de la necesidad de este tipo de investigaciones y la "moda" por los aspectos del medio ambiente, la ecología y la conservación del medio natural, aún son muy escasos estos estudios, y en mucho menor grado, la ejecución real y satisfactoria de los planes de ordenamiento.

La realización de un ordenamiento ecológico para una región determinada implica partir de algunos principios básicos que se han establecido por un gran número de autores. Los siguientes principios resumen los aspectos principales señalados en la literatura:

1. La planeación debe estar basada en la estructura físico-geográfica del territorio y en las condiciones sociales, políticas, económicas e históricas del territorio.
2. La planeación territorial de la naturaleza incluye la utilización racional y científicamente fundamentada de las condiciones y los recursos naturales pasados, actuales y potenciales, la protección de los elementos y complejos naturales y el mejoramiento o regulamiento activo de los procesos naturales y humanos.
3. Se busca la utilización racional de cada parte de la naturaleza, determinando la carga óptima, la distribución racional, los tamaños y el régimen de cada tipo de uso, con una perspectiva de sustentabilidad de los recursos naturales.
4. El estudio debe conducir a la elaboración de una estructura racional ordenada y planificada del medio, considerando aspectos de suministro y empleo de materia y energía, control de elementos naturales perjudiciales, búsqueda del mejoramiento social y protección de la naturaleza.

Los primeros antecedentes del ordenamiento ecológico en el país parten de la Ley de Asentamientos Humanos de 1976, fecha en que realizan los primeros Ecoplanes y los Planes de desarrollo Ecológico de los Asentamientos Humanos. Posteriormente, y a partir de la Ley de Planeación de 1983 se comienzan a elaborar los primeros Proyectos de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Las experiencias generadas de estas leyes y proyectos constituyeron una base para la creación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, donde ya se considera un apartado especial destinado al ordenamiento ecológico.

En 1988 se edita el primer Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio que ha sido la base para un importante número de investigaciones en diversas regiones del país, dando prioridad a dos tipos de áreas:

- aquellas con una problemática ambiental o económica destacable, por ejemplo la zona minera de Hidalgo del Parral, la Frontera Norte, algunas zonas de Tabasco, la selva de los Chimalapas (aunque no llegó a realizarse a pesar de la fuerte presión de los grupos ecologistas y la apertura constante de la frontera agrícola sobre una de las zonas más conservadas y biológicamente más ricas de América), etc.

- aquellas que tienen un potencial económico notable, principalmente zonas con vocación turística, por ejemplo Ixtapa-Zihuatanejo, Bahías de Huatulco, Cancún, Los Cabos, Nuevo Vallarta, Costa Alegre, etc.

A la fecha se han llevado a la práctica muy pocos proyectos, entre los que pueden mencionarse el corredor turístico Cancún-Tulum y el complejo turístico de nuevo Vallarta, en el estado de Nayarit. Los otros proyectos se encuentran actualmente en fase de revisión.

El manual mencionado se basa en algunas etapas propuestas por otras escuelas, con algunas aplicaciones para México (como la regionalización ecológica). Sin embargo, y debido en parte a la falta de experiencia en el ámbito de planeación territorial en el país, el manual tiene algunos errores que se van descubriendo en la aplicación de los trabajos en distintas partes del país y de diversos sectores de la producción. Las principales deficiencias son las siguientes:

- La regionalización ecológica planteada marca cinco niveles jerárquicos (que de entrada son pocos dada la extensión y la gran variación de condiciones naturales del país): zona ecológica, provincia ecológica, sistema terrestre, paisaje terrestre y unidad natural, las cuales se manejan

para distintas escalas previamente señaladas, sin embargo, desde el punto de vista de la geografía del paisaje, todas son unidades naturales, todos son sistemas, todos son paisajes, es decir, no existe una terminología adecuada para cada uno de los taxones. Por otra parte, los criterios para delimitar algunos de los taxones (principalmente paisaje terrestre) son muy ambiguos y confusos. Se insiste en emplear la técnica de sobreposición de mapas en sentido estricto y sin interpretación o análisis para obtener productos (mapa de regionalización ecológica, unidades de gestión ambiental, etc.), que no pueden obtenerse únicamente por la sobreposición.

- Se maneja en enfoque regional y se evita la tipología, lo que dificulta en análisis de la información y la posibilidad de extrapolación.

- Algunos de los incisos del programa son repetitivos o confusos, o bien restringen las posibilidades de investigación mediante otros medios distintos a los señalados en el manual, principalmente métodos de campo. Por el tiempo establecido para el desarrollo de los proyectos, se dificulta la posibilidad de monitoreo y seguimiento de los procesos.

- El factor de los riesgos naturales se contempla únicamente como parte de la descripción, sin realizar un análisis específico de cada uno de los factores de riesgo, ni su evaluación para considerarse en la estrategia de ordenamiento.

A pesar de estas deficiencias, es necesario reconocer el valor metodológico de este manual, ya que es el primero en su género en el país y uno de los pioneros en América Latina, e intenta recabar todos los elementos ambientales necesarios para llevar a cabo el estudio.

La propuesta de ordenamiento ecológico consta de varias etapas. En primer lugar, se aplican las políticas ambientales señaladas por SEDESOL (1988) a la zona de estudio, tomando como base las unidades de paisaje. Posteriormente, se realizan las unidades de gestión ambiental (UGA's) apoyándose en las unidades de paisaje, la política ambiental y la evaluación del paisaje. Estas unidades de gestión constituirán la base para la propuesta del modelo de ordenamiento ecológico, en donde se indican las zonas óptimas para llevar a cabo ciertas actividades, de acuerdo con la eficiencia geoecológica y la eficiencia socioeconómica de cada UGA. Se elabora una tabla de las obras y acciones que se proponen para la zona estudiada. Finalmente, se determinan las normas jurídicas para poder plantear la instrumentación o puesta en marcha del ordenamiento.

Los estudios en el país en torno al ordenamiento ecológico consideran solamente algunas partes de la estructura vertical y horizontal, sin tomar casi en cuenta los demás atributos del paisaje. A manera de conclusión de este capítulo, se muestra esquemáticamente las principales aplicaciones de la estructura vertical y horizontal, el funcionamiento, la dinámica y la evolución o desarrollo del paisaje sobre los estudios de ordenamiento.

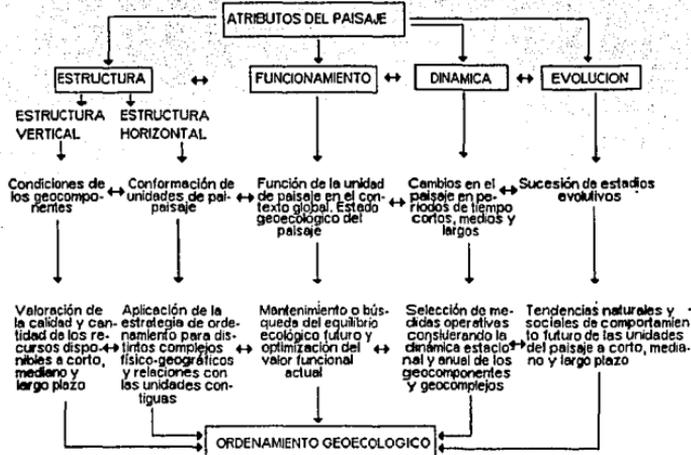


Fig.9 Relación entre los atributos del paisaje y el ordenamiento ecológico.

AD'LF

El campo de estudio de la geografía del paisaje es el espacio, y el ordenamiento intenta "ordenar" las actividades humanas que se efectúan en ese espacio, por lo que es posible aplicar la metodología a prácticamente cualquier área geográfica. Para este estudio, se analizarán algunos aspectos enfocados específicamente al análisis del paisaje en ambientes montañosos, ya que el estudio de caso se encuentra en este ambiente.

1.2 PRINCIPIOS GENERALES DE LA GEOECOLOGIA DE MONTAÑAS.

Como se ha explicado en el primer inciso, la geografía del paisaje permite realizar análisis adecuados de las condiciones actuales de una región determinada y plantear alternativas con fundamento científico para llevar a cabo un plan de ordenamiento territorial, mismo que será aplicado en este estudio en la reserva "La Esperanza". Dadas las condiciones montañosas dominantes en esta área, se plantearán algunos principios teóricos básicos para la aplicación del análisis geoecológico en ambientes de montaña.

Los problemas sociales y económicos asociados con los ambientes montañosos (dificultad de acceso y tránsito, procesos geomorfológicos causantes de desastres, poca fertilidad de los suelos, incomunicación y marginación) han ocasionado que las montañas hayan sido objeto de un bajo número de investigaciones con respecto a otras áreas más productivas (principalmente planicies acumulativas). Sin embargo, el auge de las ciencias como la ecología y el medio ambiente, así como el incremento del interés sobre la degradación, el manejo y la planificación de los recursos, han conducido a impulsar los estudios sobre los sitios abruptos. A nivel mundial, se han realizado en los últimos años un gran número de investigaciones enfocadas a la planeación de montañas, por ejemplo, desarrollo regional a partir del frijol en una zona de Los Andes (Zimmerer, 1992), conflictos en el manejo del uso del suelo y la zonificación de recursos en Hawaii (Juvik et al. 1992), y cambios en el uso del suelo y planificación en las montañas del sureste africano (Wiese, 1988), entre muchos otros. Estos autores coinciden en la importancia de la zonificación espacial y los análisis multivariados, señalados en los incisos anteriores, para llegar a desarrollar planes de manejo integral.

La geoeología es una rama de la geografía del paisaje que se ha desarrollado en los últimos años a partir de este auge por el conocimiento y cuidado de la naturaleza. Tiene por objetivo buscar las interacciones entre el funcionamiento de los organismos (florísticos, faunísticos y humanos) y su relación con su entorno o medio ambiente paisajístico. Específicamente, la geoeología de montañas estudia "la dinámica del paisaje en relación con el papel del hombre en la montaña" (García-Ruiz, 1990). Es también la "interacción entre los organismos (biocenosis) y los factores ambientales contiguos dentro de un sistema montañoso" (Gerrard, 1990).

Las montañas se caracterizan geoeológicamente por presentar un alto contraste de condiciones naturales y unidades de paisaje, una estabilidad fluctuante y un dinamismo continuo, resultante

de la actividad tectónica y los procesos exógenos, las fluctuaciones climáticas, el fuego, la acción humana (cambios en el uso del suelo), etcétera.

Las diferencias regionales en la estabilidad ecológica del paisaje reflejan diferencias en las condiciones, la dinámica y la evolución del suelo y la biota, las cuales a su vez son fuertemente influenciadas por las condiciones geológicas y geomorfológicas.

Por otra parte, las montañas presentan cambios graduales importantes, en transectos relativamente cortos, reflejados en la mayor parte de los componentes, que son generados por las diferencias en pendiente y en altitud.

Estos ambientes, caracterizados por la fuerte pendiente, presentan una dominancia de procesos geocológicos vectoriales (cambios lineales expresados por variaciones geoquímicas que pueden expresarse gráficamente como una catena), y con un flujo energético-sustancial predominantemente unidireccional (González, 1981), como se manifiesta en la fig. 8.

Para la determinación de la geocología de montañas se toman como base los elementos de diferenciación propios de los paisajes de montaña, es decir, los cambios dentro de una estructura vertical (componentes) y su repercusión en las relaciones entre unidades de paisaje contiguas (estructura horizontal).

Para diversos autores (Gerrard, 1990; Mateo, 1984; García Ruiz, 1990), los criterios para la determinación de los paisajes de montañas altas son: la línea nival (o límite de las nieves perpetuas), los umbrales altitudinales de los bosques (o límite de crecimiento arbóreo), y el límite de denudación crionival (procesos geomorfológicos originados con el hielo o la nieve). Sin embargo, para el caso de México estos criterios no son del todo aplicables, ya que en muy pocos sitios del país se dan estos procesos en forma conjunta (únicamente en la Sierra Negra, la Sierra Nevada y algunos otros puntos aislados), en el caso específico de la Sierra de Guanajuato no se presenta ninguno de estos criterios.

En términos generales, los factores para la diferenciación de los paisajes de montaña pueden agruparse en cuatro grandes grupos. Cada uno de estos grupos se vinculan con los atributos del paisaje (estructura, funcionamiento, dinámica y evolución) que se mencionaron en el inciso 1.1.

1. Elementos genético-estructurales del relieve y composición litológica. La mayor parte de las montañas están vinculadas directamente con los procesos endógenos, en donde la tectónica

juega un papel importante, ya que da lugar a la conformación de los distintos bloques que pueden manifestar una diferenciación en el comportamiento de los procesos exógenos. Los procesos de levantamiento de bloques pueden dar lugar también a la aparición de pisos altitudinales con una consecuencia sobre los elementos climáticos. En el caso de que el tectonismo o el vulcanismo sean activos, se produce una inestabilidad fuerte y la formación, transformación e incluso desaparición repentina de unidades de paisaje. En algunos casos, la estructura geológica interviene directamente en el arreglo de los patrones de drenaje y en las condiciones edafobióticas asociadas con éstos. Por su parte, la litología interviene en la estructura y el funcionamiento del paisaje considerándose la compactación de los materiales, su constitución química, las pendientes resultantes, los contactos litológicos, su resistencia a los procesos erosivos, etc.

2. Elementos exógenos del relieve. Estos factores se encuentran íntimamente asociados con el apartado anterior, y tienen una relación estrecha con los elementos climáticos. Su importancia geocológica radica en que muchos de los procesos exógenos tienen una dinámica fuerte que provoca cambios en los componentes e incluso en la dinámica y funcionamiento de los paisajes, por ejemplo la erosión de los suelos, el incremento de la velocidad de azolve de los cuerpos de agua y de la erosión hídrica, la aparición de vegetación secundaria y las sucesiones vegetales, etc. Por otra parte, la identificación de estos procesos permite detectar áreas llave o áreas críticas con fuerte inestabilidad, que son de gran importancia al momento de proponer el plan de manejo.

3. Elementos bioclimáticos asociados con la zonalidad altitudinal. En el caso de las montañas extratropicales, o de las montañas mexicanas de gran altura, se manifiesta un comportamiento especial de los elementos climáticos asociados con los distintos pisos altitudinales de la montaña. De este modo, la temperatura desciende en gradientes más o menos específicos a medida que aumenta la altitud. Por otra parte, las montañas constituyen islas de humedad, principalmente en ambientes áridos y semiáridos, en donde la conformación de las isoyetas se presenta en forma de anillos concéntricos a la montaña, y en general las mayores precipitaciones se presentan en las proximidades de las cimas. Estas variaciones en las condiciones climáticas generan las diferencias en los tipos y las condiciones de la vegetación.

4. Elementos bioclimáticos asociados con la exposición de laderas.

La exposición es otro elemento que es de gran importancia para el funcionamiento del paisaje. En general, las laderas de umbría presentan menor evaporación que las de solana y dan lugar a una cobertura vegetal más densa; en el caso contrario, la ladera de solana recibe mayor

insolación directa (las vertientes orientadas al sur en el caso de México), tiene mayor evaporación y una menor densidad de la cobertura vegetal. La presencia de un relieve abrupto también ocasiona cambios en la incidencia de radiación solar, variando en los distintos niveles de los valles. Los cambios que se generan en las laderas dan lugar a diferencias geomorfológicas y edafobióticas, que en ocasiones producen dos o más unidades diferentes de paisaje.

5. Elementos antrópicos. El hombre actúa como un agente de gran potencial de transformación del medio natural. Tiene la capacidad de modificar o sustituir los componentes indicadores naturales (suelo y vegetación) e incluso alterar algunos de los patrones geomorfológicos y microclimáticos para adaptarlos a sus necesidades. Por esta causa, el hombre también desempeña un importante papel en la formación de los paisajes actuales de montaña, sobre todo, en lugares que han tenido un desarrollo histórico amplio o con presiones económicas y demográficas importantes.

Desde la concepción de la geología de montaña señalada por Torres Ruiz (op.cit), el papel del hombre es de suma importancia en el comportamiento de una montaña. Al ser un sistema altamente inestable, los procesos naturales se intensifican cuando existen cambios en los usos del suelo (o alteración en la estructura vertical), pudiendo llegar a cambios totales de unidades de paisaje en el transcurso de algunas décadas o siglos. Como ejemplo señalado por este autor, pueden mencionarse los cambios entre los ambientes montañosos de la región mediterránea de Europa antes de nuestra era y los mismos ambientes en la actualidad. La evolución histórica y económica, los mecanismos de desigualdad social, la tenencia de la tierra y la necesidad de recursos naturales, son algunos de los principales factores humanos que provocan la conformación de los paisajes actuales de montaña.

Cabe señalar que los factores mencionados pueden tener un gran número de subdivisiones o presentar otros criterios de definición, sin embargo muestran de manera resumida la interrelación y la complejidad que presentan los componentes (principalmente relieve y clima) para la formación de un paisaje. En el siguiente capítulo, se realizará un análisis de los componentes de la zona de estudio, tomando como punto de partida los factores señalados que influyen para la conformación de los paisajes de montaña.

CAPITULO 2. ANALISIS DEL PAISAJE

En el capítulo anterior se explicaron algunos de los lineamientos básicos de la geografía del paisaje que son aplicables a estudios de ordenamiento territorial. En este capítulo, se realizará el análisis del paisaje específicamente para la zona de estudio a partir de los elementos teóricos expuestos.

Se ha tomado como estudio de caso al área de conservación ecológica "La Esperanza", localizada en la parte central de la Sierra de Guanajuato, en la porción correspondiente a la Sierra de Santa Rosa, y ocupando una extensión de 1600 hectáreas dentro de un rango altitudinal entre 2220 y 2740 metros s.n.m. Como se mencionó en la introducción de esta tesis, se escogió esta zona debido a la contrastividad de condiciones naturales presentes en la zona. En el primer inciso de este capítulo, se desarrollarán brevemente los antecedentes históricos y los objetivos de la reserva, posteriormente se analizarán los componentes ambientales de esta zona de acuerdo a su estructura vertical y finalmente se propondrán las unidades de paisaje y otros aspectos de la estructura horizontal que serán la base espacial para el establecimiento de la evaluación.

2.1 ANTECEDENTES HISTORICOS Y DELIMITACION DE LA RESERVA

La necesidad de proteger esta zona surgió desde 1893, cuando se concluyeron las obras de construcción de la presa Manuel González (actualmente llamada La Esperanza) y fueron necesarias algunas acciones de tipo técnico para estabilizar las laderas, reducir el azolvamiento y evitar la contaminación del cuerpo de agua que surtirla de agua potable a la ciudad de Guanajuato.

En 1946, el presidente Manuel Avila Camacho decreta como "zona forestal de recuperación" a la cuenca actual, aunque otorga una concesión por seis años para permitir la explotación de la madera, posteriormente se establece una veda total e indefinida en esta área.

En la década de los 80 se autoriza nuevamente la recolección de leña para el uso doméstico de los pobladores del ejido La Concepción; se crea un fideicomiso para efectuar la administración de la reserva, y se ponen en marcha algunas actividades para favorecer la conservación y aminorar algunos de los principales problemas del área (por ejemplo, se realizó una

reforestación intensa y se instalaron algunas medidas contraerosivas), así como para proponer y desarrollar medidas de utilización adecuada del bosque.

En 1989 se decretó oficialmente a la cuenca de la presa La Esperanza como área natural protegida, aunque el término real de la reserva no se encuentra aún bien definido. Se le conoce internamente como "área natural protegida", o "parque ecológico", aunque pudiera tener otras categorías. Depende administrativamente del Gobierno del Estado de Guanajuato y de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos y no tiene nexos con la Secretaría de Desarrollo Social, encargada de la administración del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Opera a través de un fideicomiso administrado por la Fundación Ecológica de Guanajuato, A.C.

Los objetivos fundamentales de esta área natural protegida son los siguientes (de acuerdo con el Plan de Manejo Integral Forestal, 1992):

1. Proteger los recursos naturales de la cuenca
2. Proporcionar un lugar de recreación para los habitantes de las localidades cercanas
3. Generar oportunidades de desarrollo para las campesinos.

Los criterios definitivos para la delimitación de la reserva aún no se encuentran bien definidos debido a problemas de tenencia de la tierra en algunos de los límites. Por ahora se consideran como límites actuales (aunque susceptibles a cambio) los siguientes: al N, al cerro del Guapillo y el cerro La Taponá; al S, la cortina de la Presa La Esperanza; al W, el camino que comunica a La Concepción con Santa Ana; y al E, del kilómetro 7 al kilómetro 10 de la carretera Guanajuato-Dolores Hidalgo. Dentro de este marco geográfico se realizará el análisis del paisaje.

2.2. ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para el análisis de la estructura vertical de la reserva, se partirá de la descripción de los componentes diferenciadores (relieve, geología y clima) y los indicadores (agua, suelo, biota y hombre), los cuales de manera conjunta conforman los diferentes paisajes o geocomplejos. Es claro que los componentes no actúan de forma aislada, sin embargo es necesario describirlos como un antecedente para realizar la taxonomía y la evaluación de los paisajes. Por otra parte, se intenta que los componentes se analicen de acuerdo a las condiciones particulares que tienen influencia para la conformación de los paisajes.

1. COMPONENTES GEOMORFOLOGICOS Y GEOLOGICOS

Como se ha mencionado, la geología y la geomorfología son de gran importancia para la determinación de las unidades de paisaje de un territorio, ya que estos dos componentes, junto con el clima, son la base para la formación de los suelos, la dinámica hidrológica y las condiciones bióticas prevaletentes.

La cuenca de "La Esperanza" se localiza en la porción central de la sierra de Guanajuato, un sistema montañoso con orientación NW-SE, que se conforma por bloques tectónicos de constitución diversa, en el que predominan los materiales volcánicos.

Dentro de la reserva, se presenta un relieve esencialmente montañoso, con pendientes superiores a los 15 grados en la mayor parte del área, como puede observarse en la figura 10. La porción norte está dominado por las cimas montañosas que limitan la cuenca y alcanzan una altitud de 2750 m.s.n.m. como máximo (en el cerro La Tapona). Otras cimas importantes son el Cerro Guapillo y el Cerro Venado, ambos con más de 2600 metros de altitud.

El resto del área se compone por una sucesión de barrancos y valles ramificados de dirección NE-SW, con pendientes moderadas (entre 15 y 25 grados) con una profundidad media de unos 150 metros, que se alternan con estribos o interfluvios de menor pendiente (entre 5 y 15 grados).

Las depresiones de los barrancos son esencialmente en forma de V abierta, con pequeñas planicies aluviales y algunos niveles de terrazas, sin embargo, la extensión es de algunos metros cuadrados por lo que no presentan gran importancia dentro de la reserva.

Los procesos son básicamente erosivos, presentándose de manera dispersa algunas áreas fuertemente erosionadas, distribuidas en toda la cuenca pero principalmente su porción norte. Domina la erosión hídrica, presentándose algunas áreas de poca extensión cercanas al parteaguas con erosión remontante, bad-lands, cárcavas, regueros, etc; con algunos procesos de remoción en masa de flujo lento (reptación, deslizamiento rotacional, etc.). En la cuenca baja domina la erosión laminar con una pérdida importante en los primeros horizontes el suelo, que fué provocada por la deforestación en los siglos pasados. La acumulación de material se da a pequeña escala en las márgenes de los arroyos, en algunas laderas y en el vaso de la presa.

101°15'

AREA NATURAL PROTEGIDA
"CUENCA DE LA ESPERANZA"

MAPA DE PENDIENTES

21°05'

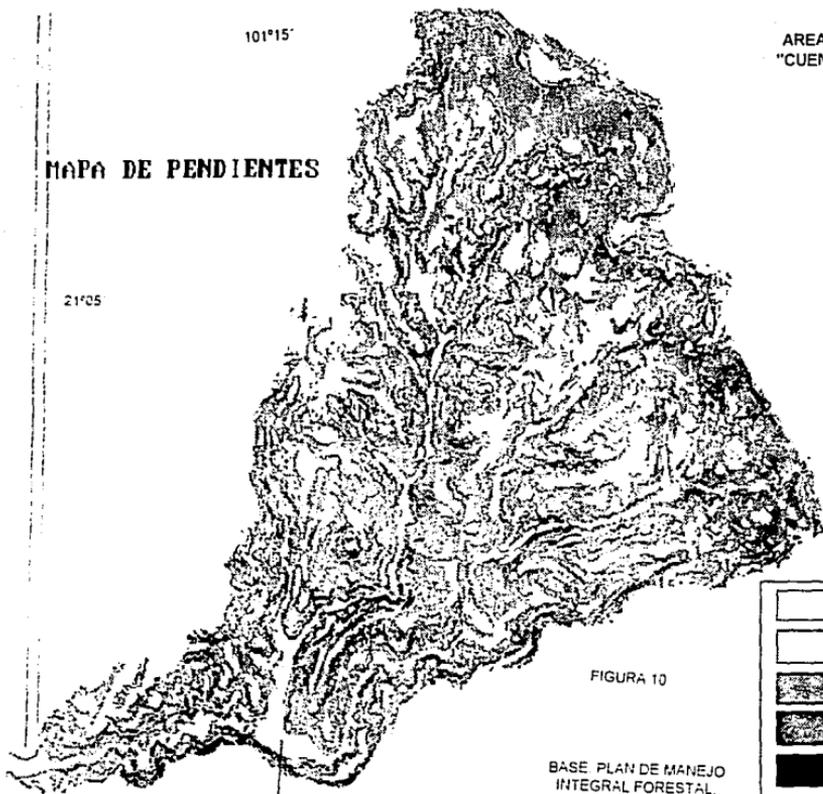
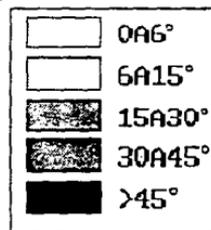
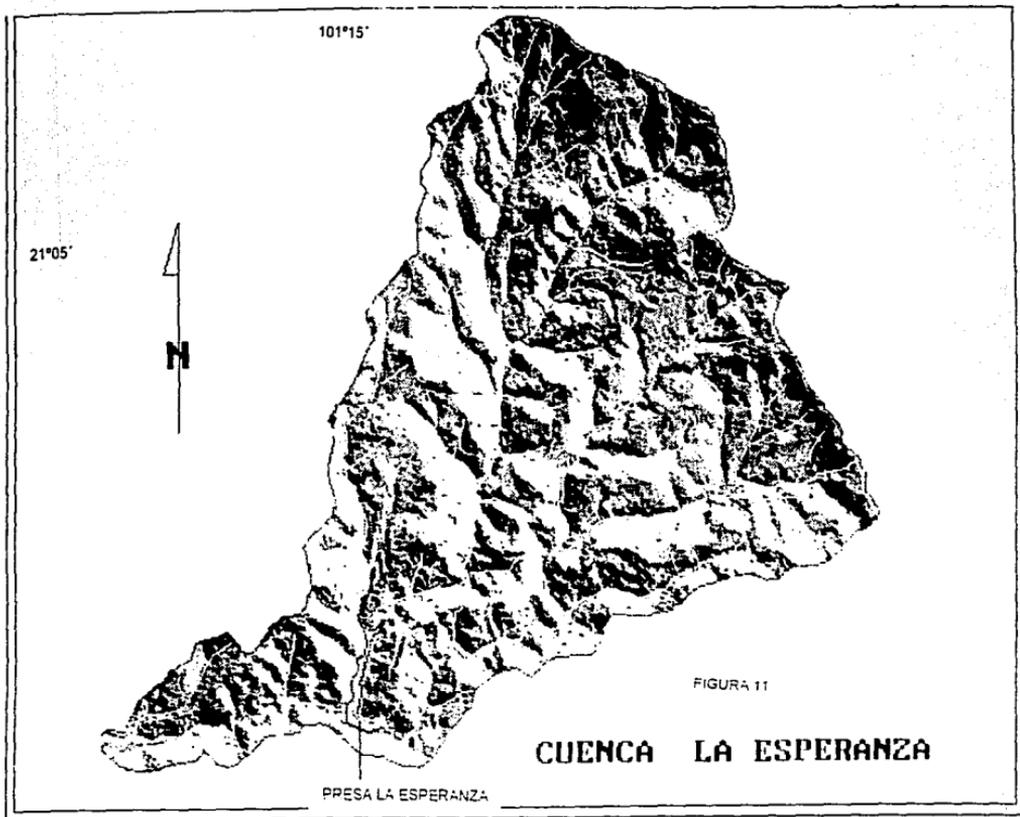


FIGURA 10

BASE PLAN DE MANEJO
INTEGRAL FORESTAL

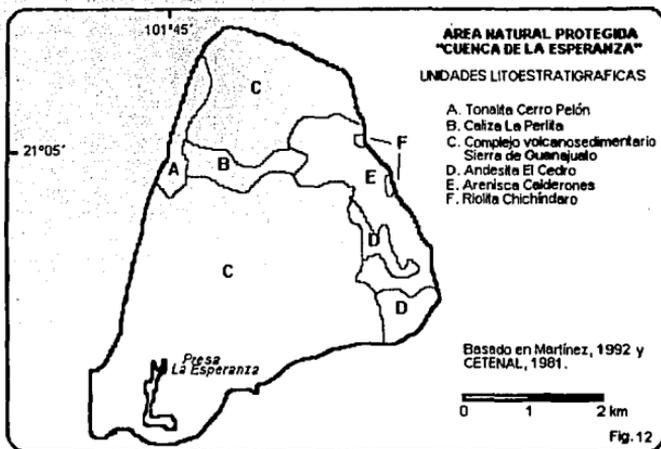
PRESA LA ESPERANZA





En la figura 11 puede notarse la orientación de las barrancas de la zona y la conformación general del modelado, con un modelo digital realizado por computadora.

Martínez (1992) realizó un análisis de las unidades litoestratigráficas de la Sierra de Guanajuato a escala 1:100,000. De acuerdo con la cartografía generada por este autor, en la zona de estudio se presentan seis unidades, lo que denota la gran complejidad geológica en esta porción de la sierra. En la figura 12 se muestra la distribución de estas unidades.



Un primer grupo, de tres unidades litoestratigráficas, corresponde a rocas del mesozoico. La mayoría de los materiales de esta edad fueron originados en un arco insular, y dieron origen al material calcáreo y a las lutitas. Las rocas intrusivas que se presentan también se originaron en estos ambientes marinos. La Orogenia Laramidiana provocó el levantamiento y la dislocación de los bloques originales dando lugar a la mayor parte del relieve actual.

La unidad más antigua, denominada por el autor "tonalita Cerro Pelón" se conforma por rocas intrusivas cristalinas, principalmente tonalitas y plagiogranitos, de edad jurásica tardía; está limitada con la unidad contigua por una cabalgadura. Su ubicación se restringe a la porción noroeste del área, en las inmediaciones del caserío de La Concepción, y concuerda con las áreas más erosionadas de la reserva, esta erosión probablemente se deba a la antigüedad y el alto grado de fragmentación de la tonalita, y a la disposición del material en el relieve.

La segunda unidad es el complejo vulcanosedimentario de la Sierra de Guanajuato, formada por una sucesión de rocas marinas (calizas y lutitas) y material volcánico (andesita, dacita, basalto y brechas) alternada con areniscas, conglomerados y algunos cuerpos metamórficos, de edad esencialmente cretácica. Constituye la unidad de mayor extensión en la reserva, dominando en la porción este y sur. Se encuentra limitada con las unidades adyacentes por fallas normales y cabalgaduras.

La unidad llamada "caliza la Perilla" ocupa una pequeña extensión en la parte norte del área, al sur de La Concepción, y se limita por cabalgaduras con el complejo vulcanosedimentario de la Sierra de Guanajuato. Se conforma por material calcáreo alternado con lutita, calcoarenita y limolita roja. Su edad corresponde al cretácico superior.

Las tres unidades restantes se ubican en una pequeña fosa tectónica limitada por fallas normales en la porción este de la reserva, y corresponden a rocas de edad terciaria. En contraste con las primeras tres unidades, dominan los esfuerzos tectónicos de tipo continental.

La llamada "arenisca Calderones" ocupa una franja que corta perpendicularmente la carretera federal a la altura del parteaguas que sirve como límite de la reserva. Se compone por rocas de arenisca conglomerática de color verde debido a procesos de cloritización, y de color rojo, por oxidación, con fragmentos de rocas volcánicas y metamórficas.

La andesita El Cedro constituye otra unidad que se localiza de manera alternada con la unidad anterior, y se constituye predominantemente de material andesítico de edad oligocénica.

Finalmente, la unidad denominada "riolita Chichindaro" se restringe a las cimas de algunos de los cerros que se localizan en el extremo noreste de la reserva, siendo ésta la unidad de menor extensión.

Toda la zona de estudio se encuentra ubicada dentro del Distrito Minero de Guanajuato, por lo que se tiene un potencial minero considerable que funciona únicamente como reserva nacional. Actualmente esta zona se encuentra sin explotación, aunque hay evidencias de algunos tiros realizados en décadas pasadas. En los límites externos de la reserva, cerca de Santa Rosa y en la mina de La Valenciana, hay explotación de oro, plata y otros productos minerales de menor importancia como polibasita, argenlita, pirita, galena, calcopirita, etc. (Izaquime y Domínguez, 1984)

El papel de los componentes geológicos y geomorfológicos dentro del sistema natural de "La Esperanza" tiene algunos aspectos interesantes, sin embargo, en ocasiones no se detecta una relación directa entre estos dos elementos y los componentes restantes.

En el caso en cuestión, el relieve juega un papel más directo que la litología en la conformación de los paisajes de esta cuenca. La altitud y las pendientes, asociadas con las características del suelo permiten la existencia de un estrato arbóreo de encinos bien desarrollado; asimismo la inclinación de las laderas limitan la formación de suelo, y por ende, las actividades humanas. En las pequeñas planicies aluviales del fondo de las barrancas se favorecen los procesos de edafogénesis, dando lugar a una cobertura vegetal (arbórea y arbustiva) más densa y de mayor talla, creándose condiciones microclimáticas muy específicas. Sólo en cuatro casos se distingue una relación entre los diversos tipos de roca y las condiciones bioclimáticas: los afloramientos de tonalita, riolita, algunos metamórficos y la presencia de algunos fracturamientos.

De acuerdo con la fotointerpretación y las observaciones en el terreno, los cuerpos intrusivos de material tonalítico se relacionan directamente con paisajes deteriorados, ya que como se mencionó anteriormente son los más antiguos y los más desgastados; además, tuvieron una utilización del suelo inadecuada en siglos anteriores (Avila, 1983)

Las pequeñas áreas con afloramientos riolíticos se restringen a algunas cimas del parteaguas principal, con estructura cómica y laderas convexas, con poca formación de suelo y una vegetación arbórea y arbustiva de baja densidad. También se presentan pequeños afloramientos de esquistos, con algunas decenas de metros cuadrados de superficie que se encuentran totalmente desprovistos de suelo y vegetación. Los lugareños llaman a estas áreas las "tierras moradas". Otros afloramientos de material metamórfico, principalmente en las cercanías de la presa La Esperanza presentan alto grado de erosión y una cobertura vegetal muy baja, es posible que se deba a la sobreexplotación de los suelos desde la Colonia.

Finalmente, algunas zonas fuertemente fracturadas o con fallamientos crean núcleos de debilidad de la roca, permitiendo un mayor intemperismo provocado por los agentes climáticos manifestándose en una coloración de los suelos principalmente rojiza y una cobertura del estrato herbáceo ligeramente mayor que las zonas de menor fracturamiento.

En los materiales restantes (calizas, areniscas, conglomerados, dacitas, andesitas, etc.) no se aprecian influencias importantes con otros componentes, sin embargo esto no significa que no existan.

2. COMPONENTES CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

a) *Componentes climáticos*

El clima es otro factor de vital importancia dentro de la formación de los sistemas naturales (paisajes), principalmente en las montañas de ambientes semicálidos y templados, debido a que en éstas se presentan las mayores variaciones climáticas en un rango altitudinal dado (Gerrard, 1990).

La discontinuidad de la Sierra de Guanajuato con respecto a su entorno inmediato ocasiona diferencias climáticas significativas. Dentro de este macizo montañoso, se presentan tipos y condiciones climáticas que son casi únicas a nivel estatal.

Se utilizaron como base dos estaciones fuera del área debido a que no existe ninguna estación termopluviométrica dentro de los límites de la reserva; sin embargo los datos son concordantes con las condiciones prevalecientes de la zona de estudio debido a la cercanía y a la similitud de condiciones ambientales.

De manera potencial, toda la sierra de Guanajuato debería tener un clima templado (considerado la clasificación climática de Koeppen modificada por García), que se manifiesta predominantemente por una vegetación de encinares y otros árboles con requerimientos climáticos afines, como el pino. Sin embargo, la zona sur de la reserva ha tenido una fuerte presión demográfica y económica debido a la cercanía con la ciudad de Guanajuato y a la necesidad de suministro de materias primas para la realización de las actividades mineras. De esta forma, se ha realizado una deforestación excesiva en dicha porción de la reserva, modificándose las condiciones bióticas y probablemente algunas condiciones climáticas.

En la actualidad se presentan los siguientes tipos climáticos de acuerdo a la clasificación mencionada: el $Cw_2b(f')$: templado, el más húmedo de los subhúmedos, semifrío y poco isotermal; el $C(w_1)(w)b(e)$: templado, el tipo intermedio de los subhúmedos, semifrío y extremo; y el $C(w_0)(w)b(e)$: templado, el más seco de los subhúmedos, semifrío y extremo. Aún cuando presentan el mismo tipo climático general (templado subhúmedo), existen algunas pequeñas diferencias en humedad y en oscilación térmica que son de gran importancia por su influencia en el paisaje. Cada subtipo climático da lugar a un piso bioclimático específico (fig. 13)

El primer tipo climático: $Cw_2b(f')$, es dominante en la porción norte de la reserva, correspondiendo con las altitudes superiores a los 2500 metros y corresponde al primer piso bioclimático. Se caracteriza por tener una precipitación más abundante que los otros dos tipos, concentrada durante seis meses (mayo-octubre) y una precipitación invernal significativa (6.4%), lo que contribuye a elevar la humedad atmosférica en este piso climático y por tanto, favorece la presencia de masas forestales bien desarrolladas y algunos procesos de oxidación en el suelo. Durante el invierno, en esta porción son importantes las heladas y algunas nevadas ocasionales. Se presenta poca oscilación térmica (6.3°C). El siguiente cuadro marca las condiciones de temperatura y humedad en la estación Santa Rosa (datos de la Síntesis Geográfica de Guanajuato, s/f), situada dos kilómetros al norte del límite de la zona de estudio. Las condiciones climáticas de esta estación son análogas con este primer piso climático debido a su cercanía.

ESTACION SANTA ROSA, GTO.

PARAMETRO	ENE	FEB	MZO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura	11.0	11.5	14.2	16.8	17.3	17.0	15.4	15.3	14.2	12.8	12.5	11.8	14.4 °C
Precipitación	20	15	18	17	48	153	137	175	172	47	12	8	822 mm.

Fig.13 Temperatura media anual y precipitación total en la estación Santa Rosa, Gto.
Fuente: Síntesis Geográfica de Guanajuato.

El segundo tipo climático: $C(w_1)(w)b(e)$, es una transición de temperatura y humedad entre los ambientes extremos del área de estudio. Se diferencia del primer tipo por presentar menor precipitación (sobre todo en el invierno), mayor temperatura y mayor oscilación térmica; sin embargo, este piso climático guarda mayor afinidad con el primer tipo que con el tercero, ya que las condiciones bióticas y edafológicas son muy similares a la zona alta del norte, y muy

contrastantes con el piso climático de la zona baja del sur. Se encuentra entre los 2300 y los 2500 m.s.n.m.

Finalmente, el tercer tipo climático: $C(w_p)(w)b(\theta)$, presenta más variantes que los dos primeros desde el punto de vista ambiental. Aunque es templado, muestra condiciones semiáridas de suelo y vegetación, es decir, dominio de plantas xerófilas y un pH ligeramente más alcalino, además, mayor temperatura, menor precipitación, mayor evaporación y mayor oscilación térmica con respecto a los otros dos tipos. Se localiza en la parte baja de la cuenca, por debajo de los 2300 metros. En el siguiente cuadro, se indican las condiciones de temperatura y precipitación de la estación Guanajuato, situada cinco kilómetros al sur de la reserva. Los datos se obtuvieron de García (1981) habiendo considerado un periodo de 40 años.

ESTACION GUANAJUATO, GTO.

PARAMETRO	ENE	FEB	MZO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Temperatura	14.1	15.8	18.2	20.2	21.2	20.2	18.9	19.0	18.4	17.8	16.1	14.7	17.9
Precipitación	12.2	5.1	6.2	13.6	31.3	130.4	144.6	132.4	130.6	46.5	18.0	12.8	683.7 mm.

Fig 14 Temperatura media y precipitación total en la estación Guanajuato, Gto.

La distribución de la temperatura en la zona de estudio obedece principalmente a las diferencias altitudinales de la reserva; sin embargo, no existen diferencias térmicas significativas en comparación con otros sistemas montañosos del país. Considerando los datos de las estaciones meteorológicas utilizadas en las figuras 13 y 14, la temperatura media anual en la porción norte de la cuenca llega a unos 14°C mientras que el extremo sur tiene 17°C, es decir, hay únicamente tres grados de diferencia entre los extremos altitudinales de la zona. La presencia de una vegetación potencial uniforme en toda la cuenca podría ser un indicador de esta diferenciación térmica poco significativa.

En la siguiente figura se muestra la distribución de la temperatura y la precipitación en la cuenca, así como los tres subtipos climáticos mencionados.

noroeste), una mayor cantidad de elementos xerófilos y mayores grados de erosión hídrica. Esta situación prevalece en todas las barrancas de la cuenca.

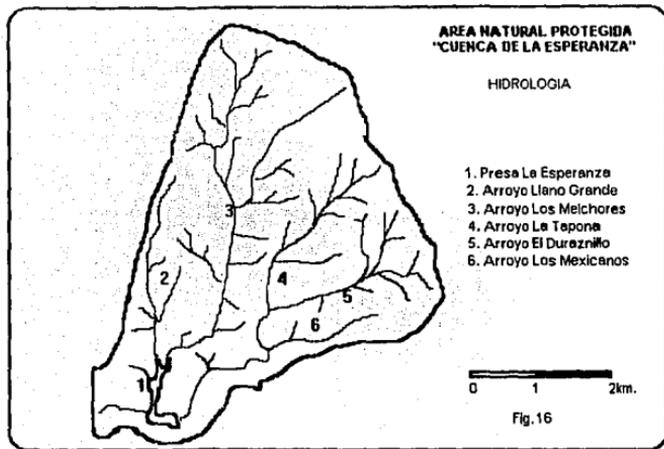
Un aspecto importante de este factor exposicional que casi nunca se considera dentro de los estudios de paisaje es su relación con la fauna silvestre. Es posible que las laderas orientadas hacia el sureste tengan una mayor población de venados, debido probablemente a que éstas tienen una cobertura vegetal ligeramente inferior que facilita la movilización de los cérvidos, sobre todo los machos que fácilmente se atorán con las ramas.

En conclusión, el componente climático dentro del funcionamiento integral de la reserva es de gran importancia. En la zona se definen algunos "pisos" climáticos (que no son tan evidentes como en otras zonas montañosas del país) que dan lugar a diferencias importantes en la pedogénesis (predominantemente por los aportes de materia orgánica y los procesos de oxidación del suelo), las formaciones vegetales y las condiciones hidrológicas. Los elementos exposicionales se relacionan con los procesos geomorfológicos, la cobertura vegetal y el comportamiento animal. Estas relaciones sencillas muestran el carácter sistemático de los componentes de la reserva.

b) Componente hidrológico

El agua es un componente de interfase entre los diferenciadores y los indicadores, ya que surge como producto de la asociación clima-relieve y da lugar a las formaciones edáficas y bióticas.

La zona de estudio corresponde totalmente a una subcuenca hidrológica de dimensiones reducidas (aproximadamente 1600 has) y de forma globular, que a su vez forma parte de la cuenca del río Guanajuato, afluente del río La Laja. El extremo norte de la reserva coincide con la cabecera de la cuenca, por lo que el desarrollo de los ríos es bastante escaso, y en su mayoría, de primer y segundo orden. Se presentan cinco arroyos principales, citados de oeste a este son: el Llano Grande, Los Melchóres, La Taponá, El Duraznillo y Los Mexicanos; todos ellos desaguan en la presa La Esperanza. En la figura 16 se expresa gráficamente la ubicación de estos arroyos dentro de la cuenca.



La zona presenta un potencial de escurrimiento regular debido a las condiciones edáficas observadas en el campo y en los análisis de laboratorio (texturas medias a finas, suelos poco profundos), con un total de aproximadamente 5,610,500 m³ anuales y un escurrimiento máximo de 168 m³ por segundo (datos obtenidos a partir de las fórmulas del Manual de Conservación del Suelo y Agua, 1977)

Todos los arroyos de esta zona tienen un carácter estacional, ya que llevan agua únicamente durante la temporada lluviosa del año y se secan totalmente durante los meses más secos. Sin embargo, se registran evidencias de torrentes ocasionales ya que se presentan sedimentos de gran tamaño que se depositan en el fondo de algunos valles, sobre todo en las cercanías de la presa.

La presa de La Esperanza, llamada originalmente Manuel González, se concluyó en 1893 después de seis años de construcción, y se realizó con el propósito de apoyar el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guanajuato, ya que las presas de la ciudad no satisfacían las demandas existentes. El embalse cuenta con un volumen de 2 millones de metros cúbicos de agua.

Si bien la presa aparentemente no presenta una fuerte contaminación, sí tiene un azolvamiento importante que ha sido percibido por la dirección de la reserva, y que ha sido causado por la deforestación de las márgenes en las primeras décadas de este siglo. Hace unos años, se realizó una reforestación en las márgenes de la presa y los principales afluentes, con árboles de eucalipto, que ha controlado parcialmente la entrada de sólidos al vaso.

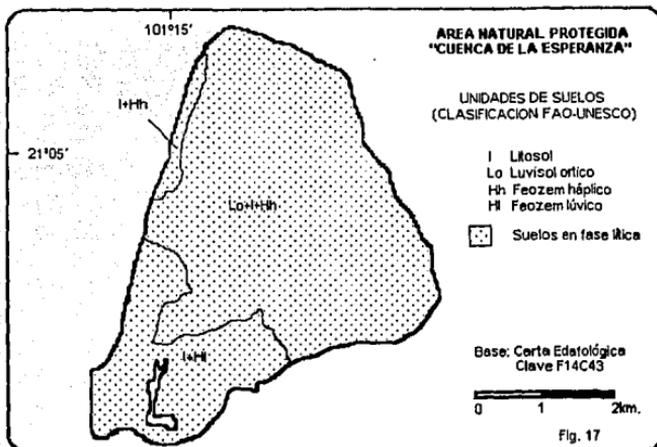
A pesar de la poca importancia numérica de los arroyos de esta cuenca (que no exceden los 6 km. de longitud), presenta una gran importancia para el funcionamiento de los paisajes. El agua actúa como el principal agente de transporte de materia y energía; además altera las condiciones microclimáticas, edafológicas y algunos aspectos de la estructura de la vegetación (principalmente densidad vegetal) y constituye una zona de captación temporal de la fauna silvestre.

3. COMPONENTES EDAFICOS Y BIOTICOS

a) *Componente edáfico*

El suelo, al igual que el agua, es otro componente transicional entre los elementos diferenciadores y los elementos indicadores del paisaje. Como se señaló en el capítulo anterior, el suelo muestra algunas de las condiciones climáticas y geomorfológicas de la zona, a la vez que proporciona algunas condiciones para el asentamiento de la vegetación.

Dentro de la reserva se presentan, de acuerdo con la clasificación convencional para México, la de la FAO-UNESCO, tres tipos de suelo: el luvisol, el litosol y el feozem. Los dos primeros dominan en la porción norte (templada-subhúmeda) de la sierra y el tercero en la porción templada-semiárida. (figura 17)



El luvisol es un suelo que se desarrolla bajo condiciones de humedad constante (INEGI,1989) tanto en climas templados como tropicales y tiene un uso generalmente forestal. Es un suelo característico de ambientes montañosos, con procesos continuos de migración de sustancias dentro del perfil causados por la lixiviación.

Dentro de la reserva, los luvisoles se desarrollan sobre las laderas y los valles. De acuerdo con las categorías señaladas por Agullera (1989) aplicados para los resultados de los análisis de laboratorio, los suelos de esta zona tienen una textura migajosa-arcillosa, buen drenaje, profundidades medias (30-50 cm) y en ocasiones normales (50-125 cm), aunque el promedio es de unos de 60 centímetros, con una diferenciación más o menos clara de los horizontes, color castaño oscuro y castaño rojizo, estructura en bloques, un pH moderadamente ácido (5-6) en las cabeceras y las laderas, y ligeramente ácido en la parte baja de las laderas y los cauces (6-7), sin problemas de salinidad o sodicidad, un contenido alto y muy alto de materia orgánica (entre 8 y 30%) debido al continuo aporte y descomposición de las hojas de los encinos. Los subtipos dominantes son el ortico y el crómico, este último caracterizado por los colores rojos del subsuelo.

Aunque estos suelos tienen buenas condiciones físico-químicas (textura media, drenaje moderadamente rápido, pH cercano a la neutralidad, elevado porcentaje de materia orgánica), poseen una alta erodabilidad debido a las fuertes pendientes del terreno, además, fácilmente pierden sus propiedades nutritivas debido al continuo lavado dentro del perfil.

Los litosoles se distribuyen de manera dispersa en toda la cuenca. Se caracterizan por presentar una capa muy delgada de suelo (inferior a 10 cm. de profundidad) y en muchas ocasiones se encuentra aflorando el material parental. Las condiciones de desarrollo de estos "suelos" son muy escasas: poseen poca o nula estructuración, tienen mínimas cantidades de materia orgánica y son infértiles. De una manera estricta el litosol no es un suelo ya que no posee procesos de pedogénesis ni se tienen los elementos habituales que se encuentran en un suelo desarrollado; sin embargo la FAO lo considera como una unidad específica para permitir la cartografía de los suelos. Dentro de la reserva, el litosol se presenta de manera secundaria alternando con feozem y luvisoles.

La tercera y última unidad de suelos corresponde al feozem, encontrado de manera dominante en el piso climático inferior y de manera secundaria en los otros dos pisos superiores. Los feozem de esta porción tienen características muy distintas a los luvisoles ya que se encuentran fuertemente erosionados y las condiciones del perfil ya están muy alteradas. Son suelos someros, inferiores a 50 centímetros, de color claro o pardo, con un índice de rocosidad elevado de clase 4 (entre el 50 y el 90% de la superficie expuesta), estructura débil, pH neutro y ligeramente ácido, y cantidades bajas y medias de materia orgánica. Dado que se encuentran en laderas con pendientes moderadas tienen alta susceptibilidad a la erosión, siendo recomendables únicamente para pastoreo y actividades forestales. Se encuentran dos subunidades: los lúvicos y los háplicos, pero ambas con condiciones de infertilidad y alta susceptibilidad a los procesos erosivos.

b) Componente biótico.

De los componentes que conforman el medio geográfico, la biota funciona como el captador de los agentes meteorológicos, geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y edáficos, siendo la vegetación el mejor indicador de las condiciones físicas arriba señaladas, en casi cualquier espacio geográfico.

Las condiciones geocológicas de la zona de estudio son propicias para el desarrollo de comunidades forestales, principalmente bosques de pino, bosques mixtos y bosques de encino; sin embargo, por razones hasta ahora desconocidas, los pinares se encuentran ausentes en la zona. Para explicar esta situación se han planteado algunas hipótesis que se señalan a continuación.

La hipótesis que se acerca más a la realidad, señalada por la dirección de la reserva, indica que la zona estuvo ocupada por pinares y encinares a la llegada de los españoles durante la colonia. La explotación de las minas de oro y plata en la inmediata ciudad de Guanajuato dió lugar a una sobreexplotación de los bosques de la zona para la realización de la infraestructura minera y la formación de diversos núcleos de población en el área, mismas que requerían materia prima y combustible para sus viviendas. Dado que la madera de pino tiene mayor calidad y es más fácil de trabajar que la madera de encino, fué la especie más usada durante este tiempo. La región pudo haber quedado deforestada, surgiendo los encinares como una sucesión ecológica secundaria con mayor resistencia al fuego y mayor regeneración natural que el pino; o bien los encinares que no se explotaron se reprodujeron naturalmente ocupando toda el área (Rzedwsky, 1981)

Otra hipótesis afirma que los pinos nunca han existido debido a que la zona se encuentra en una franja transicional entre los ambientes subhúmedos de la Faja Volcánica Transmexicana y los ambientes planos y áridos del altiplano, por lo que la zona no reúne los requisitos de temperatura y humedad para el desarrollo de los pinares. Sin embargo, no se está de acuerdo con esta hipótesis debido a que en otros sistemas montañosos próximos a este lugar (Sierra del Cubo, Sierra de Pénjamo, Sierra Gorda) se encuentran pinos de manera natural, aunque son escasos y no llegan a constituir comunidades puras o extensas. Por otra parte hay algunas especies de pinos de lugares próximos que se adaptarían a las condiciones del lugar, por ejemplo el *Pinus cembroides* (piñonero). Otras especies con requerimientos afines se citarán en el cuarto capítulo, en el apartado de las propuestas para reforestación. Hasta el momento, no se cuenta con registros de estudios palinológicos que pudieran corroborar la existencia de pinos en esta zona.

Las comunidades de encino actuales, que potencialmente deberían ocupar casi el 100% del área total de la cuenca, ocupan actualmente un 66.5% de la superficie (de acuerdo con la información del Plan de Manejo Integral Forestal de la cuenca, 1992), el resto abarca áreas erosionadas, algunas áreas agrícolas, asentamientos humanos de poca extensión (que no ocupan ni el 1% de la superficie total) y la presa La Concepción. Las causas principales de la

reducción de las áreas forestales han sido las presiones antrópicas externas, especialmente provenientes de la ciudad de Guanajuato.

A pesar de la merma de la superficie forestal en relación con la original y su carácter sucesional, los encinares de esta porción se encuentran en un buen estado de conservación, y con buen desarrollo silvícola, principalmente en las áreas que se encuentran más distantes de la carretera principal, en la cuenca alta y media. Un aspecto interesante es que en el área total de la reserva (1600 hectáreas), se pueden encontrar unas 17 especies diferentes de encino, lo que la confiere como una de las zonas más ricas en diversidad de encinos a nivel estatal. De acuerdo con la información señalada en el Plan de Manejo (op.cit.) y la corroboración en campo, el encinar constituye la dominante fisonómica. Hay algunos otros árboles asociados (naturales e inducidos) que no llegan a formar comunidades, como el *Arbutus xalapensis* (madroño) y el alie (*Alnus sp.*), casi siempre alternados con matorral de *Arctostaphylos pungens* (pingüica) y *Mimosa sp.* (uña de gato). Entre las especies principales de encino destacan: *Quercus reticulata* (palo colorado), *Q. glabrensis* (palo blanco), *Q. mexicana* (palo prieto), *Q. laurina* (encino laurelillo), *Q. fulva* (roble colorado), el *Q. microphylla* (roble blanco) y el *Q. castanea* (bellota). La especie inducida más importante de la zona por su dominancia es el eucalipto (*Eucalyptus sp.*), sembrado en las márgenes de la presa y del arroyo de Los Mexicanos con el objeto de aminorar la erosión en las laderas y la movilización de suelos hacia este embalse.

El matorral de *Arctostaphylos* se presenta de manera dominante, abarcando espacialmente desde el parteaguas principal hasta las proximidades de la presa en el límite sur de la cuenca. Este matorral se asocia siempre con bosques de coníferas y de encinos, es decir, es propio de condiciones templadas. Es una especie sucesional a los encinares (Rzedowsky, 1981), con gran resistencia y capacidad dispersiva. La presencia de este arbusto en el piso bioclimático inferior podría ser otra evidencia de las condiciones bióticas originales en esta porción de la cuenca.

Por su parte, el estrato arbustivo en las áreas forestales se compone por *Senecio sp.* (jara, jarilla), *Baccharis sp.* (escobilla), *Cirsium sp.* (cardé), *Eysenhardtia polystachya* (varaduz), *Trifolium spp.* (trébol), *Polypodium sp.* (helecho), *Smilax sp.* (zarzaparrilla), *Eupatorium odoratum* (crucita), *Helianthemum glomeratum* (nanajuana), *Zaluzamia augusta* (cenicilla), etc. (según el Plan de Manejo Integral Forestal, op.cit. y Martínez, 1979).

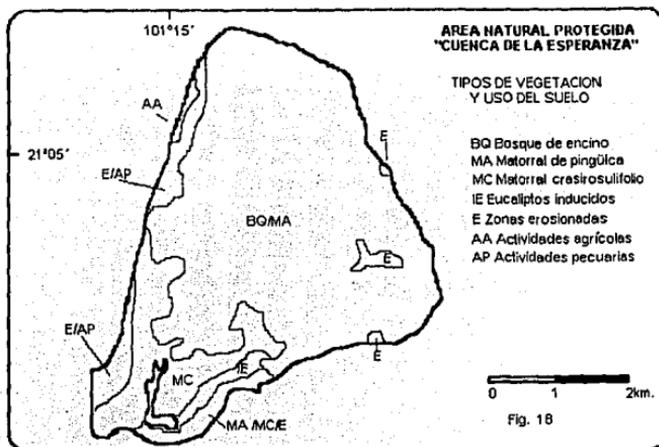
El estrato herbáceo de la mayor parte del área forestal está formado por leguminosas, gramíneas, compuestas, euforbiáceas, cactáceas, hongos, y pastos de los géneros *Bromus*,

Muhlenbergia, *Cloris*, y *Aristida*, entre otros. Este estrato, llega a un espesor superior a los 50 cm. en algunos puntos de la reserva.

Las condiciones ecológicas estables, la poca transitabilidad y accesibilidad, la escasez de poblaciones humanas y de terrenos de cultivo hacen que la parte media y superior de la zona templada sea un hábitat potencial para especies animales, cuya explicación se detallará más adelante.

El matorral xerófilo, dominante en la cuenca baja, surge como consecuencia de la deforestación en las zonas más próximas a los centros de población, minas y vías de comunicación, es decir, en la mayor parte de los casos aparece como vegetación secundaria. Se conforma principalmente por matorral crasirosulfolio, compuesto por *Opuntia spp* (nopal), *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), *Opuntia imbricata* (cardenche), *Karwinskia humboldtiana* (coyotillo) y *Agave spp* (agaves); y comunidades de *Acacia spp* (huizachales) y de *Prosopis spp* (mezquites) aisladas, etc. El matorral alterna frecuentemente con pastizales inducidos y con chaparrales. Aguas abajo de la presa pueden observarse algunas comunidades pequeñas de selva baja caducifolia alternada con elementos de matorral xerófilo.

En la figura 18 se aprecia la distribución de los tipos de uso del suelo y vegetación en la cuenca de interés, y en las fotos 4 y 5 (al final del capítulo) se muestran algunos de estos tipos de vegetación.



Dado que la zona se encuentra en transición entre ambientes templados y semiáridos coexisten elementos florísticos de los dos climas, siendo ésta una posible causa de la inexistencia de endemismos vegetales.

Los elementos faunísticos también presentan aspectos interesantes en la cuenca. La cubierta vegetal relativamente conservada y la escasez de elementos humanos da lugar a un hábitat adecuado para un número considerable de especies animales, cuya biodiversidad es destacable (o probablemente única) a nivel estatal. Dentro de los límites de la reserva se encuentran más de 70 especies de aves, de acuerdo con un censo efectuado en la época otoñal por la Fundación Ecológica de Guanajuato (1993), de las cuales un 56% son especies residentes y el 44% restante son migratorias. Destaca por su dominancia el chulin o azulero (*Aphelocorna ultramarina*) y el cuervo (*Corvus corax*); por su condición endémica a nivel nacional la calandria (*Icterus parisorum*), chivito (*Parus wollweberi*) y ojo de lumbré (*Junco phaeonotus*); y por su condición de especie amenazada el aguililla (*Buteo jamaicensis*) y el águila real (*Aquila crasaetos*); ésta última tiene una importancia especial debido a que no es común encontrarla a latitudes tan bajas. Del grupo de los reptiles domina la víbora de cascabel (*Crotalus spp*) y numerosas lagartijas; y de los mamíferos destacan: venado de cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coyote (*Canis latrans*), lince o gato montés (*Lynx rufus*), zorrillo (*Mephitis sp*),

conejo (*Sylvilagus spp*), liebre (*Lepus sp*), armadillo (*Dasybus novemcinctus*), zorra (*Urocyon cineroargenteus*), llacache (*Didelphis sp*) ardilla (*Sciurus spp*), etc.

La distribución de las especies faunísticas dentro de la cuenca concuerda muchas veces con la existencia de hábitats peculiares, es decir, existe una importante asociación entre la fauna y el paisaje circundante. Los venados, como se mencionó en el apartado de los componentes climáticos, se concentran en las laderas del sureste con encinares de cobertura media, ya que los machos corren el peligro de atorarse en las ramas. Las águilas y aguillitas prefieren los sitios rocosos y altos, en las cercanías de las cabeceras de la cuenca. Los escurrimientos superficiales y los manantiales concentran a un gran número de especies que acuden a tomar agua. En los resultados del censo ornitológico, se constató que la mayor diversidad de géneros se encuentra en los ambientes riparios, seguido por los bosques conservados.

Un aspecto interesante de los elementos bióticos en la cuenca alta y media es que presentan una sucesión vegetal bien establecida (a pesar de la posible desaparición de los pinares) y una serie de cadenas tróficas más o menos equilibrada, presentándose normalmente la secuencia de organismos productores, consumidores primarios, consumidores secundarios y descomponedores.

4. COMPONENTE ANTROPICO

El hombre constituye una parte esencial en la conformación de los paisajes en la mayor parte del mundo. Las distintas acepciones sobre los términos de paisaje y medio ambiente mantienen al papel del hombre como un agente transformador del medio, y su influencia llega a provocar cambios drásticos en la estructura, funcionamiento y dinámica de los paisajes.

La sierra de Guanajuato ha tenido una influencia humana desde épocas prehispánicas. Antes de la llegada de los españoles, la sierra tuvo la influencia de grupos chichimecas y guachichiles, entre otros. Estos grupos dominaban en los altiplanos del norte del país, aunque su influencia llegó hasta los límites del Bajío, la frontera entre Mesoamérica y Aridoamérica. Sin embargo, su número era muy reducido y se dedicaban únicamente a la recolección y la cacería, por lo que no causaron ninguna alteración a los paisajes naturales, como lo fué en el caso de los mexicas, purépechas, mixtecos y los mayas de Chiapas, entre otros, cuyas alteraciones persistieron durante varios siglos.

Las primeras expediciones hispánicas a la Sierra de Guanajuato comenzaron a partir de 1546 (Avila, 1983), fundando la ciudad de Guanajuato en el año de 1554, a partir del descubrimiento de las primeras minas de plata y la veta madre en 1550.

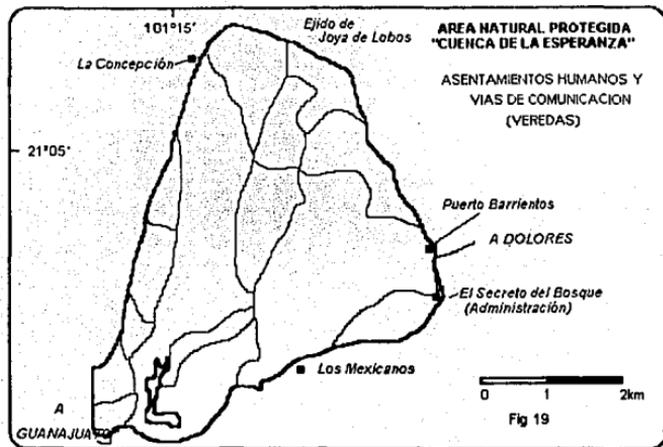
La minería fué (y ha sido) la principal actividad económica de la zona, y fue el motor para la conformación regional en esta porción de la sierra. Sin embargo, la etapa de mayor desarrollo minero y urbano se dió hasta la segunda mitad del siglo XVIII, constituyendo al corredor Marfil-Guanajuato- Santa Rosa como la cuarta ciudad del país en número de habitantes (55,000) después de México, Puebla y Guadalajara (Avila, op.cit.)

La intendencia de Guanajuato llegó a producir el 25% del total de plata en el país, y el 15% de la producción del Nuevo Mundo, destacando las minas de Rayas, La Luz y La Valenciana. este desarrollo minero y urbano provocó la deforestación de las zonas boscosas de la sierra y la aparición de procesos erosivos importantes, señalados ya por Humboldt, en su estudio de la Nueva España.

La zona de estudio tuvo la influencia de este auge urbano-minero, ya que tanto el área de Guanajuato como el real de Santa Rosa requerían de productos forestales para la construcción de casas, combustibles y materia prima para la industria minera (durmientes, postes, trabes, plantas de beneficio, etc). La deforestación se concentró en la porción sur de la cuenca, cerca de la mina de La Valenciana, que hasta la fecha permanece deforestada y prácticamente ausente de especies de clima templado. Dentro de la zona, se practicó la minería y la exploración minera durante el siglo pasado y en la primera mitad de éste, aunque fué a pequeña escala y no causó un impacto significativo.

También se abrieron en esta época algunas áreas para cultivo, en las proximidades de Los Mexicanos, sin embargo fueron abandonadas y se regeneraron naturalmente.

La cuenca no presenta en la actualidad ningún asentamiento humano, aunque en la periferia se encuentran tres pequeños caseríos (figura 19): Puerto Barrientos, ubicado en el cruce de la carretera federal con el camino a La Concepción; Los Mexicanos, situado a un costado de la misma carretera, aunque fuera de la cuenca de interés; y La Concepción, un poblado de 421 habitantes, de los que únicamente tres familias viven dentro de la reserva. A pesar de encontrarse fuera de los límites, esta población tiene una especial importancia para este estudio ya que sus pobladores tienen un vínculo directo con la cuenca para la obtención de sus recursos.



El asentamiento de La Concepción se encuentra de manera disgregada, es decir, sin concentración de edificaciones. Como servicios tienen únicamente una pequeña tienda de abarrotes, una escuela primaria y un servicio de transporte desde y hacia Guanajuato. Fuera de estos servicios, carecen de agua potable, alcantarillado, pavimento, luz eléctrica, servicios médicos y deportivos, servicios religiosos regulares, centros de abasto y administrativos, teléfono, servicios sanitarios, etc. Los habitantes acuden a Guanajuato para satisfacer casi todas sus necesidades. Los otros caseríos del área inmediata presentan las mismas (o peores) carencias que La Concepción.

La gente de la comunidad se dedica fundamentalmente a la venta de leña que obtiene de la reserva mediante una concesión especial. Otros habitantes trabajan en la ciudad como jornaleros. Otra parte tiene pequeños campos agrícolas de maíz, de poca extensión y rendimiento debido a las limitantes del suelo y del clima (pendiente, rocosidad, acidez, sequías, heladas, etc); algunos de estos terrenos se encuentran dentro de los límites de la reserva. Existen actividades pecuarias a pequeña escala, principalmente de ganado caprino y ovino en el corredor La Concepción-La Esperanza.

Se presentan dentro de la reserva algunos elementos de carácter antropogénico de manera puntual y lineal que han causado impacto al medio. En primer término, destaca una zona fuertemente erosionada en las cercanías de La Concepción causada por el desmonte excesivo, sobre terrenos de fuerte pendiente, que se efectuó probablemente en el siglo pasado, y actualmente se intenta recuperar estos terrenos mediante la construcción de terrazas hechas con maquinaria pesada. En segundo, los caminos también han causado alteración al paisaje, principalmente la carretera Guanajuato-Santa Rosa (única carretera con flujo regular y pavimentada); de manera secundaria el camino de La Concepción a la presa, y el de Puerto Barrientos a La Concepción (véase foto 1 y 2, al final de este capítulo). Existen otros caminos de menor importancia que cruzan la cuenca en varias direcciones (Véase figura 19), sin embargo no constituyen una red vial importante.

Puede concluirse que, a pesar de las áreas fuertemente erosionadas, los caminos, los escasos asentamientos humanos, las actividades de recolección, la agricultura y el pastoreo disperso en algunos puntos, la zona mantiene en general un alto nivel de estabilidad y condiciones naturales, principalmente en la porción norte y centro de la cuenca, y estas actividades no han afectado el funcionamiento normal de la reserva. Del área total, un 31.4% se encuentra ocupado por superficies erosionadas que se generaron desde el siglo pasado, localizadas en la porción sur y occidental. Un 2% tiene actividades agrícolas, y el 66.6% restante tiene bosques de encino con diversos grados de cobertura (de acuerdo con datos obtenidos del Plan de Manejo Integral Forestal de la cuenca, op.cit.)

Una vez que se han analizado los componentes que conforman la estructura vertical del área de estudio, se realizarán algunas conclusiones en torno a este tipo de estructura.

En primer término, la zona presenta un alto número de variantes en los geocomponentes, es decir, un gran número de condiciones geomorfológicas, edafológicas, bióticas y humanas, lo que lleva a un número muy alto de posibles combinaciones entre componentes.

El factor humano es de gran importancia dentro de la evolución de la cuenca, ya que en épocas pasadas provocó la sustitución de prácticamente toda la composición florística de la zona y modificó las condiciones edafológicas en la porción sur de la cuenca. Sin embargo, con el decreto de veda indefinida, la expropiación del área para uso federal y la vigilancia de la zona, el hombre mantiene un papel poco importante dentro del funcionamiento y la dinámica global de la reserva.

La asociación clima-relieve y la vegetación son los geocomponentes más importantes en esta zona debido a sus variantes y su funcionamiento general, aunque no hay que menospreciar el papel del agua y el suelo en el contexto global.

La siguiente figura muestra a manera de ejemplo el arreglo de la estructura vertical en un transecto del arroyo del Duraznillo (fig. 20), con la técnica de los perfiles ambientales complejos.

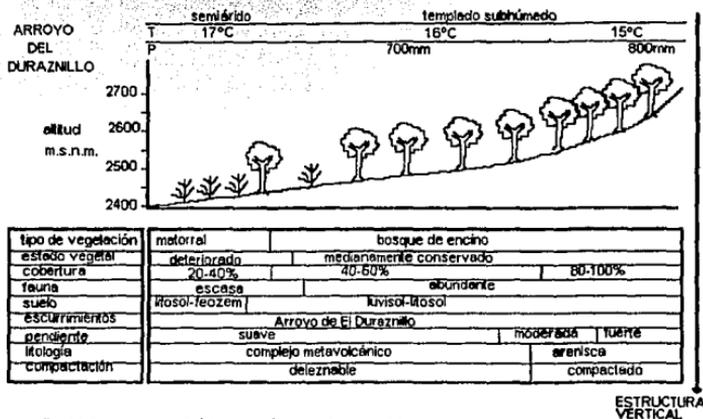


Fig. 20 Ejemplo de perfil físico-geográfico en el Arroyo del Duraznillo

En el caso ilustrado, pueden apreciarse las diferentes combinaciones entre los componentes que forman parte del Arroyo del Duraznillo. En primer lugar, por debajo de los 2400 metros se presentan condiciones climáticas semiáridas que influyen sobre una cubierta vegetal de tipo xerófila, con condición de deterioro, sobre un sustrato metavolcánico poco consolidado, presentando suelos erosionados (litosoles). Por arriba de los 2400 metros de altitud, se presenta un sustrato más consolidado, que en combinación con las condiciones de humedad elevadas favorecen la presencia de suelos más desarrollados, de tipo luvisol con condiciones ócricas, que sustentan una cobertura vegetal más densa y de mayor desarrollo, que constituye un hábitat

para un gran número de especies animales. Sin embargo, las pendientes fuertes le confieren a esta porción del sistema una cierta fragilidad.

Este tipo de perfiles ambientales pueden emplearse para cualquier transecto recto o sinuoso del área de interés, con un mayor número de variables y temas.

2.3 ESTRUCTURA HORIZONTAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Manual de Ordenamiento Ecológico del que se ha hecho mención en el primer capítulo propone cinco niveles de regionalización para el país, que se mencionaron en el primer capítulo. De acuerdo con esta clasificación, la zona de estudio queda dentro de las siguientes categorías:

Zona Ecológica	Zona Templada
Provincia Ecológica	Sierra de Guanajuato
Sistema Terrestre	Sierra de Guanajuato
Paisaje Terrestre	Indeterminado
Unidad Natural	Indeterminada

Esta clasificación considera las categorías partiendo de una zonificación a nivel nacional, restringiendo la regionalización potencial de toda la Sierra de Guanajuato (unos 8000 km²) a únicamente dos niveles taxonómicos (paisaje terrestre y unidad natural). Como ya se mencionó, el enfoque de esta dependencia no considera la posibilidad de emplear un enfoque tipológico (repetible) en sus estudios de ordenamiento. Por otra parte, se maneja una misma unidad espacial para definir dos niveles taxonómicos distintos: la provincia y el sistema (datos obtenidos por el Sistema de Información de Ordenamiento Ecológico -SIORDECO- de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología).

Las limitantes presentadas por este manual para aplicarse en el área de estudio conduce a crear una clasificación taxonómica específica para la cuenca, de una manera similar a otros estudios realizados en otros países. Para la cuenca de La Esperanza, se obtuvieron cuatro tipos de unidades jerárquicas (órdenes) considerando los siguientes criterios:

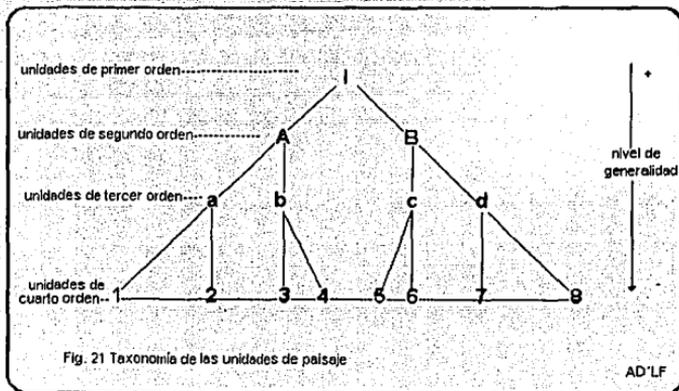
Unidades de primer orden: Definidas por los pisos allitudinales en su relación con los pisos bioclimáticos de la cuenca.

Unidades de segundo orden: Definidas por la identificación de las formas principales del relieve de la cuenca, y su papel en el funcionamiento geocológico global.

Unidades de tercer orden: Definidas por las diferencias en las estructuras litoestratigráficas de la cuenca y en la diferenciación de unidades y subunidades de suelos.

Unidades de cuarto orden: Definidas por diferencias en la utilización del suelo, en los tipos de vegetación natural e inducida y por condiciones resaltantes de degradación del paisaje.

Cada unidad de rango inferior se encuentra subordinada a una de mayor rango. El siguiente esquema muestra estas condiciones de taxonomía de unidades y subordinación que se aplicarán en el área de estudio o en otros lugares con superficie similar o con condiciones físicas análogas. Cabe señalar que una tipificación o una regionalización para un área más extensa o con otras condiciones requiere de otras variables diferentes a las aquí planteadas y de un mayor número de taxones u órdenes.



De esta manera, una unidad de rango inferior (la de mayor detalle y menor extensión) queda con la siguiente nomenclatura:

IAa1,

en la que (I) representa a las unidades de primer orden con ciertas condiciones ambientales; (A) a las de segundo orden; (a) a las de tercer orden subordinadas a (A); y (1) a la unidad taxonómica más pequeña, subordinada a las condiciones de (a). Ya que generalmente se presentan diferencias en una unidad del mismo orden horizontal, pueden darse unidades (B), (C) o (2), (3), etc. dependiendo del nivel de complejidad de la zona. Para resumir la nomenclatura de la unidad se empleará la unidad de primer orden y la de cuarto orden (III.20)

La utilización de este enfoque tiene las siguientes ventajas:

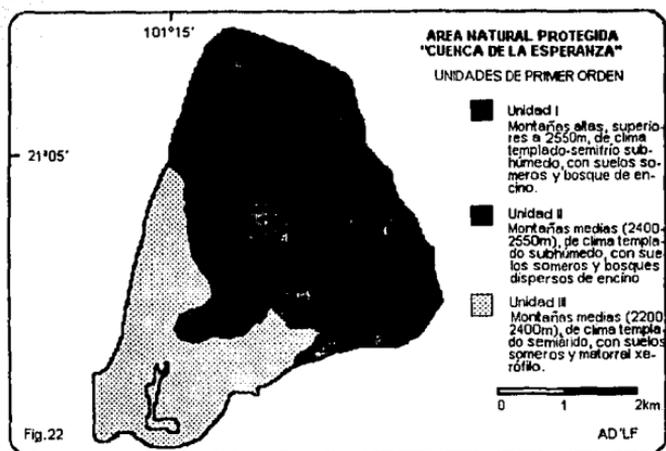
1. Permite obtener unidades ambientales de distintos grados de detalle, en donde las unidades son resultantes de la combinación de aspectos naturales y humanos, con una similar estructura vertical, funcionamiento, dinámica y evolución.
2. Es posible realizar correlaciones horizontales entre diversas unidades del mismo orden.
3. Se pueden establecer unidades repetibles, que facilitan el diagnóstico y parte del ordenamiento debido a las analogías en sus atributos.
4. Se visualiza rápidamente la funcionalidad de las unidades y su estado de estabilidad y/o perturbación.
5. Representa unidades con valor areal y cartografiables, potencialmente medibles y evaluables desde diversos puntos de vista.
6. Las unidades y sus geoecotonos son fácilmente apreciables en el terreno.

Considerando este enfoque tipológico y los criterios arriba mencionados, se realizó la tipificación de la cuenca en los cuatro niveles taxonómicos señalados.

La metodología para realizar la clasificación con un enfoque tipológico se basa primeramente en las relaciones clima-relieve para determinar niveles o pisos altitudinales, considerándose

también el sustrato geológico; posteriormente se le agrega la información edafo-biótica, obteniendo pisos bioclimáticos, y finalmente las condiciones socioeconómicas que tienen afectación sobre el entorno.

La cuenca de La Esperanza presenta tres unidades de primer orden, obtenidas por los criterios señalados anteriormente. La descripción se complementa con algunas generalidades de los aspectos bióticos y del funcionamiento global de la unidad. Se representa cartográficamente en la figura 22 debido a la importancia de estas tres unidades dentro del contexto regional y su aplicación constante en el diagnóstico y en la propuesta de ordenamiento.



La primera unidad se localiza en la porción alta de la cuenca, inmediata al parteaguas; al sur limita aproximadamente con la cota de 2550 metros. Esta gran unidad corresponde a las zonas más húmedas y más frías de la reserva (más de 800 mm. anuales concentradas en seis meses y menos de 14°C de media anual), y un relieve de laderas abruptas con elevaciones importantes que marcan el límite norte de la cuenca, de material esencialmente volcánico de edad terciaria, con predominio de encinares con densidad alta asentada sobre suelos de escaso desarrollo, cuya fauna es relativamente importante. Se encuentra orientado principalmente hacia al suroeste. Su funcionamiento es básicamente de tipo emisor, ya que aporta la energía y la

materia hacia las partes bajas, de materia orgánica y partículas de suelo, agua, e información genética vegetal (polen, esporas, semillas, etc.). Es la zona menos perturbada y más estable del área de estudio. Para su identificación, se le llamará unidad de primer orden (I): "montañas altas, superiores a 2550 metros, de clima templado-semifrío, subhúmedo, con suelos someros y bosque de encino"

La segunda unidad de primer orden se encuentra en la cuenca media, en un rango altitudinal medio, entre los 2400 y los 2550 metros. Corresponde a climas templados subhúmedos, con un relieve disectado en material vulcano-sedimentario antiguo, con pendientes menos fuertes que la unidad anterior (15-25°). Las laderas en esta porción se orientan hacia el noroeste y el sureste, siendo las primeras ligeramente más húmedas y con mayor densidad vegetal. Dominan los encinares de densidad media, aunque con calveros frecuentes producto de la erosión en décadas y siglos pasados. Tiene una importancia faunística relevante. Funciona como un paisaje emisor secundario y principalmente como trasmisor, ya que tiende únicamente al transporte energético-sustancial, aunque es una zona dispersora de organismos animales. Tiene un nivel de disturbio medio, con fuertes contrastes en algunas porciones. Se le llamará unidad de primer orden tipo (II): "montañas medias (2400-2550 m.), de clima templado subhúmedo, con suelos someros y bosques dispersos de encino".

La tercera y última unidad de primer orden corresponde a la parte baja de la cuenca (por debajo de los 2400 m.) y la presa La Esperanza. Dominan las condiciones templadas en transición a semicálidas, y subhúmedas tendientes a semiáridas con un relieve de lomeríos bajos disectados de pendientes moderadas, que se alternan con algunas montañas aisladas. Tienen un sustrato muy variado, aunque dominan las rocas metamórficas antiguas, de edad cretácica. Las condiciones de orientación son similares a la unidad anterior. Es la unidad de primer orden más perturbada de las tres que integran la cuenca debido a la proximidad con la zona minera de la ciudad de Guanajuato, con encinares escasos y predominio de matorrales de pingüica y xerófilos que aparecen como vegetación secundaria, que crecen en terrenos fuertemente erosionados. Funciona como paisaje trasmisor y en algunos puntos como receptor, lo que crea condiciones inestables como erodabilidad, azolve y contaminación leve. Se le identificará con el símbolo (III): "montañas medias (2200-2400m.), de clima templado semiárido, con suelos someros y matorral xerófilo".

Las unidades de segundo orden se establecieron a partir de cada unidad de primer orden, y se consideraron fundamentalmente las geoformas dominantes: cimas, laderas y valles. Para establecer estas unidades se empleó un mapa topográfico a escala 1:12,500, donde se

delimitaron estas condiciones morfológicas. Cada geoforma se encuentra relacionada con el funcionamiento geocológico: de este modo, las cimas constituyen las áreas dispersoras, las laderas las trasmisoras, y los valles las colectoras. En la siguiente figura se listan las unidades de segundo orden y su relación con la taxonomía global, y su expresión cartográfica se muestra en el mapa 1, con letras mayúsculas de la "A" a la "H".

Unidades de 1ºorden	Unidades de 2ºorden	Unidades de 3ºorden	Unidades de 4ºorden
I. Morfeñas altas, superiores a 2550 m., de clima templado-semihúmedo, con suelos someros y bosque de encino.	A. Cimas	a. Cimas de material riolítico terciario, con suelos someros. (Luvisoles y litosoles)	1
		b. Cimas de material vulcano-sedimentario de edad mesozoica, con suelos rojos con desarrollo medio (Luvisoles ocricos)	2
	B. Laderas	c. Laderas de material vulcano-sedimentario de edad terciaria con suelos someros	3,4
		d. Laderas de material vulcano-sedimentario de edad mesozoica con suelos de desarrollo medio	5
II. Morfeñas medias (2400-2550 m), de clima templado subhúmedo, con suelos someros y bosques dispersos de encino	C. Cimas	e. Cimas erosionadas de material tonalítico	6
		f. Cimas de material indiferenciado con suelos someros y medios	7
	D. Laderas	g. Laderas erosionadas de material indiferenciado	8,9
		h. Laderas de material indiferenciado con suelos someros	10,11
	E. Valles	i. Valles erosionados de material indiferenciado	12
		j. Valles de material indiferenciado de edad mesozoica, con suelos de desarrollo moderado	13
III. Morfeñas medias (2200-2400m), de clima templado semiárido, con suelos someros y matorral xerófilo.	F. Cimas	k. Cimas erosionadas de material indiferenciado de edad mesozoica	14
	G. Laderas	l. Laderas de material metamórfico con suelos someros (litosoles)	15, 16, 17, 18
	H. Valles	m. Valles de material metamórfico con suelos someros (feozem)	19
n. Ambientes acuáticos		20	

Nota: la leyenda de las unidades de cuarto orden se encuentran referidas en el texto.

Fig. 23 Unidades de paisaje en la zona de estudio.

AD'LF

Las unidades de tercer orden se basan en las condiciones litológicas dominantes y algunas condiciones edáficas específicas que marcan diferenciación entre las unidades, tomando como apoyo los elementos morfológicos señalados para las unidades de segundo orden. La clasificación se señala en la misma figura 23, y se muestra cartográficamente en el mapa 1, con letras minúsculas de la "a" a la "n".

A continuación se realizará el análisis de las unidades resultantes de cuarto orden, que se generaron tomando como base los pisos bioclimáticos o unidades de primer orden; a partir de éstos se les sobrepusieron los rasgos morfológicos dominantes, dando lugar a las unidades de segundo orden; posteriormente se trazaron las unidades de tercer orden a partir de la sobreposición y redefinición general de límites de las unidades litoestratigráficas y las unidades edafológicas, empleadas únicamente cuando genera cambios en las condiciones del paisaje y finalmente, para cada unidad de tercer orden, la sobreposición y la redefinición de límites de los tipos de vegetación y de uso del suelo, elementos indicativos de este orden de la taxonomía. La redefinición de límites se realizó con el fin de evitar una sobreposición excesiva y obtener ecotonos paisajísticos más concretos. En el mapa 1 se expresa cartográficamente la ubicación de estas unidades, con números arábigos del "1" al "20".

En la descripción y análisis de estas unidades, se ha intentado mostrar algunas de las principales cualidades de los paisajes, como son forma, ecotonos, repelibilidad, funcionamiento, dinámica y estabilidad. Esta información se obtuvo considerando su ubicación dentro del contexto global de la cuenca, la información obtenida en campo y la interpretación de fotografías aéreas, así como del resultado del análisis integral de los geocomponentes.

Algunas de las características que se señalan en estas unidades están referidas en el primer y en el tercer capítulo. Por ejemplo, el funcionamiento está dado a partir de la ubicación de la unidad de paisaje dentro del contexto morfológico general, de esta forma las cimas corresponderán a paisajes emisores de materia, energía e información genética, y las depresiones corresponden con núcleos colectores de los mismos elementos. La dinámica se asocia con los cambios cíclicos estacionales que se manifiestan dentro de la unidad, de esta forma, señalar una "fuerte dinámica" indica la existencia de una serie de cambios bruscos durante una época del año (por ejemplo el incremento de la pérdida de suelos y de la fuerza de la escorrentía durante la temporada de lluvias). La estabilidad se ha medido de una forma cualitativa, mediante aspectos perceptuales de observación directa, así como la evaluación del estado general de los componentes. La descripción de otros parámetros (grados de erosión,

pendientes, profundidad de suelos, grados de cobertura vegetal, etc) se hace a partir de la matriz de evaluación que se encuentra en el capítulo 3, resultado de la medición en campo, laboratorio y el análisis de la cartografía temática.

I. Montañas altas, superiores a 2550 metros, de clima templado-semifrío, subhúmedo, con suelos someros y bosque de encino.

1. Cimas redondeadas de las montañas altas, de constitución riolítica, con suelos someros y bosque de encinos con matorral de pingüica.

Esta unidad se localiza en algunas de las porciones más elevadas de la cuenca (por encima de los 2700 metros), correspondiendo con los afloramientos riolíticos que forman parte de la unidad litoestratigráfica "riolita Chichindaro". Tiene pendientes fuertes, superiores a los 20 grados, suelos con poco desarrollo (luvisoles asociados con litosoles), aunque con una capa húmica importante; un predominio de bosques de encino y en su estrato inferior matorral de pingüica. Se encuentra orientado fundamentalmente hacia el suroeste. La conformación fisonómica de la unidad es circular, con ecotonos definidos. A pesar de tener algunos elementos de disturbio (veredas, tendidos eléctricos, etc.) mantiene una dinámica vegetal regulada, relativamente estable y su funcionamiento geoecológico de paisaje emisor principal.

2. Cimas de las montañas altas, de constitución vulcano-sedimentaria, con suelos rojos de desarrollo medio y bosque de encino conservado.

Tiene condiciones de estructura vertical muy semejantes a la unidad anterior, sin embargo su sustrato rocoso pertenece a una unidad más antigua, por lo que el desarrollo edáfico es ligeramente superior, con una importante cantidad de materia orgánica (superior a 10%) y tiene mayor erodabilidad debido a la poca compactación del material parental. Las condiciones vegetales son también similares a la unidad 1. Se presenta como paisaje único o irrepetible, de forma circular, ecotono definido y actúa también como paisaje emisor principal. En la foto 1 se muestra la fisonomía de esta unidad de paisaje, sobre la carretera Puerto Barrientos-La Concepción.



Foto 1. Cimas de las montañas altas, a un costado del camino hacia La Concepción, con bosques de *Quercus* spp y matorral de *Arctostaphylos pungens*, (Foto de S. Nolasco)

3. Laderas de pendientes fuertes, de constitución volcánica, con suelos someros y bosque de encino con matorral de pingüica.

Son unidades con laderas cuyas pendientes son superiores a 15 grados, con un sustrato volcánico de edad terciaria, con suelos de desarrollo moderado de tipo luvisol. Dominan los encinares puros, con densidad superior a 60%, intercalados con matorral de pingüica, y con presencia de mastofauna silvestre. Desarrolla una función emisora y de tránsito inicial debido a su localización en la porción alta de la cuenca, lo que conduce a un desgaste fuerte del suelo en algunas áreas reducidas. Tiene ecotonos poco definidos y una fisonomía alargada. Como elementos antropogénicos de modificación leve, se manifiestan únicamente algunos caminos y la extracción de leña.

4. Laderas de pendientes fuertes, de constitución volcánica, suelos someros y con algunos asentamientos humanos.

Este paisaje se encuentra sobre laderas y algunas pequeñas planicies altas. La conformación de la estructura vertical de esta unidad es semejante a la anterior, únicamente difieren en que la cobertura vegetal original ha sufrido una transformación considerable debido a la sustitución del uso del suelo por algunos asentamientos humanos dispersos (que no llegan a crear una imagen

de población) y vías de comunicación de flujo regular. Esta unidad se encuentra de manera desagregada, de forma lineal y con ecotonos indefinidos. Presenta algunas modificaciones en el funcionamiento natural y tiene una función humana destacable a nivel local, sobre todo por el flujo carretero que está dentro de la unidad. La siguiente foto muestra una vista del asentamiento de Puerto Barrientos, ubicada en el parteaguas principal de la cuenca.



Foto 2. Puerto Barrientos. Se distinguen algunos asentamientos humanos que han talado la vegetación original, aunque permanecen algunos ejemplares aislados de encino. (Foto de S. Nolasco)

5. Laderas de fuerte pendiente, de constitución indiferenciada, suelos con desarrollo moderado y bosque de encinos.

La unidad presenta pendientes fuertes, superiores a los 20 grados, con litología variante perteneciente a la unidad estratigráfica Sierra de Guanajuato, de edad cretácica, con un desarrollo moderado de los suelos (de tipo luvisol) y una capa húmica importante. Tiene una cobertura vegetal constituida por encinos y algunas pingüicas (aunque no tan abundantes como en las unidades anteriores). Dada la antigüedad y la constitución del material, presenta mayor susceptibilidad a la inestabilidad y una erosión hídrica más intensa. Cumple una función geoecológica semejante a la unidad 3.

II. Montañas medias (2400-2550 m.), de clima templado subhúmedo, con suelos someros y bosques dispersos de encino

6. Cimas erosionadas de material intrusivo, con suelo y vegetación escasa.

Esta unidad se compone de algunas cimas de pendientes fuertes, de constitución vulcano-sedimentaria de edad cretácica, que se encuentran fuertemente erosionadas debido a la mala utilización del suelo en épocas pasadas y a la susceptibilidad a la erosión del sustrato tonalítico, que ha provocado inestabilidad y modificaciones en la estructura vertical y afectaciones en la estructura horizontal local, ya que esta unidad presenta tendencia a la expansión sobre las unidades contiguas. Los suelos son de tipo litosol. La vegetación se encuentra casi ausente, tiene una cobertura vegetal inferior al 20%. Mantiene parte de su funcionamiento natural como paisaje dispersor aunque de manera desequilibrada, ya que se generan arroyadas y pérdida de partículas de suelo a gran escala que descompensa las unidades que se encuentran pendiente abajo. Tiene una fuerte dinámica, ya que pueden desarrollarse fuertes cambios en el microrelieve y en la fisonomía vegetal durante la época de lluvias.

7. Cimas volcano-sedimentarias, con suelos someros de escaso desarrollo y bosques de encino conservados.

Comprende las porciones elevadas que, a diferencia de la unidad anterior, conservan sus propiedades estructurales y mantienen su estabilidad y funcionamiento natural (paisaje emisor secundario) sin modificaciones sustanciales. El sustrato de esta unidad (que se encuentra fragmentada) es de material indistinto, aunque predominan los metamórficos y otros materiales mesozoicos. Se tiene una cobertura vegetal alta con bosque de encino, con poca alteración, sobre suelos de unos 20 o 30 centímetros de profundidad (luvisoles), con capa húmica importante. Mantiene una población importante de mastofauna silvestre (venados, lince, zorras, etc.). Se presenta como un paisaje repetible, con ecotonos bien definidos y fisonomía circular o alargada. Los agentes modificadores del paisaje son principalmente veredas.

8. Laderas de constitución tonalítica fuertemente erosionadas, con suelo y vegetación escasos.

Comprende las laderas de pendiente moderada y fuerte con sustrato intrusivo de tonalita, que por usos inadecuados del suelo se encuentra fuertemente erosionado, reduciéndose notoriamente el espesor del perfil del suelo provocando la pérdida absoluta de los horizontes superficiales y de la cobertura vegetal. En esta unidad se han practicado algunas medidas contraerosivas con buenos resultados. Las condiciones funcionales son altamente inestables, con gran potencial de movilización energético-sustancial. En general, presenta una función

trasmisora con fuerte dinámica. Existe tendencia a la expansión de esta unidad sobre las unidades adyacentes. Tiene ecotonos más o menos bien definidos.

9. Laderas de constitución tonalítica, con suelos escasos de poco desarrollo y erosionados, con vegetación dispersa.

Son unidades que tienen tonalita como sustrato, sin embargo poseen un grado de estabilidad mayor que la unidad anterior debido a que aún mantienen una cobertura vegetal derivado de un bosque de encinos, presentándose actualmente una densidad inferior al 20%. El suelo no se encuentra tan erosionado como en la unidad anterior, sin embargo posee altos índices de erosión hídrica debido a las fuertes pendientes, los continuos afloramientos, la acción de las arroyadas, la ausencia de capa herbácea protectora y el escaso desarrollo edáfico. Al igual que la unidad anterior, tiene una función trasmisora y una fuerte dinámica. La foto 3 muestra la fisonomía de esta unidad.



Foto 3. Laderas de fuerte pendiente, con suelos muy erosionados y vegetación escasa, en las cercanías de La Concepción (foto de S. Nolasco)

10. Laderas de constitución indiferenciada, con pendientes fuertes, suelos con desarrollo moderado y bosques de encino con matorral de pingüica.

Ocupa una parte importante de la unidad II. Son terrenos con material litológico indiferenciado, predominando los metamórficos y otras rocas volcánicas de la formación Sierra de Guanajuato. Tienen pendientes fuertes, superiores a los 20 grados de inclinación, con suelos de tipo luvisol, de profundidad somera y media y una capa húmica destacable. Tiene vegetación relativamente conservada de encinares y matorrales de plingúica, con una presencia abundante de fauna silvestre; posiblemente sea una de las unidades con mayor número de población animal. Se mantienen condiciones ecológicas estables y medianamente estables, aunque susceptibles a procesos adversos. Tiene función trasmisora, forma alargada y ecotonos definidos. La siguiente fotografía muestra una panorámica de esta unidad.



Foto 4. Laderas de pendiente moderada con bosque denso con encinos, en los límites con la unidad III. (Foto de S. Nolasco)

11. Laderas de constitución indiferenciada, con suelos de desarrollo moderado y con agricultura de temporal.

Es la única unidad que presenta agricultura de temporal, aunque no es de gran extensión (aproximadamente el 2%, según señala el Plan de Manejo Integral Forestal). Se encuentra con un sustrato de metamórficos e intrusivos, con un alto riesgo de erosión debido a sus relaciones horizontales contiguas y a las fuertes pendientes. Tiene suelos del tipo feozem, con desarrollo moderado. La vegetación original ha sido sustituida por cultivos y presenta escasa fauna silvestre. Las condiciones ecológicas tienden a ser medianamente estables y con tendencia a la

inestabilidad. Se le considera como un paisaje antropizado, ya que tiene una función social (alimentación) y requiere de insumos como fertilizantes, plaguicidas y semillas para continuar con sus condiciones actuales.

12. Valles erosionados de material indiferenciado, con suelos escasos y sin vegetación.

Comprende las partes bajas de las barrancas y los pequeños valles que han sido formados por los arroyos, sin embargo se encuentran fuertemente deforestados o expuestos a la erosión por encontrarse contiguos a áreas erosionadas, lo que provoca escasez de suelos (dominan los litosoles) y de vegetación. Tiene una fuerte dinámica, debido a que es un paisaje colector con gran movilidad de energía y materia, por lo que sus componentes se encuentran expuestos a cambios drásticos en las distintas épocas del año. Tiene un estado muy bajo de estabilidad natural. La fisonomía del paisaje es alargada.

13. Valles de constitución indiferenciada, con suelos de desarrollo moderado y bosque de encino.

Se diferencia con la unidad anterior por las condiciones biotáticas presentes en esta unidad, ya que dominan los bosques de encino, matorrales de pingüica y una gran cantidad de plantas herbáceas y hepáticas debido a la modificación de las condiciones microclimáticas y la presencia continua del agua de los arroyos y los manantiales. La posición de paisaje colector o receptor da lugar a la acumulación de suelo (de tipo luvisol), siendo éste de textura media y fina, con profundidad entre 50 y 70 centímetros y una estructuración adecuada, sin embargo por las pendientes de las laderas contiguas estas áreas son muy pequeñas y con poco potencial para actividades económicas. Por otra parte, la fauna silvestre acude regularmente a estos sitios para alimentarse. La estabilidad natural es de las más altas de la cuenca.

III. Montañas medias (2200-2400m.), de clima templado semiárido, con suelos someros y matorral xerófilo

14. Cimas de material indiferenciado, de pendientes fuertes, con suelos someros y erosionados, con matorral xerófilo.

Comprende las partes altas de las elevaciones situadas en esta unidad III, que se encuentran fuertemente alteradas por acción humana y que han provocado disminución o pérdida de la capa edáfica, presentando una vegetación sucesional de matorral xerófilo y poca fauna silvestre. El sustrato metamórfico incrementa la erodabilidad natural, dando lugar a condiciones por lo general inestables, y posiblemente irreversibles. Tiene suelos someros de tipo litosol.

Mantiene una función ecológica de paisaje emisor secundario, con fuerte dinámica. Tiene una fisonomía circular, con ecotonos definidos.

15. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión moderada y con eucaliptos inducidos.

Es una unidad continua de forma alargada que tiene un sustrato dominante de tipo metamórfico, con niveles moderados y altos de erosión hídrica. Tiene suelos de poco desarrollo, de feozem asociados con litosoles. Dado que se localiza en las vertientes de un arroyo inmediato a la presa, se ha reforestado con eucaliptos para aminorar la erosión, controlar el azolve a la presa y tratar de restablecer el funcionamiento regular. Tiene una estabilidad moderada y una función de trasmisor. Sus ecotonos se encuentran entrelazados con la unidad 16.

16. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión moderada y matorral de pingülica.

Tiene condiciones ambientales similares a la unidad anterior, con pendientes fuertes, suelos someros erosionados y sustrato metamórfico. Se diferencia únicamente en que mantiene un matorral de pingülica que se manifiesta como una sucesión de los bosques de encino. A pesar de la sustitución de la vegetación original, se mantiene un nivel medio de estabilidad y un funcionamiento natural debido a que el matorral fija la movilización de suelos, contrarresta la erosión y mantiene un hábitat para algunos animales. Tiene una función humana importante por el paso de la carretera por esta unidad.

17. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión fuerte y con matorral xerófilo degradado.

La diferencia con la unidad anterior es que su vegetación se encuentra más degradada, presentando matorral xerófilo como dominante, sobre suelos litosoles sumamente erosionados con altos índices de afloramientos rocosos. Su nivel de estabilidad se encuentra entre los más bajos de la cuenca. Presenta una función trasmisora, que ha sido modificada por acción humana. La dinámica es fuerte, debido al incremento de las escorrentías en la época de lluvias y la fenología de las especies florísticas de esta porción. La foto 5 muestra las condiciones en esta unidad de paisaje.



Foto 5 Laderas erosionadas con matorral xerófilo degradado, cerca de la Presa La Esperanza. (Foto de S. Nolasco)

18. Laderas de material metamórfico, de suelos someros con erosión moderada y fuerte, con asentamientos humanos dispersos.

Comprende las laderas localizadas entre la presa y la carretera federal. Tienen un sustrato indiferenciado que forma parte de la unidad litoestratigráfica Sierra de Guanajuato, en el que predominan los metamórficos. Debido a la naturaleza de este material, las pendientes y la fuerte influencia humana, se presentan procesos erosivos importantes, y cambios drásticos en el paisaje, principalmente en las condiciones vegetales y en la cobertura vegetal. Los suelos son de tipo litosol. La vegetación es de matorral xerófilo alternado con pequeñas comunidades densas y especies de selva baja caducifolia. El funcionamiento de esta unidad es de trasmisor, con dinámica importante. Una buena parte de esta unidad está comprendida por un vivero, que ha sido un agente de recuperación de esta unidad ya que ha estabilizado las laderas con vegetación, aunque para mantenerlo son necesarios fuertes insumos artificiales. Se presentan también eucaliptos reforestados en las cañadas localizadas aguas abajo de la presa.

19. Valles de constitución metamórfica, con suelos someros con erosión moderada, con matorral xerófilo.

Comprende las partes bajas de las laderas y los valles formados por los arroyos que desaguan en la presa, formados de material indiferenciado, principalmente metamórficos, con suelos de poco desarrollo con altos niveles de pedregosidad (litosoles y feozems), y con un predominio de matorral xerófilo con pastizales de mala calidad y algunos elementos florísticos de selva baja caducifolia. Ha tenido una influencia humana muy fuerte que ha dado lugar a la sucesión vegetal y deterioro edáfico. Mantiene una función de receptor y una dinámica fuerte, bajo condiciones de estabilidad media. Las unidades presentan fisonomías alargadas.

20. Presa de La Esperanza

Abarca únicamente la superficie acuática que constituye la presa de La Esperanza; es por tanto, una unidad totalmente antropogénica que inundó el relieve, los suelos y la biota original, ocasionando cambios en las condiciones microclimáticas, creando una unidad con un funcionamiento y una dinámica totalmente diferente a la natural. Se encuentra en condiciones medianamente estables con tendencia a la inestabilidad debido al sobreaporte de sedimentos. Su función es predominantemente humana, ya que se emplea para el suministro de agua potable. Sus ecotonos son bien definidos, aunque tienden a divagar al inicio y al final de la temporada de lluvias. Es una unidad única o irrepetible.

El enfoque tipológico empleado parece ser el más completo de todas las clasificaciones que aquí se presentan, ya que incluye la expresión espacial de la unidad, las características de los geocomponentes, la penetración humana, y algunas condiciones del estado del paisaje. Por otra parte, estas características pueden repetirse en varias partes del área y es posible aplicar técnicas semejantes para determinar el diagnóstico y el ordenamiento. Por estas razones, se seguirá empleando el enfoque tipológico como base principal para realizar la evaluación y las propuestas en los capítulos que continúan.

CAPITULO 3. EVALUACION DEL PAISAJE

En este capítulo, se realizará la evaluación de cada una de las unidades de paisaje del área de estudio mediante la utilización de técnicas específicas (aplicación de índices ambientales, fotointerpretación, recorridos de campo, parámetros paisajísticos, etc). Toda la información se vaciará en una matriz general de doble entrada, cuyo análisis proporcionará el estado real o la evaluación de cada una de las unidades, y los resultados se asociarán con las presiones externas de impacto. Con la aplicación de estos resultados, alternados con los atributos del paisaje, se podrá apreciar la posibilidad del territorio para asimilar, reducir o incrementar los impactos generados por las unidades naturales contiguas y finalmente, proponer la estrategia de utilización que se planteará en el último capítulo.

3.1 PRESIONES INTERNAS

Las presiones internas manifiestan aquellos procesos naturales y antropogénicos que dan lugar a los problemas ambientales que suceden en cada una de las unidades ambientales de la cuenca, sin considerar las presiones que son ocasionadas desde fuera de los límites (éstas se analizarán en el apartado 3.2). La determinación de este punto se realizará mediante el análisis de los índices de los componentes y las unidades de paisaje de cuarto orden de la zona y por el análisis del impacto ambiental (también llamado impacto geológico) provocado por las actividades humanas dentro del área

EVALUACION DE LOS PAISAJES DE LA ZONA CON INDICES AMBIENTALES

Los índices que se utilizarán en este apartado para realizar la matriz de evaluación de la cuenca corresponde al tipo semicualitativo, ya que comprende algunos parámetros medibles que se expresan en términos cualitativos (como alto, medio y bajo), y otros parámetros cualitativos que se determinan mediante ciertos criterios previamente establecidos, y que no tienen forma de expresarse numéricamente. Para la aplicación de los índices en la zona de estudio, se clasificarán en varios tipos para una mejor comprensión de los procesos:

- a. Índices de carácter abiótico
- b. Índices de carácter biótico
- c. Índices de carácter socioeconómico.

Unidad de paisaje	1 Pendiente	2 Índice de erosión laminar	3 Profundidad del suelo	4 Índice de acidez	5 Índice de pedregosidad	6 Índice de uso del suelo	7 Índice de cobertura vegetal	8 Índice de deforestación	9 Índice de tapac/cac agrícola	10 Índice de cobertura agro pastoril	11 Índice de asimilación antrópica	12 Índice de repetibilidad	13 Índice de estabilidad	14 Índice de accesibilidad	15 Índice de transtabilidad	16 Índice de valor estético	Unidad de pais.
I 1	fuerte (15-25°)	moderado (10-50 l/ha/año)	somero (0-30 cm)	moderadamente ácido (pH 5-6)	alto (50-90%)	óptimo (80-100%)	muy denso (75-100%)	bajo (0.1-0.3)	no apto por la pendiente	nulo (0%)	muy bajo (0-20%)	bajo (2)	media	media	media	alto	I 1
I 2	fuerte	moderado	somero	moderadamente ácido	alto	óptimo	muy denso	bajo	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	no repetible (1)	media	media	media	alto	I 2
I 3	fuerte	alto (50-200 l/ha/año)	somero	moderadamente ácido	alto	óptimo	muy denso	bajo	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	no repetible	media	alta	media	alto	I 3
I 4	fuerte	alto	somero	moderadamente ácido	moderado (25-50%)	bueno (60-80%)	denso (50-75%)	medio (0.3-0.5)	no apto por la pendiente	bajo (0-20%)	bajo (20-50%)	no repetible	media	alta	alta	alto	I 4
I 5	fuerte	alto	somero y moderado (0-50 cm)	moderadamente ácido	moderado	bueno	muy denso	bajo	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	no repetible	media	alta	media	alto	I 5
II 6	media (10-15°)	muy alto (+ de 200 l/ha/año)	somero	moderadamente ácido	muy alto (90-100%)	inacudado (0-20%)	raro	muy alto (0.7-1.0)	no apto por la pendiente	bajo	bajo	no repetible	baja	alta	alta	medio	II 6
II 7	media	alto	somero	moderadamente ácido	alto	bueno	muy denso	bajo	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	alto (>5)	media	baja	media	alto	II 7
II 8	media	muy alto	somero	igeramente ácido (pH 5-7)	muy alto	inacudado	raro (0-10%)	muy alto	no apto por el suelo	bajo	muy bajo	no repetible	baja	media	media	medio	II 8
II 9	media	muy alto	somero	igeramente ácido	alto	malo (20-40%)	disperso y moderado (10-50%)	muy alto	no apto por el suelo	bajo	bajo	bajo	media	media	baja	medio	II 9
II 10	fuerte	alto	somero y moderado	igeramente ácido	moderado	óptimo	muy denso	muy bajo (0-0.1)	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	medio (3.5.4)	media	baja	media	alto	II 10
II 11	media	alto	somero	igeramente ácido	moderado	malo	raro	muy alto	no apto por la pendiente	alto (50-80%)	alto (80-100%)	no repetible	media	media	media	bajo	II 11
II 12	fuerte	muy alto	somero	igeramente ácido	muy alto	inacudado	disperso (10-25%)	muy alto	no apto por el suelo	bajo	muy bajo	no repetible	baja	media	baja	medio	II 12
II 13	fuerte	alto	somero y moderado	igeramente ácido	moderado	óptimo	muy denso	muy alto	no apto por la pendiente	nulo	muy bajo	medio	media	muy baja	baja	alto	II 13
II 14	fuerte	alto	somero	igeramente ácido	muy alto	regular	disperso	muy alto	no apto por el suelo	medio (20-50%)	bajo	medio	baja	alta	alta	bajo	II 14
II 15	fuerte	alto	somero	igeramente ácido	alto	regular	moderado	medio	no apto por el suelo	nulo	muy bajo	bajo	baja	media	media	medio	II 15
II 16	fuerte	alto	somero	igeramente ácido	alto	malo	moderado	alto (0.5-0.7)	no apto por el suelo	nulo	bajo	no repetible	baja	media	media	medio	II 16
II 17	fuerte	alto	somero	iguro (pH 7)	muy alto	malo	disperso	muy alto	no apto por el suelo	medio	bajo	medio	baja	media	baja	bajo	II 17
II 18	fuerte	alto	somero	iguro	alto	regular (40-50%)	disperso	muy alto	no apto por el suelo	bajo	moderado (50-80%)	no repetible	baja	alta	alta	bajo	II 18
II 19	fuerte	alto	somero	iguro	alto	regular	disperso	alto	no apto por el suelo	nulo	muy bajo	medio	baja	media	media	medio	II 19
II 20	-----	-----	-----	-----	-----	malo	nulo	muy alto	-----	-----	muy alto (100%)	no repetible	media	alta	-----	alto	II 20

Fig.22 Evolución de las unidades de paisaje

d. Índices de carácter paisajístico.

Cabe señalar que todos los índices empleados dentro de este inciso han sido aplicados a toda la cuenca, habiéndose descartado otros que no era posible medir o no se podían aplicar en el área de estudio (como el índice de calidad del aire, índice de calidad del agua, niveles de vida de la población, o bien algunas condiciones particulares del suelo). Estos índices incluyen elementos indicativos de las condiciones del medio, como la pendiente del terreno o el grado de cobertura vegetal, y otros índices son analíticos, como son el grado de deforestación y el de capacidad agrológica, entre otros. Por otra parte, se muestran únicamente algunos de los índices más importantes que se emplean en estudios de evaluación ambiental (SEDUE, 1988).

a. Índices de carácter abiótico.

Este primer grupo incluye parámetros asociados con las condiciones abióticas de la cuenca, principalmente geomorfología y suelos, correspondiendo con un componente diferenciador del paisaje y con un componente de interfase respectivamente. En este apartado no se incluyen índices de tipo climático debido a que este componente no presenta aparentemente una problemática significativa, como en el caso de la calidad del aire en los paisajes urbanos. Se presentan algunos problemas como sequías y heladas, sin embargo no se dispone de información suficiente y detallada de estos parámetros para analizarlas en cada unidad de paisaje.

En la figura 24 se muestra la matriz de evaluación por unidad de paisaje.

1. Pendiente

El nivel de inclinación del terreno con respecto a la horizontal se catalogó en los siguientes rangos:

RANGOS DE PENDIENTE	CATEGORIA
0° - 6°	suave
6° - 10°	ligera
10° - 15°	media
15° - 25°	fuerte
+ de 25°	muy fuerte

Para la zona de estudio, los rangos se obtuvieron con base en un mapa de pendientes elaborado específicamente para la cuenca a escala 1:25,000, y se consideró el intervalo de pendientes dominante en cada unidad de paisaje.

Dominan las pendientes fuertes (15-25°) en la mayor parte de la cuenca, con algunas pequeñas porciones de pendientes medias (10-15°) localizadas en las cimas de algunas montañas, sobre todo en los paisajes II.6 y II.11. Los rangos inferiores se localizan de manera dispersa en toda la zona de estudio, sin embargo su extensión es inferior al área mínima cartografiada (0.25 cm²). Las condiciones de la pendiente constituyen una limitante para la mayor parte de las actividades productivas, debido a los problemas de acceso y tránsito, así como el deslizamiento y pérdida potencial de suelos.

2. Índice de erosión laminar.

Este método, planteado en el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEDUE, 1988) pretende proporcionar valores de pérdida de suelo provocado por la erosión hídrica superficial, tomando en cuenta diversos parámetros ambientales como el periodo de crecimiento vegetal (PECRE), índice de agresividad de la lluvia (IALLU), pendiente del terreno (CATOP), y utilización del suelo (CAUSO), lo que incrementa la calidad de este índice. Cada uno de estos parámetros contiene índices y tablas específicas.

En este apartado, se mostrará únicamente la tabla-resumen de los parámetros manejados para determinar la cantidad de erosión laminar, que está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Erosión Hídrica} = \text{IALLU} \times \text{CAERO} \times \text{CATEX} \times \text{CATOP} \times \text{CAUSO}$$

en donde el dato resultante se sitúa dentro de la siguiente tabla:

CLASE DE DEGRADACION	VALOR DE LA EROSION LAMINAR
Ligera	Menos de 10 ton/ha/año
Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
Alta	De 50 a 200 ton/ha/año
Muy alta	Más de 200 ton/ha/año

Para este parámetro, se realizaron los cálculos requeridos para cada variable por unidad de paisaje, se vaciaron en una matriz y se aplicó la fórmula para obtener el resultado final, que se muestra en el apartado específico de la figura 24.

Los resultados en la cuenca muestran una amplia gama de las clases. La erosión moderada se restringe únicamente a las unidades I.1 y I.2, que corresponden a las cimas altas con bosque de encino. El resto de la zona se ubica en los rangos altos, con excepción de las unidades II.6, II.8, II.9 y II.12, que arrojan valores muy altos de pérdida de suelo, y que concuerdan con las áreas sin vegetación y de fuerte pendiente. La condición de degradación alta en la mayor parte de la zona indica la necesidad de usar técnicas apropiadas de manejo y conservación de suelos.

3. Profundidad del suelo

La profundidad del perfil del suelo es de gran importancia ya que indica parcialmente la capacidad que tiene para soportar actividades agrícolas, ganaderas y forestales. La profundidad se clasifica de la siguiente manera:

CATEGORIA	PROFUNDIDAD
suelo somero	0-30 cm
suelo medio	30-50 cm
suelo normal	50-125 cm
suelo profundo	+ de 125 cm.

La determinación de la profundidad media del suelo se realizó mediante la realización de pequeños pozos agrológicos en cada unidad de paisaje, en donde se midió la profundidad del perfil.

Prácticamente toda la zona de estudio tiene suelos someros, inferiores a los 30 cm. de profundidad. Se presentan algunas porciones con profundidad moderada (30-50 cm.) en el fondo de las cañadas de las unidades I.5, II.10 y II.12. A nivel puntual, la profundidad de algunos suelos excede los 50 cm., aunque es poco significativo en relación con toda la unidad de paisaje. Se concluye que las condiciones de profundidad no son apropiadas para el establecimiento de actividades agropecuarias, aunque sí son adecuadas para actividades silvícolas.

4. Determinación de la acidez o alcalinidad del suelo.

Agullera (1989) clasifica las medidas del pH en seis clases o categorías para indicar el grado de acidez o alcalinidad en un suelo.

CATEGORIA	RANGO DEL pH
Fuertemente ácido	<5
Moderadamente ácido	5-6
Ligeramente ácido	6-7
Neutro	7
Básico	7-8.5
Alcalino	> de 8.5

En los pozos agrológicos, se sacaron muestras de suelo de los horizontes de diagnóstico para procesarlas en laboratorio, determinando el pH con el método del potenciómetro.

El pH de los suelos de la cuenca presenta pocas fluctuaciones. En las porciones elevadas de la sierra (unidad I) se tiene un valor medio de 5.5 (moderadamente ácido), que se incrementa ligeramente hacia el fondo de los valles y las cañadas (6.5), lo cual denota los procesos de migración de los minerales ladera abajo como consecuencia de la lluvia de los meses húmedos. En la parte baja de la cuenca, prácticamente en toda la unidad III, los resultados de laboratorio mostraron valores de 7 (neutro). Las categorías del pH del suelo en la zona la hacen apta para el establecimiento de un gran número de especies vegetales y con mínimas probabilidades de salinización de suelos (Agullera, 1989).

5. Roccosidad

Consiste en el porcentaje de afloramientos rocosos que existe en una unidad de área del suelo. De acuerdo con Agullera (op.cit.) se presentan seis clases diferentes.

CATEGORIA	CRITERIOS
Nula Clase 0	Cuando existe menos del 2% de la superficie expuesta cubierta de rocas.

Muy baja	Clase 1	Entre 2 y 10% de rocosidad en la superficie, con posibilidades de uso agrícola.
Baja	Clase 2	Entre 10 y 25% de rocas. Se tiene vocación para pastos y plantaciones forestales.
Moderada	Clase 3	Entre 25 y 50% con rocas superficiales, con vocación forestal
Alta	Clase 4	Entre 50 y 90% del área con rocas
Muy alta	Clase 5	Más del 90% con rocas superficiales.

La determinación de este índice se realizó mediante observaciones en el terreno en unidades representativas.

Los resultados en la zona de estudio muestran valores generalmente altos (50-90%), y algunos valores moderados (25-50%) en las zonas de laderas que mantienen una cobertura vegetal con poca afectación. Algunos paisajes de la unidad III (III.14 y III.17) muestran valores muy altos, superiores al 90% de pedregosidad, debido a la intensa erosión de esta zona.

b. Índices de carácter biótico

Indica parámetros que muestran las condiciones de la cubierta vegetal y la fauna silvestre, aunque este último no fué evaluado porque no existen censos en el área para todos los grupos de animales.

6. Índice del uso del suelo

Este índice, señalado en el Manual de Ordenamiento Ecológico (1988) muestra la relación entre el uso del suelo actual y el uso del suelo potencial que se señala en la cartografía de INEGI. El valor se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$IUS = 100 - \frac{AZUNA}{100}$$

AT

donde:

IUS: Índice de uso del suelo

AZUNA: Areas de zonas de uso no adecuado

AT: Area total del estudio.

El valor resultante se expresa en porcentaje, en donde el 100% indica una totalidad de uso adecuado, y 0% indica un uso absolutamente inadecuado.

Los resultados de la fórmula para cada unidad natural se valora de acuerdo con la siguiente tabla:

CATEGORIA	PORCENTAJE
Inadecuado	0-20%
Malo	21-40%
Regular	41-60%
Bueno	61-80%
Óptimo	81-100%

Los resultados de este parámetro son producto de la sobreposición de cartografía (mapa de fotoidentificación y mapa de uso potencial) y su análisis por cada geocomplejo.

Se presentan valores óptimos en la mayor parte de la unidad I debido a que mantiene una cobertura vegetal densa que corresponde con el uso forestal indicado por INEGI. En la unidad II se presentan algunas unidades que marcan categoría "inadecuada" debido al desmonte de estas áreas, y que denotan un uso distinto al potencial. Finalmente, la unidad III tiene valores regulares y malos, debido a los fuertes disturbios que se efectuaron sobre estas unidades en las décadas pasadas.

7. Índice de cobertura vegetal

Indica el grado en porcentaje de la densidad de la vegetación. De acuerdo con van Zuidam (1986) pueden establecerse las siguientes categorías:

CATEGORIA	PORCENTAJE
Rara	menor de 10%
Dispersa	de 10 a 25% (en tómulos o agrupaciones)
Moderada	de 25 a 50% (cubierta interrumpida)
Densa	de 50 a 75% (cubierta casi continua)
Muy densa	De 75 a 100% (cubierta continua)

Las categorías para las unidades del área de estudio se obtuvieron mediante fotoidentificación y su corroboración en campo.

La unidad I se presenta con una cobertura densa de vegetación a pesar de que existen algunos pequeños asentamientos humanos y algunas obras de infraestructura, aunque son de dimensiones reducidas y han causado poco impacto al medio. La unidad II presenta una mayor variación de categorías, presentándose desde el "raro" (II.6, II.8 y II.11) hasta el "muy denso" (II.7, II.10 y II.13). Finalmente, la unidad III presenta categorías de "disperso" y "moderado", que al igual que en el índice anterior es resultante de la deforestación en el pasado.

8. Índice de deforestación

Señala una relación entre la masa forestal actual y la masa forestal que debería existir si no hubiera habido cambios. Se establece el índice de acuerdo con la siguiente fórmula (señalado por Arcia en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1985), en donde la resultante tendiente al valor (1) muestra los máximos niveles de deforestación.

$$ID = \frac{SPF - SCB}{SPF}$$

donde:

ID= Índice de deforestación

SPF= Superficie con potencialidad forestal.

SCB= Superficie cubierta de bosque.

Las categorías quedan de la siguiente manera:

CATEGORIA	INDICE
Muy baja	0-0.1
Baja	0.1-0.3
Media	0.3-0.5
Alta	0.5-0.7
Muy alta	0.7-1.0

Los resultados se obtuvieron con la comparación entre el mapa de fotoidentificación y el mapa de uso potencial de INEGI, y su medición por unidad de paisaje.

Predominan los valores bajos en la unidad I, mientras que en la unidad II se presenta un amplio rango de categorías debido a la heterogeneidad en las condiciones de la cubierta vegetal, predominan los valores muy altos en las unidades de la zona occidental de la cuenca. La unidad III presenta en general índices de deforestación muy altos en sus unidades de cuarto orden.

c. Índices de carácter socioeconómico.

Incluyen parámetros asociados con aspectos rurales o urbanos que se encuentran supeditados a una actividad socioeconómica modificadora del paisaje. Dado que en la cuenca no se encuentran asentamientos humanos importantes, se considerarán únicamente aquellas actividades que se presentan dentro de los límites.

9. Índice de capacidad agrológica.

Este índice, señalado más específicamente por SEDUE (op.cit) muestra la capacidad de la unidad de paisaje para su utilización en actividades agrícolas de riego o de temporal, mediante el índice de periodo de crecimiento (PECRE), la isoyeta anual que cruza por la unidad (DAIMO), la topografía del lugar y un valor llamado "extensión perdida de maíz", generando una resultante (EXPEN) mediante la fórmula final:

$$EXPEN = 80,3840 - 0.4126 (PECRE)$$

Si el resultado EXPEN es menor a 30, se considera que la zona es inadecuada para la agricultura; si sale superior a 30, se confronta con las tablas de suelos no aptos para agricultura de temporal y con la topografía.

Es claro que la reserva tiene una mínima vocación agrícola y que el impulso de estas actividades se alejaría de los objetivos centrales de manejo de la reserva, sin embargo, se intenta demostrar que es una zona ambientalmente inadecuada para este tipo de actividad.

Los resultados de esta variable se obtuvieron aplicando las fórmulas correspondientes, aunque al final se valoraron como "áreas inadecuadas" debido a las limitantes del suelo en las unidades II.9, II.12 y toda la unidad III; y la fuerte pendiente en las unidades restantes.

10. Índice de cobertura agro-pastoril.

Este indicador muestra la densidad de cultivos y áreas destinadas a la agricultura expresadas en porcentaje para cada unidad de paisaje. Indica espacialmente la asimilación económica de actividades primarias sobre el paisaje

Los resultados se confrontan con la siguiente tabla:

CATEGORIA	PORCENTAJE
Nulo	Sin actividades agrícolas o pecuarias en la unidad de paisaje
Bajo	Entre 0 y 20% de la superficie de la unidad con cultivos o áreas ganaderas.
Medio	Entre 20 y 50% con cultivos o ganadería.
Alto	Entre 50 y 80% de la superficie.
Muy alto	Más del 80% con cultivos y/o ganadería.

Este índice se calculó con los resultados de la fotoidentificación y la verificación en campo. Se obtuvieron valores bajos y nulos en prácticamente toda la zona de estudio, con excepción de la unidad II.11 que presenta un valor alto (50-80%)

11. Índice de asimilación antrópica

Indica el valor porcentual del área actual de la unidad de paisaje que se encuentra ocupada por asentamientos humanos, infraestructura técnica, áreas agrícolas o ganaderas, etc., y que ha provocado cambios parciales o totales de la cubierta vegetal. Se considera el 100% al área total de la unidad.

CATEGORIA	PORCENTAJE
Muy alta	Con 100% de influencia humana
Alta	Entre 80 y 100%
Moderada	Entre 50 y 80%
Baja	Entre 20 y 50%
Muy baja	Entre 0 y 20%

Los resultados de este punto se obtuvieron también con el trabajo de campo y la fotoidentificación, sumando la superficie de los usos señalados y obteniendo su equivalencia en porcentaje.

La zona de estudio presenta valores en general muy bajos, ya que no existen asentamientos humanos importantes ni actividades productivas que abarquen un amplio espacio territorial. La unidad III.20 es la única que tiene un valor muy alto, ya que no presenta ninguna condición natural de relieve, suelo ni vegetación, y se emplea íntegramente para uso humano.

d. Índices de carácter paisajístico.

Comprende algunos parámetros asociados con las propiedades del paisaje.

12. Índice de repetibilidad

Indica el grado de repetibilidad que tiene una unidad de paisaje, pudiéndose detectar las unidades de mayor interés por sus características únicas o de amplia fragmentación y distribución. En la fase de ordenamiento, se puede considerar este índice para la aplicación de una actividad específica para una o más unidades de paisaje.

Las categorías para este índice se señalan a continuación:

Bajo	Muestra paisajes únicos, que no se repiten en toda el área analizada
Medio	Son unidades de paisaje que se repiten de una a tres veces en el área.
Alto	Son unidades que se repiten cuatro o más veces, es decir, de distribución continua y fragmentada.

La aplicación de este índice consistió únicamente en la identificación y enumeración de las unidades repetibles e irrepitibles obtenidas en el mapa de paisajes de cuarto orden (mapa 1).

Los valores de este índice tienen una amplia variación en la zona de estudio. Se presentan 11 unidades únicas o irrepitibles, y una sola unidad con alto índice de repetibilidad, que corresponde a la unidad II.7. Es posible que la repetibilidad de este paisaje se deba a que constituye un ambiente relicto, por lo que actualmente se presentan fragmentos dispersos de las condiciones originales.

13. Índice de diversidad del paisaje

La diversidad del paisaje, señalada por Salinas (1991) indica el número de unidades de paisaje diferentes por cuadrícula (unidad determinada de área previamente especificada). Se proponen las siguientes categorías para evaluar esta diversidad:

Bajo	Una o dos unidades por cuadrícula
Medio	Tres o cuatro unidades por cuadrícula
Alto	Más de cuatro unidades por cuadrícula

Para el caso de la cuenca de estudio se realizó la cuadrícula cada kilómetro cuadrado, obteniendo un total de 34 cuadrículas que se sobrepusieron a un mapa de unidades de paisaje de cuarto orden, y se contaron las unidades en cada cuadrante.

Se presentaron 2 cuadrículas con únicamente dos unidades diferentes de paisaje localizadas en la parte norte de la cuenca, lo que le confiere un valor bajo. La mayor parte de las cuadrículas

presentaron una diversidad media; y los cuadrantes ubicados en las proximidades de los ecotonos de las unidades de primer orden, principalmente entre la II y III, resultaron con valores altos, hasta de 7 paisajes diferentes en un km²

14. Índice de complejidad del paisaje.

Señalado por el autor arriba mencionado, la complejidad del paisaje muestra el número total de unidades del paisaje por cuadrícula. A diferencia con la diversidad del paisaje, este índice incluye las unidades repetibles (véase figura 6 en el capítulo I). La aplicación de este índice permite identificar las áreas más contrastantes de toda la región, que por tanto, requieren de mayor atención y de un mayor número de actividades potenciales.

Las categorías son las siguientes:

Bajo	De una a tres unidades por cuadrícula
Medio	De tres a seis unidades
Alto	Más de seis unidades.

El método para aplicar este índice fué el mismo que el anterior, aunque aquí se contaron todos los fragmentos de la cuadrícula.

Pudo constatarse que la cuenca presenta en general una alta complejidad. En la zona norte se presentan tres unidades de paisaje por km²; en la porción central entre cinco y siete paisajes, y en los límites entre las unidades II y III llegan a presentarse hasta 11 paisajes.

Los valores de diversidad y complejidad no se señalan en la matriz de evaluación debido a que son resultados para toda la cuenca y no por unidad de paisaje.

15. Índice de estabilidad.

La estabilidad es la capacidad del paisaje de conservar sus atributos (estructura, funcionamiento, dinámica y secuencia evolutiva) ante la influencia de presiones naturales o humanas, y de dentro y de fuera de la unidad. La estabilidad es un parámetro de gran importancia ya que es la resultante de la interacción de todos los procesos naturales de la unidad y muestra la capacidad de resistencia ante un factor externo. La estabilidad puede ser de tres tipos:

Alta	Cuando la unidad no ha presentado ningún cambio en sus atributos ante algún fenómeno natural o humano.
Media	Cuando los agentes naturales o humanos externos han provocado cambios en la estructura vertical del paisaje, aunque su dinámica y funcionamiento permanecen estables.
Baja	Cuando se esperan o se presentan cambios en la estructura horizontal, dinámica y/o funcionamiento del paisaje ante algún factor externo.

Este índice se aplicó de manera cualitativa, basado en las observaciones de campo y la cartografía de las unidades de paisaje.

Se presentan en general valores medios de estabilidad para la unidad I de la cuenca; de baja a alta en la unidad II, y baja en la unidad III. En esta última unidad, la inestabilidad de la zona se refleja principalmente en la erosión del suelo y en la escasez de flora y fauna.

16. Índice de accesibilidad.

Este indicador muestra la posibilidad que tiene un ser humano para llegar a la unidad de paisaje a partir de un asentamiento humano. Tiene importancia para la evaluación de la infraestructura vial en la unidad, las posibilidades de acceso y el establecimiento de la estrategia de ordenamiento, determinándose si la unidad requiere o no de mayor comunicación. Este índice consta de cuatro niveles (modificado de Rodríguez, 1985).

Alta	Cuando a la unidad de paisaje llega una carretera o un camino que permite el paso de cualquier vehículo a partir de una unidad contigua.
Media	Cuando se requiere de vehículos especializados o animales para llegar a la unidad, o bien que la unidad contigua tenga una accesibilidad alta.

Baja	Cuando no existen vías de comunicación en la unidad ni en las unidades contiguas, y solamente se puede acceder a pie.
Muy baja	Cuando es difícil el acceso a pie a la unidad, y en las unidades contiguas la accesibilidad es baja.

Para la aplicación en la zona de estudio, se sobrepuso el mapa de unidades de paisaje con un mapa de vías de comunicación a la misma escala.

La mayor parte de las unidades de cuarto orden de la unidad I tiene valores altos, ya que por aquí cruza la carretera hacia La Concepción, lo que permite el fácil acceso a esta porción de la montaña. En la unidad II se presentan valores más diversos, ya que puede tenerse fácil acceso a la zona a partir de los caminos de La Concepción a Guanajuato y por la carretera federal de Guanajuato a Santa Rosa, aunque las unidades del interior son accesibles únicamente a pie, lo que le confiere un valor bajo. La unidad III presenta accesibilidad media y alta, ya que en esta porción confluyen varios caminos que comunican a toda la unidad con el exterior.

17. Índice de transitabilidad

Es la posibilidad real que tiene el hombre de circular dentro de la unidad. La diferencia con la accesibilidad es que esta última considera las relaciones con el exterior de la unidad. La transitabilidad puede ser de tres tipos:

Alta	Cuando existe una adecuada red vial y las condiciones naturales hacen posible el tránsito a través de la unidad en vehículos, animales o a pie.
Media	Cuando no existe red vial pero se puede transitar por la unidad con relativa dificultad.
Baja	Cuando existen problemas para transitar dentro de la unidad debido a la agresividad de las condiciones naturales (pendientes abruptas, densidad arbustiva alta, terrenos muy pedregosos, etc.)

Este índice se obtuvo de la misma manera que el parámetro anterior.

La unidad I presenta un grado medio de transitabilidad, ya que la carretera hacia La Concepción permite el tránsito dentro de las unidades sin dificultad, y esta carretera constituye el eje principal de confluencia de varias veredas hacia las zonas interiores de esta porción. La unidad II presenta valores diversos, siendo más altos los valores en las unidades ubicadas en la periferia de esta porción, debido a las carreteras existentes que facilitan el tránsito. Las unidades ubicadas hacia el interior de la cuenca muestran mayores dificultades para el tránsito interno. Finalmente, la unidad III muestra valores medios y altos por la densidad relativamente alta de caminos que facilitan la circulación dentro de las unidades.

18. Índice de valor estético.

El valor estético se refiere a las cualidades intrínsecas del paisaje de tipo escénico que podría constituir una atracción para los visitantes a la reserva, basado en la belleza, la originalidad, la amplitud visual, el contraste de colores (o contraste pancromático), etc. Se divide en tres niveles.

Alto	Cuando existen condiciones de alta contrastividad o elementos morfológicos de interés o un campo visual amplio.
Medio	Cuando en la unidad existe un campo visual reducido o una baja contrastividad.
Bajo	Cuando existen condiciones homogéneas, con poca amplitud visual y sin ninguna contrastividad.

Este índice se obtuvo de manera cualitativa a través de observaciones en campo en cada unidad de paisaje, considerando los parámetros señalados líneas arriba.

La unidad I de la cuenca muestra valores altos en cuando a sus aptitudes escénicas, ya que en las unidades de cuarto orden existe un gran número de elementos visuales, como son contrate pancromático, alta amplitud visual hacia la cuenca de La Esperanza y la Sierra de Santa Rosa, condiciones vegetales en buen estado de conservación, etc. Las condiciones de deterioro de algunas porciones de la unidad II provocan una disminución en su valor escénico, asociado con la reducción del campo visual. Finalmente, en la unidad III se distingue que los valores medios

se presentan únicamente en las márgenes de la presa, en tanto que el resto de la zona presenta valores bajos dada la perturbación, la escasa amplitud visual y la carencia de elementos morfológicos atractivos.

Una vez evaluado cada parámetro ambiental para cada una de las unidades de paisaje, se realizó una matriz de doble entrada para todas las unidades, que se muestra en la figura 24.

Con base en esta matriz, se establecen las siguientes conclusiones para cada agrupación de indicadores:

a. Índices de carácter abiótico

Pudo apreciarse que prácticamente todas las unidades tienen una pendiente fuerte, con excepción de las cimas redondeadas y las áreas adyacentes a los parteaguas. La pérdida de suelos por erosión laminar es de moderada a muy alta, aunque el rango varía entre los 45.48 ton/ha/año en las porciones más altas de la cuenca que mantienen una alta estabilidad ecológica debido a la cobertura vegetal densa (unidades I.1 y I.2), hasta las 433.43 ton/ha/año en las laderas y los valles erosionados (unidades II.8, II.9 y II.12). El promedio de pérdida de suelos es de unas 57 toneladas/ha/año en la unidad de primer orden I, de unos 245 t/ha/año en la unidad II, y de 105 t/ha/año en la unidad III, notándose que la zona de laderas es la de mayor potencial a la erosión y las menos adecuadas para cualquier actividad, salvo medidas regenerativas.

Los suelos son en general someros, con algunos suelos de profundidad moderada en las unidades I.5, II.10 y II.13. El escaso desarrollo edáfico y los altos niveles de pedregosidad limitarían seriamente cualquier actividad primaria (agricultura, ganadería o silvicultura) a pesar de las condiciones adecuadas de pH, materia orgánica y disponibilidad de agua en el período de lluvias en las partes alta y media de la cuenca (unidades I y II). Sin embargo, las condiciones del medio abiótico son por lo general adecuadas para las prácticas ecoturísticas controladas.

b. Índices de carácter biótico

Los resultados mostraron que el uso actual de la zona es bueno y óptimo en relación con el uso potencial en las áreas que mantienen una cobertura vegetal alta, dominante en la unidad I y en las unidades II.7, II.10 y II.13. El resto de la unidad II tiene niveles malos e inadecuados, debido a las actividades humanas asentadas sobre terrenos impropios. Finalmente, la unidad III tiene niveles regulares de uso, aunque el factor causal se efectuó en el siglo pasado.

La cobertura vegetal se encuentra en niveles altos en la unidad I y en la mayor parte de la porción alta de la unidad II, y disminuye paulatinamente hacia el sur y el occidente de la cuenca, siendo éstas las porciones con menores grados de cobertura vegetal (unidades II.6, II.8, II.9, II.12, III.14, III.17 y III.19). La unidad III.15 ha incrementado su cobertura por la plantación de los eucaliptos.

No se cuentan con registros detallados de la fauna silvestre y su distribución espacial en las unidades de paisaje de la cuenca. Únicamente se puede señalar que toda la unidad I, y la mayor parte de la unidad II en el sector oriental cuenta con una población animal más o menos abundante, con diversidad de géneros. Posiblemente las unidades II.10 y II.13 sean las de mayor riqueza en población y diversidad faunística debido a las condiciones adecuadas de hábitat y alimento, según los censos ornitológicos preliminares y los recorridos de campo.

c. Índices de carácter socioeconómico.

Se apreció que la cuenca es inadecuada para actividades agrícolas debido a las condiciones adversas de la topografía y el tipo de suelo en las áreas con litosoles, a pesar de que los datos aplicados por las fórmulas coincidieron con una factibilidad para las actividades de este tipo, ya que el índice considera únicamente parámetros de tipo climático.

La cuenca mantiene actualmente mínimos niveles de asimilación económica actual, salvo la unidad II.11 que es totalmente agrícola, y algunas unidades circundantes a ésta que mantienen un grado bajo de pastoreo. Sin embargo, las unidades de primer orden I y II presentan actividades de recolección de productos forestales (tierra, leña, etc.) de manera dispersa que podrían constituir un agente importante de presión.

Las unidades I.4 y II.19 presentan los más altos índices de influencia humana ya que cuentan con vías de comunicación, asentamientos humanos, flujo regular de vehículos y personas, etc., por lo que mantienen los niveles más bajos de naturalidad (aunque no son totalmente artificiales). La unidad III.20, representado por la presa La Esperanza, constituye un geocomplejo completamente artificial que modificó totalmente las condiciones originales; sin embargo, tiene un funcionamiento específico para fines humanos, con estabilidad y dinámica propia. Su principal problema actual es el alto grado de azolve, aunque no se han registrado mediciones regulares para definir su tendencia de azolvamiento ni su calidad del agua (coliformes totales y fecales, metales pesados, DBO, DQO, nutrientes, oxígeno disuelto, etc.).

d. Índices de carácter paisajístico.

A pesar de lo relativo y lo discutible que pudiera ser el término de estabilidad ecológica, se presentan algunos resultados lógicos para la cuenca. Se consideró que no son unidades de alta estabilidad debido al disturbio y los cambios florísticos que han sufrido durante varios siglos, sin embargo, a pesar de estos cambios en la sucesión vegetal, se mantiene un funcionamiento natural en todos los sectores (procesos fotosintéticos, intercambio de nutrientes en el sistema agua-suelo-planta-animal-atmósfera, cadenas tróficas, pedogénesis, etc.), lo que le da una estabilidad media y media-alta en toda la unidad I y II, con excepción de las áreas antropizadas y las erosionadas, que tienen un grado bajo de estabilidad. Posiblemente los valles que mantienen una cobertura de encinares y vegetación subhigrófila herbácea, sean los más estables de toda la cuenca, que podrían sostener un cierto grado de inercia o elasticidad ante un agente de presión, conservando la estabilidad actual.

Las condiciones de accesibilidad y transitabilidad a las unidades son medias, a excepción de los lugares inmediatos a las carreteras que presentan valores altos. Se mantienen algunas unidades hacia el interior de la cuenca con niveles bajos de estos dos parámetros y repercuten a su vez en los bajos grados de perturbación.

Los sitios con mayor diversidad y contrasitividad del paisaje se ubicaron en las inmediaciones de La Concepción y de la presa La Esperanza, asociado con los sitios más accesibles y transitables y con mayor influencia humana.

Finalmente, las unidades con mayor valor estético concuerdan con las porciones elevadas que mantienen una cubierta arbórea densa, sin embargo es conveniente controlar las actividades potenciales a fin de no provocar un impacto fuerte sobre el medio. Las unidades circundantes a la presa tienen también cierto valor escénico que se encuentra actualmente subutilizado, aunque la mayor parte de la unidad III carece de atractivos naturales para un turismo regular.

Pudo apreciarse que la unidad II presenta los mayores grados de diversidad en la mayor parte de los parámetros analizados.

Impacto geocológico del paisaje.

Es conveniente realizar un análisis general del impacto geocológico o ambiental provocado por diversas actividades económicas dentro de la zona de interés, mediante los distintos métodos usuales (ad-hoc, mapeo, listados, matrices, redes de eventos, combinación computarizada, etc,

Pérez, 1979). Los resultados del impacto se consideran para determinar el estado geocológico de la zona en cuestión.

El impacto en el área de estudio puede describirse a dos niveles evolutivos: histórico y contemporáneo.

El impacto ambiental a nivel histórico se considera a partir de la llegada de los españoles a la zona hasta principios del siglo actual, y su determinación se realiza únicamente con el método ad-hoc, que reporta únicamente la modificación que ha provocado algún agente de impacto debido a que no se presentan registros exactos de la alteración de los geocomponentes causada por determinada actividad.

Se concluye que el impacto durante esta época fué drástico, siendo la vegetación y el suelo los componentes más afectados, y en menor grado el clima, las condiciones hidrológicas y la fauna. La vegetación, como se ha explicado en el capítulo 2, cambió probablemente de un bosque mixto a un bosque de encino en la porción elevada de la sierra (unidad I) y de un bosque de encinos a un matorral xerófilo en las unidades II y III, con la consecuente alteración sobre la estabilidad de los suelos, las condiciones del drenaje superficial y la migración de las especies faunísticas hacia las partes más conservadas de la sierra. Los agentes condicionantes fueron principalmente la minería y el auge de las poblaciones en torno a esta actividad.

La época contemporánea, que abarca el siglo presente, ha tenido una velocidad de impacto muy inferior al que existía en los siglos pasados, debido al decreto de 1943 que considera a la cuenca como área protegida y de veda permanente, lo que disminuyó parcialmente la posibilidad de invasión de actividades en la cuenca con fines económicos. Como principales agentes del impacto pueden citarse: la carretera federal, los caminos vecinales, la recolección y cacería furtiva, la extracción de leña y la agricultura en las cercanías de la Concepción. Todas estas actividades, a excepción de la carretera, constituyen actividades de bajo impacto. Los caminos asfaltados sí tienen un alto nivel de impacto, sin embargo su área de influencia es lineal y se ubica a un costado de la cuenca, lo que reduce su potencial de afectación.

3.2 PRESIONES EXTERNAS

Dentro de los estudios de evaluación del paisaje enfocados hacia la planeación es necesario considerar el papel de las influencias externas sobre el paisaje, es decir, todos aquellos procesos, tanto de tipo natural como humano, que provienen de fuera de los límites de la zona

de estudio y que tienen algún grado de influencia negativa sobre algún geocomponente o geocomplejo, y sobre el funcionamiento local o total del área.

La cuenca de interés, como todo paisaje, está sujeto a una presión externa importante de tipo humano. En este caso, proviene de dos núcleos principales: la ciudad de Guanajuato, situada al sur de la reserva, y la comunidad de La Concepción.

El límite sur y sureste de la cuenca concuerda con la carretera federal Guanajuato-Dolores Hidalgo, por lo que recibe una influencia importante de ambas ciudades y está fuertemente expuesta a presiones originadas por el flujo continuo de vehículos, que provocan incremento de basura, inestabilidad de las vertientes, mortandad en especies faunísticas, etc. De hecho, la porción de la carretera podría constituir una unidad de paisaje diferente, ya que presenta condiciones opuestas a las naturales y presenta un funcionamiento y una dinámica completamente diferente. El extremo sur de la cuenca, en la porción este de la presa La Esperanza, es posiblemente la zona con mayor influencia humana proveniente del exterior, ésta ha provocado cambios drásticos en las condiciones ambientales originales.

El núcleo exterior que provoca mayor impacto sobre la cuenca es el caserío de La Concepción, ya que por generaciones los habitantes de este lugar han aprovechado los recursos naturales para el sostenimiento de la comunidad, provocando algunas áreas con fuerte desequilibrio ecológico (las zonas erosionadas y sobrepastoreadas del noreste de la cuenca). Se han construido carreteras y veredas en el interior de la reserva para comunicar a los habitantes con Guanajuato, Santa Rosa y otros caseríos menores. Otra influencia importante de esta comunidad (que causa más beneficios que perjuicios) es el hecho de que sus habitantes trabajan en algunas acciones encaminadas a mejorar la calidad ambiental de la reserva, mediante la construcción de terrazas contraerosivas de distintos tipos (principalmente a un costado de La Concepción, dentro de los límites de la cuenca y en la ladera norte del arroyo Los Mexicanos), labores para reforestación, vigilancia, construcción y mantenimiento de la infraestructura existente, etc. En conclusión, la influencia positiva o negativa de La Concepción se manifiesta en mayor o menor grado prácticamente sobre todas las unidades de paisaje que conforman el área de estudio.

A pesar de la gran influencia que ejercen estos dos polos sobre la zona de estudio, conviene destacar que la tendencia actual no conduce al incremento de los problemas ambientales sobre las distintas unidades del paisaje, ya que se están tomando medidas para aminorar o amortiguar

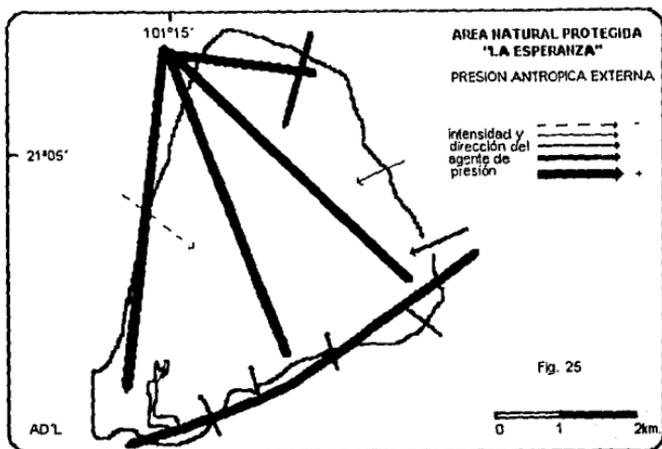
el impacto potencial. Posiblemente la zona de la carretera federal pueda tener a futuro un incremento de afluencia debido a los programas planteados para la atención a visitantes.

Existen otros núcleos de menor importancia que ejercen cierta presión sobre la cuenca. En primer término, el límite contiguo al ejido de Joya de Lobos se encuentra altamente expuesto a la invasión de ejidatarios y a la explotación continua (aunque a pequeña escala) de productos forestales, que han conducido a un incremento de los procesos erosivos. La naturaleza del material parental en esta porción y las pendientes fuertes podrían ser elementos para acelerar estos procesos.

La población de Santa Rosa de Lima, localizada unos tres kilómetros al norte de la zona de estudio, no parece tener influencia importante sobre la reserva, ya que la explotación de los recursos para satisfacer a esta población se realiza en la vertiente contraria de la sierra, sin afectar la cuenca de estudio. El principal agente de impacto es la carretera federal, que comunica a Santa Rosa con Guanajuato.

Las restantes fuentes de presión humana a la reserva se dan en algunos puntos dispersos, en los caminos que entroncan con las terracerías, en el caserío de los Mexicanos y en las cercanías con los otros ejidos; sin embargo el impacto causado es mínimo.

En la figura 25 se muestra la direccionalidad de la influencia y la intensidad cualitativa de la presión de los núcleos externos que causan impacto sobre la cuenca.



En conclusión, se considera que los agentes naturales externos que causan presión son relativamente bajos. La condición de la cuenca como sistema semicerrado limita la afectación de fenómenos naturales localizados fuera de los límites, y la afectación corresponde con las cuencas hidrológicas adyacentes. Los agentes naturales de impacto serían: la movilización de la fauna silvestre, aunque forma parte de la dinámica natural; y algunos procesos erosivos (erosión remontante), localizados en algunas de las porciones más elevadas de la sierra donde tienden a desgastar los collados.

3.3 EVALUACION GENERAL DE LA PELIGROSIDAD Y EL RIESGO NATURAL

Tomando como base las condiciones geológicas que causan inestabilidad en el terreno y las presiones internas y externas, debe plantearse una evaluación general (o particular en caso de requerirse) de la peligrosidad natural y social del área y plantear zonas de riesgo ambiental.

En la cuenca de interés se presentan algunos fenómenos naturales adversos, sin embargo no son tan evidentes o tan intensos como en otras zonas del país. Desde el punto de vista geológico y geomorfológico, se presenta un sustrato rocoso altamente inestable: la tonalita y otros intrusivos y los metamórficos que tienen una alta susceptibilidad a los procesos erosivos.

Las fuertes pendientes y la disposición del suelo aceleran las posibilidades de remoción en masa, aunque son de flujo lento y se concentran predominantemente en los bordes de las carreteras y caminos. (foto 7). Asimismo, puede presentarse cierto riesgo de azolvamiento y de inundaciones en las pequeñas planicies de inundación inmediatas a las zonas erosionadas (foto 6). No se presentan evidencias de una tectónica fuertemente activa, se presentan pocos sismos sin registros de alguna afectación importante en el entorno natural o urbano, y no se presentan manifestaciones volcánicas recientes que pudieran evidenciar una actividad volcánica potencial.

En cuanto a los fenómenos de carácter hidrometeorológico, el principal problema del área lo constituyen las sequías regulares, las granizadas, y las bajas temperaturas en el invierno, principalmente en las unidades I y II. No existe ninguna posibilidad de inundación, salvo algunas pequeñas porciones en los arroyos, ni de influencia ciclónica directa.



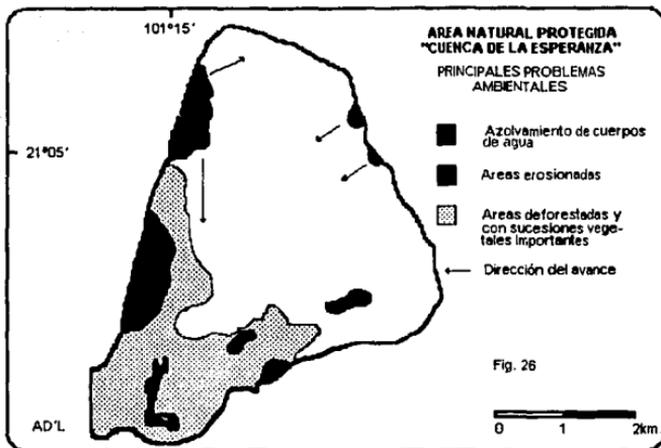
Foto 6. Terrenos originados por sobreaporte de sedimentos próximos a áreas erosionadas, susceptibles a inundaciones y cambios morfológicos. (foto de S Nolasco)



Foto 7. Conos de talud en las márgenes de las carreteras. (foto de S.Nolasco)

3.4 EVALUACION GENERAL DE LOS PAISAJES

Se ha considerado que la zona presenta en general un buen estado de conservación que se concentra en la cuenca media y alta (unidades II y I), y los problemas ambientales son relativamente bajos en comparación con otras regiones de la entidad y de la misma sierra. En la siguiente figura, se aprecia la localización de los principales problemas ambientales que afectan el área de estudio.



Se aprecia que la erosión constituye el agente de deterioro ambiental de mayor peso en toda la cuenca, seguido por las áreas deforestadas de la cuenca baja que han dado lugar a una sucesión vegetal (foto B). La presa presenta el problema de altos niveles de azolvamiento, encontrándose actualmente una profundidad media de 1.5 metros. Algunas de las áreas erosionadas se han estabilizado, y no presentan evidencias de expansión potencial.

Se presentan de manera dispersa algunos focos de deterioro de pequeñas dimensiones (inferiores al área mínima) que no se han representado cartográficamente, como son algunas áreas susceptibles a derrumbes en la carretera, pequeños asentamientos humanos, bancos de material cercanos a los límites, tiros de minas, represas, etc.

Con los resultados obtenidos de los indicadores ambientales, los impactos pasados y actuales y la presión externa, se realiza una evaluación general de la zona tomando como punto de referencia las unidades de paisaje de distintos órdenes.



Foto 8. Ladera con pendiente superior a 30°, muy erosionada, en las cercanías de La Concepción y correspondiente a la unidad II.9 (Foto de S. Nolasco)

En las siguientes líneas, se realiza el análisis general para las unidades de primer orden I, II y III. Para la interpretación cuantitativa de los valores señalados en este inciso, se puede emplear la matriz de evaluación y los criterios establecidos en el apartado 3.1

Unidad I

La unidad I ha sido la menos afectada de las tres que componen la cuenca de estudio, con excepción del parteaguas. Mantiene sus funciones geocológicas regulares con poca alteración de sus componentes naturales. Tiene altos niveles de materia orgánica, un desarrollo moderado de los suelos, una cobertura vegetal medianamente conservada, altos niveles de población faunística, poca erosión (aunque las condiciones son altamente susceptibles a la erosión). Tiene altos niveles de estabilidad actual debido a la escasa presencia de la acción humana. Las condiciones del paisaje (capacidad escénica, contrastividad, amplitud visual, etc.) muestran una alta factibilidad para actividades recreativas y silvícolas muy controladas.

Unidad II

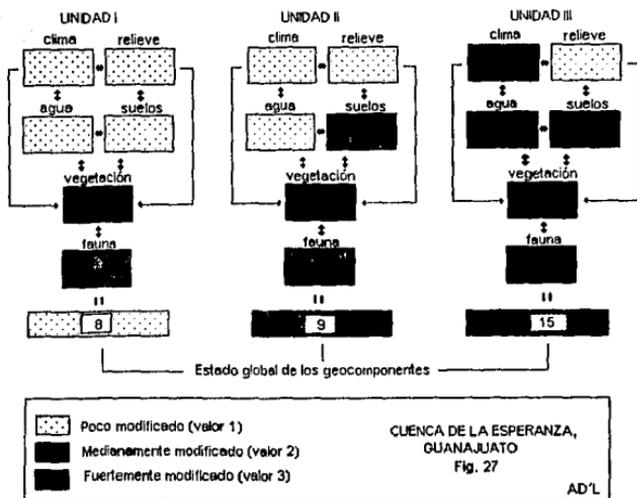
La unidad II funciona como una faja de transición entre las unidades I y III, tanto en el ámbito natural como en el ámbito de perturbación. Sin embargo, posee en general niveles estables en sus componentes naturales. La porción occidental de esta unidad ha sido la más alterada, con elevados índices de erosión de suelos, pérdida de la cubierta vegetal, etc., debido a los usos inadecuados del suelo durante el siglo pasado. Las áreas cubiertas con encinos presentan los más altos índices de estabilidad, en tanto que las áreas erosionadas han rebasado la capacidad de carga, creándose condiciones ecológicas irreversibles. Sin embargo, en general posee un estado adecuado. Presenta vocación para actividades recreativas controladas debido a sus condiciones relativamente estables y las características horizontales de las unidades de paisaje (alta contrastividad, ecotonos irregulares, condiciones escénicas, etc.), aunque el sector occidental presenta condiciones ambientales negativas que requieren atención.

Unidad III

Esta unidad es la más afectada de las tres. Se ha presentado una influencia humana masiva desde siglos pasados, alterando sustancialmente la cobertura vegetal, el estado de los suelos, la población animal, las condiciones hidrológicas, etc.; y como se ha mencionado, es posible que haya ocurrido una variación climática en el curso de los siglos. En algunos puntos, se han creado condiciones inestables e irreversibles. La evaluación de los indicadores muestra poca aptitud para actividades económicas, (poca profundidad de suelos, altos índices de erosión, baja cobertura vegetal, etc.) y las condiciones estructurales del paisaje la hacen poco apta para actividades recreativas, con excepción de la presa La Esperanza. Requiere de actividades de restauración (reforestación y técnicas contraerosivas) para intentar restablecer el funcionamiento original y frenar el avance de los problemas sobre áreas adyacentes.

A manera de resumen, se presenta una gráfica (figura 27) que muestra el grado de afectación de los geocomponentes en cada una de las unidades de primer orden a partir de las posibles condiciones naturales originales que existían antes de la llegada de los españoles.

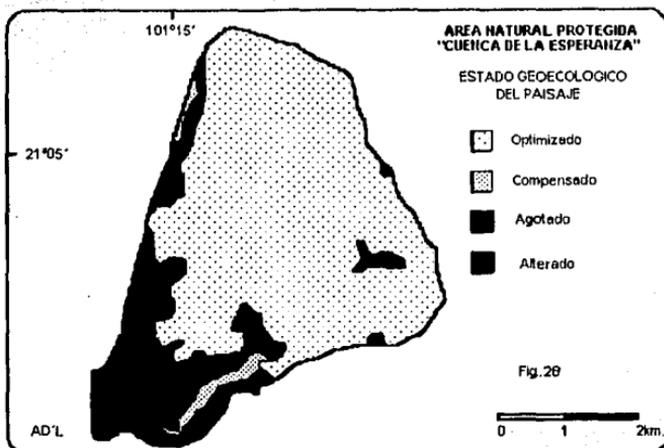
NIVELES DE MODIFICACION DE LOS GEOCOMPONENTES POR ACCION HUMANA (UNIDADES DE 1° ORDEN)



Los grados de afectación son: poco modificado, medianamente modificado y fuertemente modificado. Se considera poco modificado cuando el componente mantiene sus condiciones con poca alteración; medianamente modificado cuando han cambiado algunos de sus elementos, pero se mantiene el funcionamiento y las condiciones generales (por ejemplo, cuando se han perdido especies vegetales pero se mantiene la cobertura y la comunidad vegetal); y fuertemente modificado cuando los componentes han cambiado drásticamente por acción humana (reducción masiva de especies animales, sustitución de la comunidad vegetal, erosión drástica de los suelos, etc.). Para realizar la evaluación de las unidades de primer orden de una manera semicuantitativa, se le asignó un valor a cada nivel de modificación: 1 al poco modificado, 2 al intermedio, y 3 al fuertemente modificado, y se estableció la situación para cada uno de los geocomponentes. Posteriormente se realizó la sumatoria de los seis componentes, llegando a un valor final (estado global de los geocomponentes), en donde un valor 6 sería de mínima alteración, y un valor 18 de máxima alteración (6 componentes x valor 3 = 18). La gráfica permite comparar los niveles de modificación de los tres paisajes de primer orden. La unidad I resultó con un valor total de 8, la unidad II con 9 (modificación media), y en la unidad III el valor se dispara hasta 15 (fuertemente modificado).

3.5 ESTADO GEOECOLOGICO DEL PAISAJE

El estado geoeológico del paisaje, como se explicó en el primer capítulo, resume las condiciones de modificación antropogénica, estabilidad y deterioro del paisaje mostrando cuatro categorías (optimizado, compensado, agotado y alterado). En la siguiente figura, se muestra la distribución de las cuatro categorías del estado geoeológico del paisaje dentro de la zona de estudio.



En la cuenca de La Esperanza las condiciones de estas cuatro categorías son las siguientes:

a) Paisajes optimizados (con alto valor biológico)

Comprende poco menos de las 2/3 partes de la superficie de la cuenca. Corresponde con las unidades de primer orden I y II, con las zonas de encinares de cobertura media y alta, con presencia abundante de fauna silvestre, y funcionamiento geoeológico normal. Los procesos erosivos son frecuentes, aunque de poca extensión y con poca tendencia al incremento. Son paisajes con una estabilidad relativamente alta, aunque con una capacidad de carga baja. Poseen pocas actividades humanas, la mayoría representadas puntualmente (algunos

asentamientos) y linealmente (tendidos eléctricos y vías de comunicación). Tienen vocación para la conservación, actividades de esparcimiento restringido y aprovechamiento forestal controlado.

b) Paisajes compensados (con algunas modificaciones en la estructura vertical)

Corresponde con dos pequeñas franjas que ocupan un 5% del área total. La primera de ellas es la zona de cultivos en las cercanías de La Concepción, en donde se ha sustituido la cubierta vegetal original por plantaciones, aunque se conserva el suelo y el relieve, y algunos procesos regulares del funcionamiento general. Posee una fuerte perturbación en las márgenes, con tendencia al avance rápido sobre los campos de cultivo, ya que los cultivos se asientan en pendientes moderadas con suelos poco profundos y con altos contenidos de roca. Este paisaje es medianamente estable, con tendencia a la inestabilidad. Tiene vocación para usos forestales y silvicultura tridimensional (este concepto se explicará ampliamente en el cuarto capítulo).

La segunda franja se localiza en las laderas del arroyo de Los Mexicanos que se encuentra ocupado por un bosque reforestado de eucalipto. A pesar de ser una especie exótica (originaria de Australia) y con propiedades alelopáticas, mantiene al paisaje con un funcionamiento similar al original y con niveles medios de fauna silvestre, aunque no tan abundante como en los paisajes optimizados. Se presentan procesos erosivos importantes debido principalmente a las pendientes y la poca compactación del suelo. Al igual que la otra porción, tiene cierta tendencia a la inestabilidad. Tiene vocación para la conservación, aunque posee algunas áreas que requieren de reforestación y medidas contraerosivas.

c) Paisajes agotados (que presentan cambios estructurales drásticos)

Comprende varias áreas que se ubican de manera dispersa en la unidad II, y de manera continua en la unidad III. Son terrenos que han presentado actividades económicas a gran escala sobre terrenos inadecuados, principalmente en épocas pasadas, y que han provocado sustitución de la cubierta vegetal original, pérdida parcial o total del perfil de suelo, desaparición de la fauna silvestre, modificaciones leves al mesoclima, cambios en el relieve debido a la velocidad de los procesos erosivos, modificaciones leves en el funcionamiento, etc. Son terrenos altamente inestables, que han sobrepasado la capacidad de carga y tienden a expandirse sobre las áreas contiguas y tienen tendencia a convertirse en paisajes alterados. Actualmente, presentan actividades de pastoreo y recolección, algunos caminos de terracería y tendidos eléctricos. En este paisaje, la estructura vertical presenta condiciones con potencial a la inestabilidad que se deben principalmente a la naturaleza del sustrato rocoso. Su vocación

actual es nula, siendo necesarias numerosas técnicas para reestructurar el área e impedir el avance de los procesos erosivos sobre las unidades adyacentes.

La siguiente fotografía muestra un ejemplo de un paisaje agotado.



Foto 9. Ejemplo de un paisaje agotado de una ladera con pendiente fuerte, muy erosionado, con procesos de rerroción en masa manifiestos en la flora local, y con mínimas posibilidades de recuperación (foto de S Nolasco)

d) Paisajes alterados (que presentan cambios totales en la estructura)

Corresponde a la presa La Esperanza, debido a que las aguas cubrieron totalmente la cubierta vegetal, los suelos y el relieve, y modificaron las condiciones microclimáticas. A pesar de que esta presa se construyó en el siglo pasado y mantiene sus condiciones hidrológicas, se le considera geocológicamente un paisaje alterado por su fuerte impacto. Sin embargo, el vaso de la presa se le considera como una unidad específica, con función ecológicamente colectora y antrópicamente para abastecimiento de agua, siendo su principal problema los altos niveles de azolve dada su localización en el contexto global. Tiene vocación para actividades ligadas al hombre (piscicultura, recreación, suministro de agua potable, etc.), sin embargo, requiere de mantenimiento y técnicas de conservación.

CAPITULO 4. PROPUESTAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El ordenamiento territorial, como se ha señalado en los capítulos anteriores, constituye específicamente la fase en la cual se plantean las estrategias y las técnicas para el proceso de planificación del espacio. El análisis y la evaluación, primeras etapas del proceso metodológico señalado en el primer capítulo, indican las condiciones actuales del territorio, y el ordenamiento asienta las bases generales para su aprovechamiento futuro, tanto en el ámbito físico como en el socioeconómico. En este último capítulo, se realizará una propuesta para plantear una estrategia de ordenamiento ecológico, así como las obras y acciones que deberán ejecutarse para el manejo de la cuenca, de modo que se obtengan las bases para lo que Forman y Godron (1986) consideran como la "planeación y el manejo del paisaje". Para el planteamiento de la estrategia general, se tomará como base espacial las unidades de paisaje y su evaluación.

4.1 EFICIENCIA GEOECOLOGICA Y EFICIENCIA SOCIOECONOMICA.

Los términos de eficiencia ecológica y eficiencia socioeconómica se refieren básicamente al potencial o aptitud que presenta el paisaje para el desarrollo de ciertas actividades que sucederían de manera natural o inducidas por el hombre. Para su determinación, se considerarán fundamentalmente los resultados de la evaluación en las unidades del paisaje a diversos rangos taxonómicos.

Geoecológicamente, la zona de interés presenta una importancia destacada a nivel estatal. Constituye, junto con la inmediata sierra de Santa Rosa, una de las masas forestales más importantes de la entidad (a pesar de su disturbio por varios siglos) y una importante zona de recarga de acuíferos para la ciudad de Guanajuato y una parte del Bajío Guanajuatense. Es el motor para el funcionamiento de muchos procesos físicos regionales. Es también importante por su diversidad biótica, principalmente de encinos y fauna silvestre (Plan de Manejo Integral Forestal, 1993) y abiótica (variedad litológica, geomorfológica y procesos edafológicos), que se determinaron en el trabajo de campo.

Sin embargo, las condiciones físicas de la zona tienen poca vocación para la implantación de actividades humanas a gran escala debido a las siguientes razones:

- La situación de la cuenca dentro de un ambiente eminentemente montañoso da lugar a una alta inestabilidad natural, asociada con la diversidad de procesos geocológicos que ocurren en transectos horizontales relativamente cortos (2-3 km), con gran potencialidad de cambios a pequeña o gran escala.

- Las pendientes de la cuenca, por lo general superiores a los 20 grados, limitan seriamente la posibilidad de que el hombre pueda utilizar el terreno de manera intensiva, ya que se incrementarían notablemente los procesos erosivos y la velocidad de escurrimiento.

- Los resultados de los análisis de suelos de las unidades I y II muestran que, a pesar de tener una importante cantidad de materia orgánica superficial (superior al 10%), una profundidad superior los 50 cm y texturas medias en algunas porciones bajas de las laderas, presentan altos niveles de pedregosidad (superiores al 50%), acidez relativamente alta (5.5-6.5) y fuerte potencialidad a la pérdida de suelos (más de 50 ton/ha/año), por lo que no es recomendable la apertura de estas tierras para agricultura o pastoreo.

- Los afloramientos rocosos de tipo intrusivo y metamórfico de las unidades II y III se encuentran en condiciones poco adecuadas para el soporte de alguna actividad económica, debido a sus altos grados de intemperismo y fracturamiento, mismos que fueron observados en el terreno. Esto provoca inestabilidad en las condiciones estructurales y funcionales del paisaje circundante (cambios en los procesos morfogénéticos, pérdida de suelos, reducción de la cobertura vegetal, etc.)

- La calidad de los escasos pastizales de la unidad III, como se pudo observar en el terreno, es bastante limitada debido a que están constituidas por especies sucesionales secundarias (predominio de compuestas y escasez de gramíneas), que tienen poca amplitud espacial y baja cobertura, su sistema radicular tiene poca profundidad y están desarrollados en terrenos altamente pedregosos, por lo que son inadecuados para la ganadería.

- La comunidad vegetal más dominante y de mayor tamaño está constituida por los encinares, dominantes en las unidades I y II, sin embargo las características fisonómicas de la mayor parte de sus especies son inadecuadas para su explotación forestal comercial a gran escala ya que poseen fuste angosto, son de poca altura y están muy ramificados. Por otra parte, la densidad de los encinos no es uniforme en toda la cuenca, restringiéndose las áreas potencialmente explotables a las de criaderos para evitar un incremento acelerado de los procesos erosivos.

La vocación de la zona desde el punto de vista geoecológico es la siguiente:

- La presencia de una fauna silvestre, notable a nivel regional por su diversidad de géneros, hábitats y población (Izaquime y Domínguez, 1988 y Plan de Manejo, 1993), proporciona posibilidades para la investigación y la cacería de algunas especies menores, sin embargo es necesario restringir y vigilar esta actividad para mantener la población actual y equilibrar las cadenas tróficas.

- La abundancia de especies de encino, reportada en 17 especies (Plan de Manejo, op.cit.), se debe a la geodiversidad presente dentro de la cuenca, por lo que esta zona podría ser un área clave para investigaciones ecológicas posteriores y potencialmente aplicables a otras zonas de la sierra de Guanajuato y otros sistemas montañosos similares.

- Los encinos de criadero, ubicados en la porción alta de la unidad II y en la mayor parte de la unidad I, son potencialmente utilizables para una actividad forestal a pequeña escala, como lo señala el Plan de Manejo anteriormente señalado, y empleando métodos como la tala selectiva (poda de árboles maduros, de fuste ancho, tronco recto y sin ramificaciones, etc), que serían aprovechables para los habitantes de La Concepción. Las zonas forestales tienen suelos con una capa importante de hojarasca que podrían emplearse para algunas actividades productivas de baja escala. Esta zona constituye el principal banco genético de la cuenca. Por otra parte, la cuenca también proporciona una importante zona para la recarga de los acuíferos de la ciudad de Guanajuato y El Bajío

La eficiencia socioeconómica se aplica para la valoración, vocación y aptitud funcional de los núcleos de actividad humana intensa, con un diseño espacial de utilización más o menos bien estructurado y desarrollado. Sin embargo, como la cuenca de interés carece de elementos humanos destacables dentro de sus límites no es posible valorar la eficiencia socioeconómica del área. Sin embargo, en la estrategia general de ordenamiento se proponen algunos lineamientos que intentan incrementar el nivel socioeconómico de La Concepción, una comunidad que ejerce una fuerte presión sobre los recursos de la cuenca.

Las características geoecológicas y socioeconómicas del área de interés, así como su vocación, permiten obtener los criterios iniciales para su planificación territorial. Como primera etapa, deben señalarse los fundamentos legales que se seguirán en el estudio y la formulación de las políticas de manejo que se seguirán para cada unidad de paisaje.

4.2 MARCO LEGAL Y POLITICAS AMBIENTALES

Cualquier estudio de ordenamiento ecológico debe estar fundamentado en una serie de lineamientos legales previamente establecidos, que determinarán las posibilidades de operación de las medidas sugeridas y los organismos competentes para la puesta en marcha de los programas.

En México, las actividades de planificación sectorial y ecológica, incluido el ordenamiento ecológico, se basan fundamentalmente en la Ley de Planeación, Ley Forestal, Ley Federal de Aguas, Ley Federal de Caza, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Ley Federal de la Reforma Agraria, Ley General de Asentamientos Humanos, y la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (Bojórquez, 1993)

En la zona de estudio rigen principalmente las primeras cinco leyes, en especial la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicado en 1993, además de la Ley del Equilibrio Ecológico del Estado de Guanajuato.

La LGEEPA considera fundamentalmente los siguientes lineamientos a emplearse en este estudio específico de ordenamiento:

- Las razones por las que la zona y el tipo de estudio es de interés para la federación y el estado (art. 5, art. 6 y art. 56), por cuanto la cuenca presenta interés ecológico por su flora silvestre, presenta recursos forestales, es una zona de preservación ecológica, y contempla el ordenamiento ecológico local para una zona con ecosistemas en buen estado de conservación próxima a un asentamiento humano.
- Los criterios para realizar el ordenamiento ecológico y el aprovechamiento de los recursos naturales (art. 19, art. 20, art. 79), en especial el suelo y el agua (art. 98, art. 99 y art. 117). Estos artículos sugieren el análisis de la naturaleza y características de cada ecosistema, su vocación, sus desequilibrios, los lineamientos para el aprovechamiento de los recursos naturales y los criterios para la protección de la flora y fauna silvestre.
- Los elementos específicos para considerarse en el manejo de las áreas naturales protegidas (art. 38, art.44, art. 45, art. 54, art. 56, art. 68), siendo los principales: formulación de medidas de preservación y restauración, el cuidado de la diversidad genética, la generación de

conocimientos para el aprovechamiento de los recursos naturales, el aprovechamiento racional de estas áreas y los lineamientos específicos de los programas de manejo de la reserva.

- La participación de la población dentro de este tipo de estudios (art. 158, frac. V), el cual señala que la Secretaría de Desarrollo Social "impulsará el fortalecimiento de la conciencia ecológica, a través de la realización de acciones conjuntas con la comunidad para la preservación y mejoramiento del ambiente, el aprovechamiento racional de los recursos naturales y el correcto manejo de desechos", mediante convenios con las autoridades estatales y las comunidades rurales.

El Manual de Ordenamiento Ecológico, usado en México, (SEDUE, 1988), considera cuatro políticas ambientales básicas para el manejo de una determinada unidad territorial. Los criterios son fijos, flexibles, viables y resumen las posibilidades de utilización y la apertura, restricción o prohibición a ciertos sectores económicos, por lo que se considera importante su aplicación dentro de este estudio. Las políticas sugeridas por este manual son las siguientes:

Aprovechamiento. Considera la apertura de una o más actividades económicas dentro de la unidad de paisaje de manera parcial o total, aunque sujeta a ciertos criterios y normas ecológicas específicas para el área de interés. El aprovechamiento para La Esperanza sería de tipo turístico, forestal y de silvicultura tridimensional, los cuales se explicarán más adelante.

Restauración. La restauración se implementa para áreas cuya evaluación reporta una problemática ambiental relevante, como deforestación masiva, contaminación, y pérdida de suelos, entre otros, y que ha provocado cambios estructurales o funcionales en la unidad de paisaje, siendo necesaria la aplicación de medidas técnicas encaminadas a aminorar o suprimir los problemas del área y limitando o prohibiendo la acción de actividades productivas en la zona.

Conservación. Esta política sugiere que la unidad de paisaje mantenga su funcionamiento actual, restringiendo al máximo las actividades humanas a gran escala. En algunas ocasiones, sirve como franja de amortiguamiento en torno a una zona de protección.

Protección. Se propone la protección para aquellas unidades de paisaje que posean un valor importante desde el punto de vista biológico o paisajístico (estético), que implique su protección mediante un decreto; y evitando totalmente las actividades humanas, salvo aquellas que permitan mantener al ambiente sin causar alteración.

A un nivel general (Sierra de Guanajuato) se considera a toda la cuenca de La Esperanza dentro de la política de protección, ya que cuenta con un decreto que avala a la zona como área protegida. Sin embargo los objetivos de la reserva, señalados en el inciso 2.1, indican la puesta en marcha de algunas actividades que ayuden a emplear racionalmente los recursos naturales del área desde el punto de vista del desarrollo sustentable (utilización y mantenimiento de los recursos a largo plazo), dando un lugar de esparcimiento para la población y generando oportunidades de desarrollo para los campesinos de La Concepción, siendo necesaria la especificación de las políticas ambientales para cada fragmento territorial.

La aplicación de las cuatro políticas indicará los niveles potenciales de utilización en las unidades de paisaje que conforman la cuenca de Interés.

Las políticas ambientales propuestas para las unidades de paisaje de cuarto orden quedan de la siguiente forma, y se muestran en el mapa 2.

Aprovechamiento	I.A.a.1*	I.B.c.4	I.B.d.5*
	II.C.e.6	II.C.f.7*	II.D.g.9*
	II.D.h.10*	II.D.h.11	III.G.i.18
Restauración	II.D.g.8	II.D.g.9*	II.D.i.12
	III.F.k.14	III.G.i.17	III.H.m.19
	III.H.n.20		
Conservación	I.A.a.1*	I.A.b.2	I.B.c.3
	I.B.d.5	II.C.f.7*	II.D.h.10*
	II.E.j.13*	III.G.i.15	III.G.i.16
Protección	II.C.f.7*	II.E.j.13*	

* Comprende únicamente una porción de la unidad.

De la superficie total de la cuenca, un 26% se propone para aprovechamiento de distintos tipos, principalmente ecoturismo, aunque bajo lineamientos estrictos para permitir el mantenimiento de la cobertura vegetal. Un 25% del área se propone para restauración, principalmente para la

A un nivel general (Sierra de Guanajuato) se considera a toda la cuenca de La Esperanza dentro de la política de protección, ya que cuenta con un decreto que avala a la zona como área protegida. Sin embargo los objetivos de la reserva, señalados en el inciso 2.1, indican la puesta en marcha de algunas actividades que ayuden a emplear racionalmente los recursos naturales del área desde el punto de vista del desarrollo sustentable (utilización y mantenimiento de los recursos a largo plazo), dando un lugar de esparcimiento para la población y generando oportunidades de desarrollo para los campesinos de La Concepción, siendo necesaria la especificación de las políticas ambientales para cada fragmento territorial.

La aplicación de las cuatro políticas indicará los niveles potenciales de utilización en las unidades de paisaje que conforman la cuenca de interés.

Las políticas ambientales propuestas para las unidades de paisaje de cuarto orden quedan de la siguiente forma, y se muestran en el mapa 2.

Aprovechamiento	I.A.a.1*	I.B.c.4	I.B.d.5*
	II.C.e.6	II.C.f.7*	II.D.g.9*
	II.D.h.10*	II.D.h.11	III.G.i.18
Restauración	II.D.g.8	II.D.g.9*	II.D.i.12
	III.F.k.14	III.G.i.17	III.H.m.19
	III.H.n.20		
Conservación	I.A.a.1*	I.A.b.2	I.B.c.3
	I.B.d.5	II.C.f.7*	II.D.h.10*
	II.E.j.13*	III.G.i.15	III.G.i.16
Protección	II.C.f.7*	II.E.j.13*	

* Comprende únicamente una porción de la unidad.

De la superficie total de la cuenca, un 26% se propone para aprovechamiento de distintos tipos, principalmente ecoturismo, aunque bajo lineamientos estrictos para permitir el mantenimiento de la cobertura vegetal. Un 25% del área se propone para restauración, principalmente para la

unidad III y la porción occidental de la unidad II, que son las áreas más alteradas en todos los componentes. El 26% se propone para conservación, y el 23% restante se destinaría a una política de protección dentro de la unidad II. El siguiente apartado muestra las especificaciones de las políticas en su contexto espacial, que junto con la problemática de la zona da lugar a la formación de unidades de gestión ambiental.

4.3 UNIDADES DE GESTION AMBIENTAL

Las unidades de gestión ambiental (abreviadas como UGA's) son áreas que engloban unidades de paisaje con un mismo diagnóstico, una misma política ambiental y una misma vocación, dando lugar a unidades-resumen que engloban el análisis, la situación administrativa, la evaluación y el ordenamiento de las unidades de paisaje. Sobre la base cartográfica de estas UGA's se establece finalmente la estrategia general de ordenamiento, el planteamiento de los distintos usos del área (actual, propuesto, alternativo, condicionado e incompatible) y algunas obras y acciones específicas para cada UGA.

El uso actual se refiere a las actividades humanas que dominan en la unidad (urbana, agrícola, pecuaria, etc), o si no existen este tipo de actividades se señala los tipos de comunidades vegetales existentes. El uso propuesto se refiere a la actividad preponderante que se sugiere para la unidad, determinada a partir de su evaluación y vocación. El uso alternativo es una actividad secundaria, de menor importancia, que podría darse en forma simultánea al uso propuesto, aunque con menor peso debido al impacto que causaría. El uso condicionado es la propuesta de una actividad que causa gran impacto, aunque se daría de una forma más reducida que el uso alternativo y bajo normas y criterios estrictos, es decir "bajo condición de..." Finalmente, el uso incompatible se refiere a aquellas actividades humanas que no deben efectuarse en ningún caso porque provocarían un impacto drástico e irreversible en la unidad. (SEDUE, 1988)

En la zona de estudio se obtuvieron un total de nueve unidades de gestión ambiental (que también se llamarán unidades de manejo), que se representan cartográficamente en el mapa 2. Para su delimitación se realizaron los siguientes pasos:

En primer lugar, se determinó la política ambiental para cada unidad de paisaje de cuarto orden, considerando su estatus de acuerdo a la evaluación obtenida. A partir de esta política, la evaluación, la vocación y la configuración de las unidades de paisaje se trazaron los límites de

las unidades de manejo. En algunas ocasiones, fué necesario dividir algunas unidades de paisaje siguiendo límites naturales (afluentes o parteaguas) debido a que tienen una vocación diferente. Dado que toda la cuenca pertenece al municipio de Guanajuato y tiene el mismo régimen de propiedad, no se generaron UGA's con criterios político-administrativos.

La aplicación de los conceptos y métodos de la geografía del paisaje fué de vital importancia para obtener las UGA's. La generación de las unidades de paisaje de diferente orden jerárquico, en el que se consideró la estructura vertical y horizontal, el funcionamiento de la unidad y su relación con el contexto global, así como sus condiciones dinámicas e histórico-evolutivas, permitieron llegar a la definición de diferentes condiciones ambientales y aptitudes, que se conforman finalmente como las unidades de gestión.

El cuadro del mapa 2 muestra las propuestas generales de manejo para cada unidad de gestión ambiental (las obras y los servicios señaladas con letras de la "a" a la "I" se describen en el siguiente apartado)

La UGA 1, con 224 hectáreas de extensión aproximadamente, comprende la porción oriental de la cuenca a un costado de la carretera federal y en parte de las unidades de primer orden I y II. Tiene un uso actual de bosque de encino con regular estado de conservación, con matorral abundante de pingülica y algunos asentamientos humanos pequeños destinados al turismo (administración de la reserva, restaurantes, el "Mercadito de la Sierra", etc). Se propone destinarle una política de aprovechamiento (bajo ciertas limitaciones), dadas las actividades destinadas para el ecoturismo que se están realizando actualmente, la perturbación relativa que existe en el bosque, el fácil acceso y tránsito, y los atractivos escénicos que se presentan en esta área. La actividad predominante en esta unidad de manejo será el ecoturismo, con centro de visitantes, cabañas para hospedaje, senderos interpretativos, sitios para asadores y campamentos, etc. De manera alterna puede darse la recolección controlada de productos forestales (hongos, frutos, hojas y cortezas para infusiones, etc.). De forma muy condicionada y muy reducida, se permitirá la explotación forestal de árboles inadecuados (véase figura 31) y algunos sanos para su utilización en las actividades ecoturísticas (cabañas, combustible, cercados, escaleras, control de la erosión por acarreamiento, etc) debiéndose reforestar inmediatamente con especies nativas. Deberá prohibirse cualquier actividad agropecuaria en esta unidad debido a que es incompatible con las prácticas ecoturísticas y de regeneración del bosque. De manera complementaria, deberán realizarse medidas de mejoramiento en los sitios que lo requieran (áreas erosionadas o deforestadas). Finalmente, sería recomendable realizar algunas acciones para la protección de la mastofauna de esta unidad, o una posible

movilización hacia la UGA contigua (no. 3) para reducir la tensión de los animales en esta área, previa investigación de los posibles impactos ecológicos de la fauna sobre el ambiente y sus condiciones ecológicas (territorialidad, cadenas tróficas, competencia, suministro de hábitat y alimento, etc.)

La UGA no. 2 comprende la mayor parte de la unidad de primer orden (I) y la porción centro-occidental de la unidad II, ocupando un 20% de la superficie total de la cuenca. Para esta unidad, se sugiere llevar a cabo una política de conservación, ya que así podrían mantenerse las comunidades de encino y la población faunística, que presentan un nivel bajo de perturbación. La situación de esta UGA en paisajes funcionalmente emisores le confiere un potencial alto a la inestabilidad, por lo que es conveniente mantener los recursos en su estado actual (o de ser posible, mejorarlos). Por esta causa, se recomienda un uso prioritario destinado a la vida silvestre, y de manera secundaria actividades ecoturísticas pasivas (principalmente miradores y senderos interpretativos). De manera condicionada y regulada, se podrían efectuar actividades de recolección de productos forestales y extracción forestal únicamente en algunos sectores pequeños que tengan pendiente inferior a los 15 grados, reforestándose las áreas devastadas. Deben impedirse las actividades agropecuarias y los asentamientos humanos de cualquier tipo, salvo pequeñas instalaciones destinadas al turismo (merenderos, sanitarios, miradores, etc) y las vías actuales de comunicación.

La UGA 3 ocupa casi el 25% del área de la cuenca en la porción central de la unidad II, y se propone destinarla únicamente para protección y preservación de la vida (flora y fauna) silvestre, restringiéndose al máximo o impidiéndose cualquier actividad de tipo económico (inclusive ecoturismo o extracción de productos forestales). La política propuesta se debe a que en esta unidad se concentra la mayor parte de la fauna silvestre y una cobertura relativamente alta y uniforme de encinares, creándose microclimas con flora específica en algunas porciones de las cañadas. Se sugiere que se cree a largo plazo un centro destinado a la investigación geoecológica de la cuenca (véase inciso I del apartado 4.4). Debe tener una vigilancia constante para evitar la cacería furtiva, la tala y la explotación de productos forestales.

La unidad de gestión 4 cuenta con unas 100 hectáreas de extensión, ubicadas en la porción noroccidental de la unidad I, correspondiendo con zonas elevadas de pendiente moderada. Se propone para esta UGA una política de aprovechamiento (aunque muy controlado) de los recursos forestales, en primer lugar extracción de productos (bellotas, hongos, frutos, tierra de hoja, leña, etc.) y de manera condicionada la explotación forestal; ambas actividades para

beneficio de la comunidad de La Concepción. Deben evitarse las actividades agropecuarias, los asentamientos humanos y la generación de áreas desprovistas de vegetación.

La UGA 5 ocupa una pequeña extensión de poco más de 30 hectáreas ubicada en el extremo occidental de la unidad II, ocupada actualmente por cultivos destinados a la comunidad de La Concepción. Se propone que continúe con su política actual de aprovechamiento, aunque de una manera multivariada de productos agrícolas (véase la "estrategia de uso múltiple", de Toledo et al, 1985), alternando con pequeños huertos de frutales (se recomienda capulín, tejocote, peral, manzana y membrillo, entre otros), sembrados en terrazas, que además ayuden a la recuperación paulatina del suelo y a mejorar la condición alimenticia de la comunidad. Puede permitirse la actividad pecuaria a pequeña escala, aunque bajo supervisión constante para evitar la invasión sobre otras unidades contiguas. En la medida de lo posible, deben limitarse los asentamientos humanos.

La UGA 6 comprende una extensa zona de más de 350 hectáreas ubicada al oeste y suroeste de la unidad II y III, correspondiendo con áreas erosionadas sin ningún uso actual (salvo pastoreo disperso y manchones de vegetación aislados). Se propone destinar esta unidad de manejo para la restauración debido a que es el área más afectada de toda la cuenca en todos los geocomponentes (relieve, microclima, suelo, cubierta vegetal y fauna silvestre), y con alteración en el funcionamiento y la dinámica natural. En esta unidad, deben realizarse medidas contraerosivas hasta donde lo permita el presupuesto que se asigne a las medidas técnicas, con prioridad en las partes altas desprovistas totalmente de vegetación y en las áreas contiguas a las terrazas actuales. Debe realizarse mantenimiento constante en los lugares en que se han efectuado estas prácticas, sustituyendo las plántulas enfermas o muertas, renovando las cepas que se han colmatado, desazolvando las presas de gabiones, controlando la formación de regueros en las terrazas, etc. Debe impulsarse la reforestación masiva sobre esta unidad, con diferentes especies para evitar daños totales por plagas o enfermedades. Se pueden emplear diversas plantas xerófilas para usos etnobotánicos (como el huizache, los cactus y garambullos) en las comunidades cercanas. De forma condicionada y reglamentada, puede realizarse la extracción de materiales para construcción en canteras pequeñas e inmediatas a los caminos actuales.

La unidad de manejo número 7, ubicada a un costado de la carretera federal y dentro de la porción suroriental de la unidad III, se propone para una política de conservación, aunque con algunas acciones propias de la restauración y el aprovechamiento. Tiene una vegetación actual de matorral de pingülica alternado con árboles de eucalipto y matorral xerófilo. Se sugiere

sustituir paulatinamente esta vegetación por flora nativa o de especies con requerimientos ambientales afines a esta porción, ya que el eucalipto tiene propiedades negativas para otras plantas como ya se ha mencionado. A la par del mantenimiento de la vida silvestre, puede desarrollarse una actividad ecoturística moderada, con menor intensidad que en la UGA 1, que consistiría en senderos, merenderos y áreas para campamento con vista hacia la presa de La Esperanza. De manera condicionada se pueden hacer canteras para la extracción de material para la construcción de obras en la reserva. Finalmente, deben prohibirse las actividades agropecuarias en esta UGA, ya que incrementarían la erosión, los animales destruirían los retoños de los árboles y es una actividad incompatible con el turismo.

La UGA 8, ubicada en el extremo sur occidental de la cuenca y con poco más de 50 hectáreas de extensión, se encuentra actualmente con una densa red de comunicaciones y edificaciones ya que forma parte de la zona suburbana de la ciudad de Guanajuato. Se propone una política de aprovechamiento, pues existe un vivero en funcionamiento, y tiene una aptitud escénica alta, propia para el desarrollo del turismo. En las áreas desprovistas de vegetación puede realizarse reforestación o plantación de frutales, que ayudarían a mejorar la calidad visual de la unidad. Debe prohibirse cualquier actividad de agricultura de temporal o pecuaria, por las causas citadas en la UGA anterior.

Finalmente, la UGA 9 comprende la presa La Esperanza. Por las condiciones actuales, se sugiere una política de restauración que consistiría en el desazolve del vaso y el mejoramiento de su calidad de agua. Una vez saneada parcialmente la presa, se pueden efectuar actividades de piscicultura y de ecoturismo en las márgenes. Debe prohibirse la descarga directa de aguas residuales o industriales.

El planteamiento y la zonificación de estas unidades de gestión ambiental proporcionan los principales lineamientos que deben considerarse para realizar el ordenamiento territorial de la cuenca de interés. En el siguiente apartado, se plantean algunas especificaciones para las obras y acciones sugeridas.

4.4 OBRAS Y ACCIONES ESPECIFICAS

Dentro de la estrategia general de ordenamiento ecológico se plantea llevar a cabo algunas actividades o instalaciones que busquen aprovechar más ampliamente el potencial geocológico de la cuenca de interés, con tres objetivos específicos:

a) incrementar la posibilidad de uso de la zona de aprovechamiento con fines económicos que estarían a cargo de la administración del parque mediante actividades turísticas y algunas comerciales.

b) proporcionar a los habitantes de La Concepción algunas ideas para elevar (o posiblemente establecer) la eficiencia socioeconómica del poblado, de modo que a futuro ejerza una menor presión sobre los recursos de la cuenca.

c) mantener el funcionamiento geoecológico normal de los paisajes naturales de la zona, protegiendo su actual riqueza biótica y fomentando la investigación para una mayor comprensión de los hábitats y los atributos del paisaje del parque.

Tomando como base estos objetivos generales se hace necesario plantear una serie de obras y servicios que podrían efectuarse en la cuenca para obtener un manejo ecológico y de los recursos naturales de manera óptima y con seguimientos a largo plazo. Estas medidas propuestas contemplan planes de tipo ecoturístico, de investigación, de aprovechamiento y mejoramiento de los recursos, etc., las que forman parte del manejo de los paisajes naturales (Forman-Godron, 1986).

El planteamiento de estas obras y servicios se sugiere a partir de las unidades de gestión ambiental y las políticas ambientales correspondientes en cada caso, y éstas, como se ha señalado anteriormente, derivan de las unidades de paisaje. Aunque aparentemente estas ideas no guardan una relación directa con la teoría del paisaje, han surgido a partir de las condiciones naturales, la evaluación y la aptitud de las unidades de paisaje de diferente orden. Por otra parte, las actividades propuestas intentan aprovechar al máximo los recursos naturales de la zona, a la vez de permitir su conservación para las generaciones futuras. En la medida de lo posible, se ha intentado mantener la relación procesos morfogenéticos-suelo-vegetación, que conforman una parte del concepto sistémico del paisaje y que se consideran como los elementos prioritarios para el planteamiento de las propuestas de planificación territorial (Tricart, 1982).

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON EL APROVECHAMIENTO

- a.- Centro de visitantes
- b.- Senderos interpretativos
- c.- Jardín botánico

- d.- Presa del Duraznillo
- e.- Desarrollo rural de La Concepción y fomento de la etnobotánica.
- f.- Bancos de materiales
- g.- Manejo de desechos

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA CONSERVACION

- h.- Actividades de explotación y mantenimiento de las masas forestales
- i.- Estación climatológica y termoplumiométrica

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA RESTAURACION

- j.- Actividades de reforestación y cultivo del bosque

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA PROTECCION

- k.- Zona intangible
- l.- Centro de Investigaciones geoecológicas.

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON EL APROVECHAMIENTO

a. Centro de visitantes

Actualmente se está construyendo un centro de visitantes en el paraje denominado las Palomas y que se conocerá como "El Mercadillo de la Sierra". Esta obra tiene la función de ser un centro de atención para los paseantes y un punto a partir del cual se realicen distintos recorridos de tipo ecoturístico a través de la cuenca. Está destinado también para realizar talleres de artesanía, cursos de educación ambiental y venta de productos.

Una sección del centro deberá estar destinada a actividades administrativas y de atención al visitante, donde se puedan obtener folletos informativos, guías y mapas gratuitos de la reserva y las áreas permisibles para el turista, así como atención para visitas guiadas. En esta parte, se puede tener una pequeña biblioteca para uso público y una sala para conferencias, películas, material audiovisual, etc. (sala de uso múltiple). Se podrían también alquilar caballos a partir de este punto.

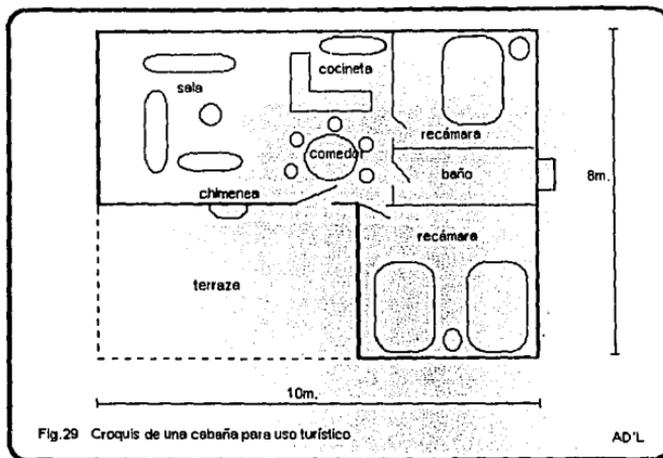
En este centro podría establecerse un pequeño museo que introduzca al visitante al conocimiento del medio físico y biológico de la cuenca, mediante pequeños textos, figuras, mapas, etc., mostrándose la posibilidades de recorridos y sitios de esparcimiento. Se pueden

realizar pequeñas colecciones de aves y mamíferos disecados propios de la reserva con el fin de evitar su cauterio y ayudar al paseante a conocer mejor las especies, hábitats y costumbres de los animales que podría encontrarse a su paso por los senderos interpretativos. De la misma manera, se puede realizar un pequeño herbario con las especies florísticas del área, algunos métodos sencillos de reconocimiento y usos potenciales.

En la sección comercial del centro, se podrían vender artesanías elaboradas con productos forestales, por ejemplo figuras de animales realizadas con bellotas, ramas o cortezas de los árboles; productos medicinales naturales que se obtendrían de las plantas (algunas de las potencialidades medicinales se mencionan en el apartado de desarrollo rural); también se podrían vender gorras, playeras o toallas con el distintivo de la cuenca (ya sea el actual de la Fundación Ecológica de Guanajuato, o algún otro que fuera más específico de la reserva, por ejemplo el pájaro chuin o un venado. La población femenina de La Concepción podría encargarse de la confección y venta de estos productos mediante una cuota previamente establecida a la administración. También pueden venderse posters, fotografías amplificadas y postales de la cuenca, así como libros sobre medio ambiente y naturaleza a niveles de difusión (no especializados).

Debe haber también un área destinada a servicios médicos que funcione principalmente durante fines de semana, días festivos y vacaciones escolares, con equipo básico para atender casos médicos comunes (conclusiones, fracturas, heridas, mordidas o picaduras de animales, etc) y equipo de comunicación (radio o teléfono) para comunicarse a Guanajuato o a León en caso de una emergencia o un cuadro clínico grave del personal, los habitantes de las localidades contiguas o los visitantes.

A mediano o largo plazo se podría construir en esta área una zona de cabañas para el hospedaje de los visitantes en los fines de semana. El funcionamiento de estas cabañas podrían realizarse considerando algunos elementos del ecoturismo: cabañas dispersas para mantener cierta cubierta vegetal, baños secos, temazcales, chimeneas, mobiliario construido con la madera de la misma cuenca, etc., evitando al máximo el uso de energéticos artificiales. El número total de cabañas deberá ser limitado para evitar insumos e impactos excesivos. Un total de 15 cabañas para cuatro o seis personas cada una podría ser un número adecuado, ya que su área de distribución y servicios sería reducido, no se requeriría de una gran inversión, y los impactos serían relativamente bajos. En la siguiente figura se muestra a manera de ilustración la distribución de las partes de una cabaña para seis personas.



La cafetería del hotel podría especializarse en productos comunes del área como conejo, hongos, dulces de frutas, etc.

Para la realización de cada obra sería recomendable que se realizara un estudio de impacto ambiental, con las medidas de mitigación pertinentes para cada caso.

b. Senderos interpretativos

Los senderos interpretativos tienen como fin proporcionar al visitante una visión general de las condiciones del medio físico que va observando durante una caminata previamente determinada. Para su establecimiento es conveniente seguir algunos principios básicos.

- Los senderos interpretativos deben ser para divulgación, por lo que es posible realizar algunas explicaciones guiadas o poner rótulos de madera con una explicación breve y sencilla de lo que observa el visitante, por ejemplo, hábitos de las zorras, lince o venados, esquemas que muestren los tipos de huellas o de heces fecales, la formación o desarrollo de una barranca,

formas de erosión visibles, tipos de rocas, nombres científicos y comunes de los árboles y arbustos, etc.

- Los senderos deben ser de terracería con el fin de continuar los procesos pedogenéticos. Deberán tener un ancho de 2.5 metros como máximo, con cercas de madera en lugares con cierto peligro, muy inestables o de especial fragilidad, para evitar el activamiento o la aceleración de procesos geomorfológicos.

- Deberán evitarse los sitios de bebederos, echaderos y sitios de reproducción de la fauna silvestre, de modo que éstos continúen con su hábitat y costumbres normales sin ser alterados, ya que en un ambiente de tensión los animales pueden migrar hacia sitios menos accesibles.

- Los senderos más comunes deberán tener algunos servicios básicos como basureros continuos, sanitarios secos (que funcionan sin agua), bancas, puestos de vigilancia e información, merenderos, etc.

- En el caso de visita de grupos grandes o de niños deberá haber un guía para la explicación y el mantenimiento de las normas de la reserva.

- Deberá prohibirse la recolección de hojas, frutos, tallos, raíces y flores de todo tipo de plantas, así como recolectar o molestar a cualquier tipo de animales.

- Es aconsejable realizar senderos de distinta duración y grado de dificultad, de modo que algunos sean accesibles para todo tipo de visitantes (ancianos, niños, minusválidos)

- Los senderos deberán tener el mismo punto de inicio y término, con el fin de llevar el control de los visitantes. En este punto habrá sitios para estacionamientos, sanitarios, cafeterías, merenderos, etc.

Es importante considerar que un número excesivo de paseantes en un mismo sendero o en senderos que tienen alta inestabilidad pueden ocasionar un impacto negativo en el entorno natural, por lo que es conveniente realizar los estudios específicos de la capacidad de carga en los tramos propuestos para esta actividad.

Wilson y Seney (1994) presentan un estudio sobre el impacto erosivo provocado por los ciclistas, caballos, motocicletas, etc., considerando variables como la pendiente, la textura de

los horizontes superficiales, el uso del suelo, la lluvia, la morfometría de la ladera, etc.. Ellos concluyen que los principales impactos se manifiestan sobre el suelo (erosión, apisonamiento, decremento de su porosidad, cambios en la aereación y disminución de nutrientes), e indican que el estrés ecológico es mayor hacia las partes más altas. El método cuantitativo planteado por estos autores podría ser aplicado, con adaptaciones, a la zona de estudio.

Los sitios sugeridos para la implantación de estos senderos son los siguientes (ver mapa 2):

- Arroyo del Duraznillo (ya establecido) a partir de Las Palomas, llamado comunmente "el mercadito de la sierra".
- Cimas de La Tapona y El Guapillo (a partir del camino de Puerto Barrientos a La Concepción).
- Arroyo de Los Melchores (a partir de La Concepción)
- Presa La Esperanza y Arroyo Llano Grande, a partir de la cortina de la presa.

c. Jardín botánico

Se propone la construcción de un pequeño Jardín botánico (de aproximadamente unas tres hectáreas de extensión) conteniendo las especies vegetales representativas de la zona de estudio, de toda la sierra de Santa Rosa o de toda la entidad, conteniendo plantas tanto de tipo xerófilo como mesófilo (de clima templado).

Este jardín podría realizarse preferentemente en alguna ladera que se encuentre desmontada o con vegetación dispersa, de modo que se realice una regeneración del área con fines recreativos, culturales o educativos.

En la caseta de entrada al jardín puede haber algunas maquetas y explicaciones escritas, con el objetivo de introducir al visitante a los aspectos básicos de la botánica y la conservación. Deberán destacarse los problemas de la deforestación, la función de las comunidades vegetales, de los jardines botánicos, y un panorama general de los tipos de uso del suelo del estado. En esta sección, se podrán emplear mapas, figuras, fotografías y pequeños textos.

Se puede realizar dentro del área del Jardín distintas secciones que muestren realmente las comunidades vegetales del estado, la sierra o la reserva, de modo que el visitante pueda identificar visualmente los tipos de vegetación.

Las plantas deberán tener rótulos con explicaciones sencillas, los nombres comunes y científicos, distribución natural y la importancia biogeográfica, utilización potencial, usos medicinales, etc.

El jardín deberá contar con algunos servicios básicos como administración y/o recepción, sanitarios, merenderos, casetas de vigilancia e información, basureros, planos de localización, etc.

El Jardín botánico puede complementarse con la construcción de pabellones o invernaderos para ilustrar familias florísticas o hábitats específicos, que operen bajo condiciones artificiales de luz, humedad, temperatura, etc. Estos pabellones podrían emplearse para plantas xerófilas pequeñas (por ejemplo distintos tipos de cactus), hongos, microambientes de las cañadas húmedas con helechos y otras plantas higrófilas.

La construcción del jardín botánico puede efectuarse en dos sitios:

1) En Las Palomas, a un costado del centro de visitantes. Este lugar tiene la ventaja de localizarse a un lado de la entrada principal de la reserva con la posibilidad de tener todos los servicios para los visitantes (cafeterías, acceso, transporte, estacionamientos, etc.) y la posibilidad de acudir a otros sitios, por ejemplo los senderos interpretativos o los miradores, aprovechando una misma visita (ver mapa 2)

La ubicación de este sitio en la porción central de la cuenca podría permitir un mejor desarrollo y crecimiento de las especies que se siembran para el Jardín botánico, ya que este punto se encuentra en una franja transicional entre los ambientes semiáridos de la cuenca baja y los subhúmedos de la cuenca alta. Por otra parte, los suelos son suficientemente profundos en algunas partes de la ladera, y rocosos en otras porciones, de modo que se crean varias condiciones de hábitats para diferentes especies vegetales.

2) Otro sitio adecuado podría ser a un costado de la presa La Esperanza, ya que cuenta con buen acceso y buen potencial escénico, cierta diversidad de condiciones morfológicas y edafológicas, además se encuentra inmediato a los viveros actuales que podrían suministrar

plantas para el jardín. Sin embargo, las especies propias de clima templado tendrían mayores dificultades para su desarrollo debido a que sus requerimientos térmicos y de humedad son distintos a este sitio.

En algunos proyectos actuales con desarrollo del ecoturismo se han realizado alternadamente con los jardines botánicos algunos parques zoológicos (como en La Roqueta, Gro., Xcaret, Q. Roo, etc.), sin embargo se considera que para este proyecto no es recomendable, ya que estos zoológicos deben funcionar con condiciones de hábitat muy similares a los originales, en extensiones amplias, evitando al máximo los terrenos reducidos y las jaulas, además de que requieren mucho personal capacitado y mantenimiento constante. Los animales silvestres de la reserva son ya escasos si se considera su población original, por lo que se recomienda que conserven su libertad y sus hábitos comunes. Para el conocimiento de la fauna silvestre de esta zona, se propone que se realice una sala con fotografías y muestras disecadas de los animales del lugar.

d. Presa de El Duraznillo

Las posibilidades para construir una pequeña presa dentro de la reserva son bastante factibles, dadas las condiciones morfológicas e hidrológicas. Este embalse podría ser construido con fines recreativos, piscícolas, control de azolve de la presa La Esperanza, combate de incendios y dotación de agua para el suministro de las instalaciones propias de la reserva.

Para la construcción de la cortina podrían emplearse materiales pétreos inmediatos al cauce; esta cortina tendría unos 20 o 30 metros de alto, unos 90 metros de longitud y unos 2.5 o 3 metros de ancho. Con estas dimensiones la presa tendría unos 600 metros de largo por 100 metros en su parte más ancha y una superficie de 4.25 hectáreas. La parte baja de la corona deberá tener algunos conductos para permitir que el arroyo continúe con su funcionamiento normal.

La secuencia técnica que deberá realizarse para la construcción del embalse es la siguiente (de acuerdo con Foster, 1985):

- selección del sitio para el embalse
- levantamiento topográfico e hidrográfico de la cuenca
- vertederos
- preparación del sitio del embalse

- construcción del muro interior de impermeabilización
- construcción del terraplén.

La ubicación de esta presa en un lugar adecuado mejoraría sustancialmente la calidad escénica del área, por lo que sería factible construir en las márgenes algunas áreas para campamento y algunos servicios básicos (sanitarios, merenderos, casetas de vigilancia, etc.). Dentro de la presa podría practicarse la pesca y el canotaje como actividades complementarias al campismo y el excursionismo. El embalse podría también servir como hábitat para las aves migratorias (ya de por sí numerosas) que llegan al lugar o cruzan por él.

Paralelamente a las actividades recreativas se podría realizar un plan de actividades piscícolas. Se introducirían algunas especies comestibles (como truchas, carpas, etc.) que se reproducirían en el mismo embalse. A largo plazo podría construirse una serie de estanques para la cría de truchas. Las medidas sugeridas para el embalse son apropiadas para las actividades piscícolas (Foster, op.cit.)

La producción podría destinarse para varios objetivos: obtener ingresos económicos de los visitantes como producto del alquiler de equipo de pesca; proporcionar una fuente de alimentación para los excursionistas; emplear el pescado para su venta en los restaurantes cercanos; proporcionar una fuente alterna para alimentación a bajo costo para los pobladores de La Concepción, Los Mexicanos y el personal administrativo.

El manejo adecuado de la presa podría contribuir a reducir la cantidad de sólidos transportados por el río, aminorando ligeramente la velocidad de azolvamiento de la presa La Esperanza, sin que se perjudique el funcionamiento normal del arroyo. Finalmente, el agua almacenada serviría para surtir las demandas de la zona de visitantes y los servicios de los senderos interpretativos y el Jardín botánico, principalmente para aseo, sanitarios y cafeterías.

El lugar propuesto para la construcción de este embalse es en el curso alto del arroyo del Duraznillo, a la altura de Las Palomas (ver fig. 29). Este sitio cuenta con las siguientes ventajas:

1. Se ubica en la intersección de tres arroyos pequeños y algunos manantiales, que podrían abastecer continuamente de agua al embalse, además de tener suelos de textura media y fina con una permeabilidad lenta que retendría el agua.

2. Este sitio cuenta con una perturbación media y una estabilidad relativamente alta, por lo que los impactos ambientales serían mínimos y no habría transformación significativa de los geocomponentes, sobre todo los bióticos.

3. Se ubica en una barranca de unos 150 metros de profundidad, de fuerte pendiente y con alta constrictividad de ambientes, lo que elevaría la diversidad tipológica, la diversidad cromática y la calidad estética global del área.

4. Se localizaría a unos 300 metros de Las Palomas, por lo que sería fácilmente accesible para la mayor parte de los visitantes, y el transporte del pescado sería relativamente fácil.

5. Se encuentra a unos dos kilómetros del caserío de Los Mexicanos, cuyos pobladores podrían colaborar en la construcción, el mantenimiento y la vigilancia de la presa y sus alrededores.

6. Existe suficiente materia prima en las cercanías como para construir una cortina de enrocamiento.

Por lo anterior, se considera que la construcción de este pequeño embalse es viable, causaría poco impacto y mejoraría las condiciones actuales de potencial recreativo, así como la posibilidad de tener actividades asociadas con la pesca, actualmente inexistentes.

e. Desarrollo rural de La Concepción y fomento de la etnobotánica.

A pesar de que el caserío de La Concepción está en los límites externos de la zona de estudio, es conveniente realizar programas encaminados a elevar el nivel de vida de sus pobladores, ya que el funcionamiento de esta comunidad está íntimamente relacionado con la reserva.

Se ha determinado en los capítulos anteriores que la calidad de vida de La Concepción se encuentra en niveles bajos. Aunque en los últimos años ha habido tendencia a la mejoría, los habitantes continúan con algunas carencias básicas.

En primer lugar, es importante desarrollar el poblado para que logre ser autosuficiente, para ello es necesario realizar una estrategia económica para que este caserío no se convierta en un polo de atracción de las comunidades vecinas (como Llanos de Lafragua, Lafragua, Calera, Palo Grande, Joya de Lobos, Agua Colorada, etc.), ya que las condiciones geoecológicas de este sitio no son adecuadas para soportar un asentamiento humano de mayores dimensiones.

Una técnica que es posible aplicar en las inmediaciones de la comunidad para elevar el nivel económico y nutricional de los pobladores es la llamada "silvicultura tridimensional" (Sholto, 1974), desarrollada para terrenos inadecuados para agricultura (zonas montañosas, áreas erosionadas, semiáridas, bosques o selvas, etc.). Este término se asocia con el llamado "sistema agro-silvo-pastoril" y la "estrategia de uso múltiple" (Toledo, 1985), y consiste en la utilización de un "bosque granja" es decir, un sistema integral compuesto principalmente por comunidades forestales que sean aprovechables por sus productos madereros así como de sus frutos, semillas, aceites y otros productos que serían aprovechados como materias primas y como alimento para el hombre y el ganado.

Para llevar a cabo esta técnica es necesario efectuar un estudio de los árboles y arbustos potencialmente utilizables, así como el tipo de ganado potencial y el número de cabezas por hectárea que es capaz de soportar el ambiente sin transformar drásticamente o eliminar alguno de los componentes del paisaje, manteniendo (o si es posible mejorando) su estabilidad actual.

El género de los *Quercus* (encinos) es potencialmente aprovechable para diversos usos, por ejemplo las bellotas se pueden emplear para alimento de ganado, principalmente cerdos; los taninos de la corteza se emplean para la curtiduría de pieles; la madera sirve para tabloncillos pequeños y leña, etc.

Los mezquites (*Prosopis spp*) tienen un gran potencial de utilización, aunque la tradición mexicana no acostumbra su utilización integral y regular (sin embargo, el estado de Guanajuato es de los pocos en que se aprovecha la madera). Este género, al igual que otras plantas de la familia de las leguminosas, crea nódulos con bacterias en las raíces que asimilan el nitrógeno atmosférico y lo transfieren al suelo, elevando el contenido de este elemento.

Las vainas y las semillas de los mezquites son comestibles para el hombre y los animales, con un nivel de proteínas superior a los cereales y una cantidad importante de azúcares. Es posible realizar harina a partir de las semillas, también para consumo animal y humano. También las flores de la planta proporcionan miel de buena calidad. Las cortezas generan taninos que pueden emplearse para elaborar barnices y gomas. Con la madera se pueden hacer artesanías y tacones para zapatos.

Esta planta también tiene usos medicinales, ya que la corteza tiene algunas propiedades para combatir la disentería.

El mezquite puede crecer bajo condiciones limitadas de desarrollo edáfico, crece en un amplio rango de tipos de suelo, es resistente a los fenómenos meteorológicos adversos como las sequías y las altas temperaturas, es de gran longevidad ya que sigue fructificando a los 80 o 100 años de edad, y es de rápida dispersión. Algunos aspectos más profundos sobre la ecología de los mezquites pueden consultarse en el artículo de Bahre & Shelton (1993).

Es recomendable realizar la primera siembra en un vivero bajo condiciones adecuadas y con mantenimiento constante ya que es muy sensible en su primera etapa de desarrollo vegetal. Sin embargo, la planta crece rápidamente y a los 45 centímetros de altura se puede trasplantar al terreno definitivo. A los 18 o 20 meses de edad produce las primeras semillas, siendo ya redituable. Es conveniente realizar algunas medidas para que los retoños no sean comidos por roedores.

Se recomienda plantar los árboles cada 7.5 metros, obteniendo para un terreno de una hectárea un total de 125 árboles que en conjunto producen unas 50 toneladas de productos. (Sholto, 1974).

Existen dentro de la zona una gran variedad de plantas con usos potenciales de distinto tipo: medicinal, para leña, alimenticio, etc. En las siguientes líneas se describirán algunos usos de las principales plantas arbóreas y arbustivas de la cuenca (de acuerdo con Villacis, 1987 y Niembro, 1986).

Acacia farnesiana.

La madera del huilzache da leña de buena calidad, sirve para mangos de herramientas y utensilios caseros. La corteza tiene taninos que se pueden emplear para curtiduría de pieles, además que sirve para la fabricación de tinta y como astringente. Del tronco emana una sustancia que se emplea como sustituto de la goma arábiga. El jugo de las vainas sirve para pegar porcelana. Las flores contienen pigmentos y esencias aromáticas que pueden emplearse en la perfumería. El cocimiento de las flores sirve para el tratamiento de enfermedades como la dispepsia, la disentería, inflamaciones de la piel y membranas mucosas, entre otras. Ecológicamente, las acacias mejoran la calidad del suelo y controlan la erosión debido a que sus raíces alcanzan gran profundidad y estabilizan la capa edáfica. Su desarrollo puede efectuarse en la unidad III y en las áreas erosionadas de la unidad II.

Ainus acuminata y *A. jorullensis*.

Este árbol, conocido como aile, se encuentra de manera dispersa dentro de la cuenca sin llegar a formar comunidades. Proporciona madera de buena calidad, apta para construcciones menores, y puede obtenerse pulpa para papel. La corteza interna sirve como astringente y para elaborar colorantes. El cocimiento de la corteza ayuda para tratar enfermedades venéreas. Al igual que el huizache, el aile mejora la fertilidad de los suelos ya que fija nitrógeno. Es apto para las unidades I y II, en suelos con desarrollo moderado.

Arbutus xalepensis

El madroño proporciona madera adecuada para artesanías, muebles, chapas y elaboración de carbón. La corteza contiene taninos que son útiles para la curtiduría de pieles, además de que sirve como astringente y para tratamiento de la diarrea. Es apto para desarrollarse en las unidades I y II.

Arctostaphylos pungens

El arbusto de la pingülica tiene varias posibilidades de uso. El fruto contiene un alcaloide llamado arbutina, que tiene propiedades diuréticas. El cocimiento de las hojas y los frutos se utiliza para enfermedades del estómago, vejiga, próstata e inflamación de los bronquios. Su madera es adecuada para leña y carbón. Se presenta de manera dominante y alternada con los encinos en las unidades I y II y en la porción elevada de la unidad III.

Opuntia sp

El nopal, localizado principalmente en la unidad III, contiene un alcaloide llamado caclina, que actúa como estimulante cardíaco, incrementa la presión sanguínea, es un diurético indirecto, es laxante, y se usa también para inflamaciones de la vejiga. El fruto tiene propiedades nutritivas y jugos vegetales.

Quercus spp.

La mayor parte de los encinos de la zona de estudio proporcionan leña, carbón y madera de buena calidad, que se utiliza para la fabricación de durmientes, muebles finos y carpintería en general, chapas, mangos para herramientas, etc. La corteza contiene ácido tánico o tanino que se emplea en curtiduría. El cocimiento de la corteza sirve para enfermedades de la boca, hemorragias intestinales, estertores de los bronquios, es diurético, antiinflamatorio y sirve también como antídoto contra algunos envenenamientos.

f. Establecimiento de bancos de material para construcción.

Para el establecimiento de algunas de las acciones que se plantean en este apartado de acciones específicas es necesario contar con materia prima para la construcción de algunas obras, cuyos materiales pueden obtenerse directamente de la cuenca a costos económicos y ambientales relativamente bajos.

La determinación de los sitios para canteras requiere de estudios geológicos específicos, debiendo realizarse estudios petroquímicos y sondeos de percusión (Krinine, 1972). De una manera general, se considera que las rocas factibles para la construcción deben estar libres de grietas, textura uniforme (como la caliza o la arenisca), fuerte, firme y con una baja absorción de agua. Se recomienda que la roca tenga un peso específico de 2.6.

La altura de la cantera debe ser entre 0 y 10 metros debiendo realizarse un desmonte paulatino a medida que se expanda el banco de material. Se recomienda no usar explosivos violentos (a base de nitroglicerina) sino pólvora negra, la cual no tiene efectos ambientales tan drásticos como los explosivos. Debe procurarse construir un polvorín aislado y bien cuidado para almacenar la pólvora, con buena ventilación, en un lugar frío, lejos de los visitantes y con acceso restringido. El personal a cargo del polvorín debe tener experiencia en el manejo y transporte de los explosivos.

La mayor parte de las rocas de la cuenca son adecuadas para emplearse para material de construcción debido a sus características físicas y químicas. El requisito del peso específico se cumple con la andesita (PE 2.6), el granito (2.6), la caliza (2.64), y los metamórficos (2.77), aunque debe procurarse que estos materiales no se encuentren muy intemperizados o fracturados. En algunos lechos de los arroyos que tienen pequeñas terrazas, así como en material meteorizado de arenisca y granito es posible obtener arena y grava para complementar la obtención de los materiales para construcción.

La ubicación de los sitios para extracción de material no se citarán en este estudio debido a la carencia de datos petrográficos en diversos puntos del área. Solamente puede señalarse que debe ser en un sitio relativamente lejano a la zona de visitantes regulares, que tenga baja densidad de poblaciones animales y de vegetación natural y que se encuentre bien comunicado para facilitar la extracción de los productos. La porción occidental de las unidades II y III podrían ser sitios factibles para los bancos de material.

Finalmente, es necesario recalcar que los bancos de materiales constituyen un severo agente de alteración ambiental, por lo que deben controlarse bajo normas rígidas y emplearse únicamente para la construcción de infraestructura dentro de la reserva, evitando al máximo su utilización económica y la apertura masiva de sitios de explotación.

g. Manejo de desechos.

La práctica del ecoturismo en la región da lugar a algunos impactos importantes, como la movilización de la fauna silvestre, el apisonamiento del terreno, la merma en la regeneración natural de las especies vegetales, etc., aunque posiblemente uno de los impactos más significativos sea la generación de basura por parte de los visitantes.

En los sitios destinados al uso turístico intensivo (centro de visitantes, jardín botánico, senderos interpretativos, márgenes de la presa) deben ponerse basureros de manera continua, cada 0.25 hectáreas si es una superficie o cada 200 metros si es un trazo lineal. Estos basureros deben tener dos depósitos: uno destinado para basura inorgánica y otro para basura orgánica.

La basura inorgánica (vidrio, plástico, latas, papel, pañales, etc) se puede coleccionar y trasladar a Guanajuato mediante un acuerdo con el servicio de limpia del municipio. La basura orgánica, como cáscaras, frutas y cualquier material perecedero se puede procesar junto con las aguas y lodos residuales para fabricar composta (abono orgánico) que puede emplearse en los viveros, áreas reforestadas, o en las zonas agrícolas. También se puede construir un pequeño relleno sanitario con mallas plásticas impermeables para el depósito de los desechos.

El manejo de los desechos de la zona administrativa puede combinarse junto con la basura producida por los visitantes.

Se recomienda que el municipio de Guanajuato se haga cargo del control de la basura producida en el caserío de La Concepción, de manera independiente a la cuenca de interés.

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA CONSERVACION

h. Actividades de explotación y mantenimiento de recursos forestales.

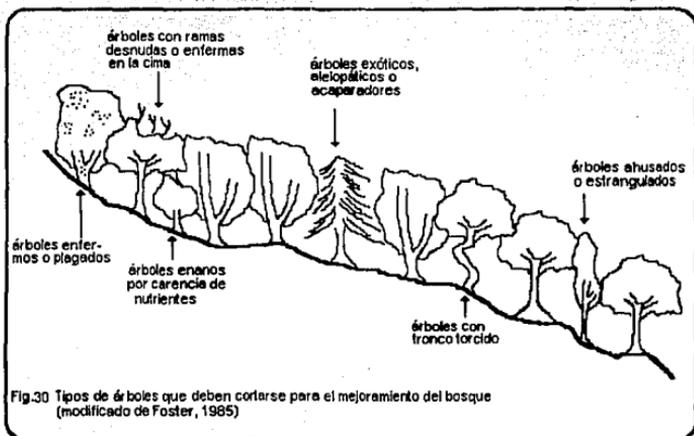
En el estudio de Manejo Integral Forestal elaborado en 1993 se señala que 600 hectáreas de bosques de encino son potencialmente explotables desde el punto de vista forestal. Sin embargo, estas 600 hectáreas representan el 38% de la superficie total de la cuenca y el 54% del área forestal, por lo que se considera que sería necesario reducir el área potencial de explotación. En primer lugar, la zona es altamente susceptible a la erosión, siendo necesario conservar la cubierta vegetal en el mayor grado posible, principalmente en las porciones elevadas de la cuenca. En segundo lugar, el bosque constituye un hábitat para un gran número de especies, que al verse amenazadas emigrarían hacia otros sitios. Finalmente, los objetivos del área protegida muestran el interés de preservar los recursos naturales de la zona, con algunas actividades económicas que causen un impacto mínimo.

Se recomienda emplear para fines de explotación forestal un máximo de 300 hectáreas en segmentos dispersos en la parte alta y media de la cuenca que tengan pendientes inferiores a 20 grados para evitar o reducir el desgaste potencial de los suelos. Deberán extraerse árboles con un fuste superior a 15 cm. de diámetro, sin emplear sierras eléctricas, realizando el corte de manera biselada a una altura de unos 30 cm. del suelo, bajo supervisiones regulares. De preferencia, se sembrarán cinco árboles por cada árbol cortado.

Debe evitarse al máximo los métodos de explotación de tala rasa y de árboles portasemillas, descritos en el Manual de Conservación de suelo y agua (1977) ya que dejan al suelo desprovisto de protección, incrementándose fuertemente el riesgo de erosión y la movilización de tierras. El método de cortas y repoblación de "árboles protectores" parece ser el más adecuado para la zona, ya que permite mantener una capa arbórea continua de edad diversa y le proporciona mayor resistencia frente a plagas y enfermedades.

Se permitirá, en ciertos sectores rotativos y supervisados, la extracción de productos forestales (taninos, resinas, frutos, tierra de hoja, leña, etc.) para el uso y el comercio local. De preferencia, la ubicación de estos sectores deberá hacerse en las márgenes de los caminos principales, en pendientes inferiores a 20 grados, y con una cobertura vegetal superior al 60%, con el objetivo de extraer fácilmente los productos sin causar gran impacto y permitir una supervisión regular. Se sugiere que la extracción se realice únicamente por los habitantes de Los Mexicanos, Puerto Barrientos y La Concepción, así como el personal administrativo de la reserva.

Deberán realizarse acciones continuas de mantenimiento de las masas forestales, como control de plagas y enfermedades, corta de malezas y plantas alelopáticas o de alta competitividad, corta de árboles inadecuados (enfermos, plagados, torcidos, ahorcados, etc, mostrados en la figura 30), control de incendios forestales, etc.



i. Estación climatológica y termopluviométrica.

Es necesario instalar al menos una estación climatológica y una estación termopluviométrica dentro de la reserva, con el fin de generar información climatológica y meteorológica específica y sistemática de la zona de estudio.

La estación climatológica podrá ubicarse a un costado de las oficinas administrativas actuales o del centro de visitantes, en un lugar amplio y alto con el fin de evitar obstáculos naturales o artificiales que pudieran afectar alguno de los parámetros climáticos. De preferencia, la estación deberá tener un radio de unos 15 metros (Torres, 1986)

La estación debe ser de un solo nivel, pintada de blanco para evitar sobrecalentamiento del edificio. Deberá estar compuesto de los siguientes aparatos: termómetro de temperatura ambiente, termómetro de six (empleado para ver las temperaturas extremas durante un día),

termógrafo (para registrar en una gráfica el comportamiento semanal de la temperatura), veleta y anemógrafo (empleado para medir la dirección y la velocidad del viento), evaporímetro y evaporómetro (empleados para medir la evaporación diaria), higrómetro e higrógrafo (para medir y registrar la humedad relativa), psicrómetro (para determinar la tensión real o parcial del vapor de agua), pluviómetro y pluviógrafo (empleado para medir la cantidad total de precipitación durante un día y su duración), heliógrafo (para medir la insolación diaria en horas), actinómetro (que mide la cantidad de la insolación) y un barómetro (empleado para medir la presión atmosférica); así como papel de registro de los aparatos que lo requieran.

Las estaciones termopluviométricas requieren menos espacio y menos aparatos que la estación climatológica. Se establece en un espacio pequeño (de unos 10 x 10 m.), bardeado y asegurado para evitar robos u otros actos de vandalismo. Esta estación se compone de un termómetro ambiente y uno de six y un higrómetro, dentro de una caseta elevada de madera pintada de blanco, y un pluviómetro, una veleta y un evaporímetro en el exterior.

A continuación se citan los lugares que podrían ser adecuados para establecer estas estaciones termopluviométricas. La ubicación planteada se basa en la accesibilidad del lugar, la posibilidad de obtener personal que realice las observaciones, y la posibilidad de monitorear distintos ambientes paisajísticos (ver mapa 2)

1. En los límites de la reserva, junto a La Concepción.
2. En las márgenes de la presa La Esperanza.
3. En la cumbre del cerro Guapillo o La Tapona.
4. En la parte central de la subcuenca de Los Melchors.

Se recomienda realizar para la estación climatológica tres observaciones diarias: a las 7 AM, a las 12 AM y a las 6 PM, con el fin de obtener la información básica a distintas horas del día y recabar la información del día anterior (de evaporación y precipitación). Para la estación termopluviométrica podría realizarse una sola observación, a las 8:00 AM

Es aconsejable realizar un cursillo de capacitación para el personal que va a realizar las observaciones (una o dos personas por estación). Los habitantes de La Concepción podrían responsabilizarse de estas observaciones, con el único requisito de saber leer o escribir y manejar algunas funciones aritméticas básicas.

La administración de la reserva sería la encargada de recopilar y procesar la información generada en las estaciones y realizar un banco de datos con la información climática. Posteriormente, podría enviarse a la Comisión de Aguas del Estado de Guanajuato y al Servicio Meteorológico Nacional.

Para un mayor detalle de los aparatos, su operación y su calibración se puede consultar a Torres Ruíz (1986).

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA RESTAURACION

j. Actividades de cultivo del bosque y reforestación.

Es necesario realizar algunos programas destinados a reforestar las zonas más erosionadas y las más deforestadas de la zona de estudio, además de repoblar continuamente las áreas que se empleen para actividades silvícolas. Estas medidas, efectuadas de manera adecuada, podrán reducir la erosión actual y potencial de la zona y reducir la velocidad de azolvamiento de los cuerpos de agua, principalmente la presa. Por otra parte, mejoraría el valor visual del área e incrementaría las posibilidades de hábitat de las especies animales silvestres.

La reforestación y el cultivo del bosque deben realizarse en los tres estratos vegetales típicos de los bosques templados: arbóreo, arbustivo y herbáceo.

Se recomienda que las especies a reforestar sean propias del área o con condiciones ecológicas muy similares a las originales de la región. En las líneas siguientes, se citarán algunas especies vegetales adecuadas para la reforestación del estrato arbóreo.

Los encinares, como ya se ha expuesto, constituyen la comunidad vegetal más desarrollada de la cuenca, siendo entonces el género *Quercus* una de las más recomendable para repoblar las áreas desprovistas de vegetación. Las especies más abundantes de la zona (*Quercus reticulata* (palo colorado), *Q. glabrescens* (palo blanco), *Q. mexicana* (palo prieto), *Q. laurina* (encino laurelillo), *Q. fulva* (roble colorado), el *Q. microphylla* (roble blanco) y el *Q. castanea* (bellota) serían las especies de encino más adecuadas para estas actividades.

Los pinares, a pesar de que no existen actualmente en la zona de estudio, encuentran condiciones aptas para su crecimiento, sin embargo, sería recomendable realizar experimentos previos para comprobar su desarrollo adecuado bajo las condiciones geoecológicas del área.

Perry (1991) realizó un estudio de los pinos de México y Centroamérica señalando las características fisiológicas y ecológicas para cada una de las especies de este género. De las 54 especies de pino reportadas por este autor para el país, 10 de ellas podrían adaptarse a las condiciones de la reserva considerando sus requerimientos ecológicos (fundamentalmente altitud, umbrales térmicos y pluviales, suelo y compatibilidad con otras especies) y su localización geográfica, es decir, aquellas especies que se localizan en la Sierra del Cubo, al norte de la Sierra de Guanajuato; en la Sierra Gorda de Guanajuato, al NE de la entidad; o en la vertiente norte de la Faja Transmexicana del estado de Michoacán.

El *Pinus ayacahuite* podría sembrarse en las porciones más elevadas de la zona de estudio (unidad I), ya que no toleran ni las sequías frecuentes ni el calor. Este pino se localiza naturalmente en los estados de Puebla y Tlaxcala, bajo condiciones climáticas similares a las de la Sierra de Guanajuato.

Otra especie adecuada para sembrarse en la porción alta (unidad I) es el *Pinus montezumae*, localizado ampliamente en la Faja Volcánica Transmexicana y en la Sierra Gorda de Querétaro. A pesar de encontrarse en un rango altitudinal entre 2000 y 3200 m.s.n.m. requiere entre 800 y 1000 milímetros anuales de precipitación, situación que prevalece en la cabecera norte de la cuenca.

Para la unidad II podría emplearse el *Pinus lumholtzii*, que se localiza al SW y al NE del estado de Guanajuato. Crece principalmente sobre laderas de montañas, entre 1600 y 2400 metros s.n.m., y con requerimientos pluviométricos inferiores a 600 milímetros, por lo que su siembra podría limitarse a los alrededores de la presa.

Adecuado para las condiciones de toda la cuenca, el *Pinus oocarpa* requiere de laderas con suelos bien drenados y una precipitación entre 500 y 1000 mm. Su amplio rango de distribución a nivel nacional se asocia con la poca exigencia de condiciones ecológicas determinadas, por lo que es muy posible su desarrollo en esta porción de la sierra.

El *Pinus michoacana*, localizado naturalmente en el centro de Michoacán y en el noreste de Guanajuato es otra especie adecuada a condiciones templadas y semicálidas, por lo que es recomendable su implantación en la porción centro y sur de la cuenca (unidades II y III); además que regularmente crece entre 1500 y 2500 metros s.n.m.

Ubicado en Querétaro e Hidalgo, el *Pinus pinceana* se desarrolla en condiciones semisecas y semicálidas, en ambientes rocosos, asociados generalmente con *P. cembroides*. A pesar de que la amplitud de su distribución natural es reducida y dispersa, podría sembrarse con buenas posibilidades en la porción sur de la cuenca (unidad III).

El *Pinus cembroides* es probablemente la especie con mayores posibilidades de regeneración en la reserva, principalmente en la porción centro y sur de la cuenca. Su amplia distribución a nivel nacional, predominantemente en climas semiáridos, sus escasos requerimientos ecológicos (fundamentalmente laderas rocosas) y su alta resistencia a las sequías y al calor lo hacen apto para la reforestación, en las unidades II y III. Tiene amplias posibilidades de utilización ya que este pino produce piñones.

El *Pinus leiophylla*, localizado en gran parte de la Faja Volcánica Transmexicana, requiere de climas templados y semicálidos, una precipitación entre 600 y 1000 milímetros, suelos profundos y bien drenados, por lo que es adecuado para establecerse en la cuenca media y baja (unidades II y III), en las porciones con cierto desarrollo edáfico.

Otra especie de pino adecuada para toda la zona es el *Pinus teocote*, con una amplia distribución en el centro de México, incluyendo el noroeste y noreste de Guanajuato. Se adapta a condiciones de laderas rocosas en un rango altitudinal entre 1000 y 3000 metros s.n.m.

Finalmente, el *Pinus lawsoni* podría desarrollarse en la porción sur de la cuenca (unidad III) ya que crece a partir de los 18 grados (es decir, en el extremo térmico de la reserva), aunque sus requerimientos de humedad (entre 600 y 1500 mm.) y de altitud (1300-2500 m) son más adecuados para la zona. Son resistentes a las sequías, y altamente compatibles con otras especies. De manera natural, se encuentra en el centro y norte de Michoacán.

A manera experimental, podrían introducirse el *P. pseudostrobus*, el *P. rudis* y el *P. maximinoi* únicamente en la porción más alta de la sierra, ya que sus requerimientos mínimos de precipitación son de 1000 milímetros anuales (según Perry, op.cit) aunque es muy posible que se desarrollen adecuadamente ya que tienen otros requerimientos ecológicos similares a las de estas unidades y podrían tolerar el pequeño déficit de agua. Sin embargo, es necesario realizar experimentos para comprobar su adaptación al medio, previendo alguna reforestación infructuosa.

Es posible sembrar en esta zona árboles de otros géneros, como el alie (*Alnus spp*), el madroño (*Arbutus xalapensis*) y el cedro (*Cupressus spp*), con buenas posibilidades de regeneración.

En general, las especies de madera dura y hoja ancha requieren de mayores cuidados para la reforestación que las coníferas (USDA, 1987), siendo necesario, en ocasiones, aplicarles fertilizantes y mejorar las condiciones del relieve local y del suelo.

En la siguiente fotografía se muestra un retoño de una planta de pino.



Foto 10. Plántula de pino empleada en la reforestación de una zona erosionada, en las cercanías de La Concepción (foto de S. Nolasco)

Se recomienda también que la reforestación se realice con especies arbustivas y herbáceas propias de la reserva, para obtener una estructura de la vegetación más similar a la original y mayor potencial de utilización. Como especies arbustivas potenciales pueden sembrarse las

señaladas en el inciso 2.2. Debe impulsarse la siembra de pastos para estabilizar algunas laderas, sobre todo las que presentan mayor movimiento de partículas. Hasta ahora, el pasto denominado "kikuyo" ha tenido buena propagación en la zona.

Para la reforestación es importante considerar los niveles de compatibilidad entre las especies que se van a sembrar y las especies originales, ya que pueden darse casos de alelopatía (como el eucalipto o el pirul) que impiden el desarrollo adecuado de otras especies. En el caso de los pinos citados, son compatibles entre ellos y con los encinos propios de la zona.

La distancia recomendada por el USDA (op cit) para plantar los árboles es cada 1,80 metros, y de 0,60 m. para los arbustos. De este modo, las plantas no tendrán excesiva competencia por el agua y los nutrientes y habrá suficiente espacio para su desarrollo óptimo.

Debe evitarse al máximo la introducción de especies arbóreas exóticas, originarias de otros países, como el eucalipto, el pirul, la casuarina, la araucaria, etc., ya que son plantas altamente competitivas que limitan la regeneración de otros géneros y en algunos casos la formación de suelo.

La reforestación debe realizarse mediante cepas individuales o terrazas individuales en las porciones más erosionadas o empinadas. En la siguiente figura se ilustra un ejemplo de una terraza individual, tomada del Manual de Conservación del suelo y agua (1977), misma que se ha construido en las cercanías de La Concepción con buenos resultados.

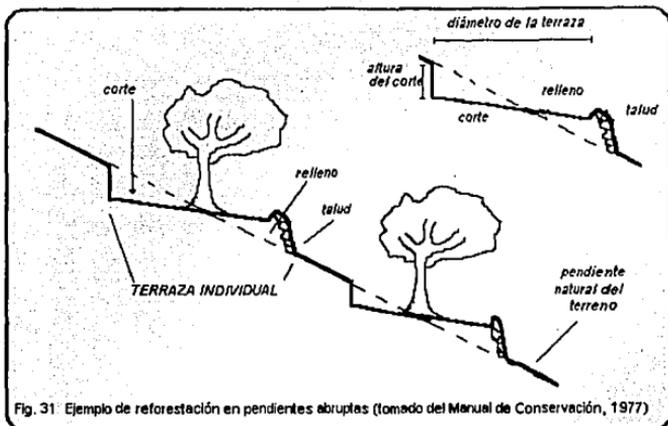


Fig. 31 Ejemplo de reforestación en pendientes abruptas (tomado del Manual de Conservación, 1977)

Este método permite aprovechar al máximo el agua disponible por escurrimiento, reduciendo la erosión y fomentando la formación de suelo a largo plazo. Tiene la desventaja de su alto costo o mano de obra, aunque pueden realizarse de manera manual con menor espaciamiento y aprovechando la roca adyacente para construir los taludes de las terrazas. El espaciamiento entre las terrazas debe ser de unos 10.5 metros para una pendiente de 20% y un intervalo vertical de 2.13 metros (USDA, 1987)

La creación de un mayor número de presas de gabiones, como la que se señala en la fotografía 11, puede ayudar a disminuir la erosión, principalmente en las zonas inmediatas a La Concepción. Una vez colmatadas las presas, deberán reforestarse para aminorar la pérdida potencial de suelos por acción hídrica.

Conviene mencionar que, para que una plantación forestal se considere exitosa deberán germinar y crecer al menos un 70% de las plántulas sembradas, y podrán constituir una comunidad bien desarrollada después de varias generaciones, aunque tendrán una producción inferior y de menor calidad que las masas forestales naturales. La reforestación puede realizarse manualmente (con la siembra y trasplante de plántulas a partir de un vivero) o naturalmente, mediante la dispersión de semillas a partir de árboles padres.



Foto 11. Presas de gabiones empleadas para aminorar los niveles actuales de pérdida de suelos, en las cercanías de La Concepción (foto de S. Nolasco)

ACTIVIDADES ASOCIADAS CON LA PROTECCION

k. Zona intangible.

Se propone que la subcuenca alta del arroyo La Taponas se utilice únicamente para vida silvestre con acceso limitado únicamente para la investigación (ver mapa 2)

Esta zona es la que presenta los mayores grados de cobertura vegetal, mínimamente alterada, con escasas vías de comunicación, y con la mayor población de fauna silvestre de la zona (principalmente aves y mamíferos mayores). Esta subcuenca constituye una de las zonas con mayor riqueza biológica en toda la Sierra de Guanajuato, por lo que es conveniente protegerla ampliamente.

Esta área no deberá estar cercada para no impedir el movimiento de la fauna, sin embargo deberá estar vigilada para limitar o impedir la presencia de visitantes que pudieran efectuar disturbios en el área.

Se podrán hacer visitas guiadas con fines científicos (principalmente observación de aves y hábitos de otros animales), bajo normas estrictas y con citas previas. Los grupos deberán ser pequeños y las visitas al área poco frecuentes.

En la parte norte de esta subcuenca se podrá instalar el centro de investigación, que se explicará a continuación con mayor detalle.

1. Centro de investigaciones geocológicas.

Las condiciones físicas generales de la cuenca de La Esperanza le confieren una importancia particular a nivel estatal debido a los fuertes índices de modificación humana, prácticamente en toda la entidad. La cuenca, principalmente en su porción central, mantiene una estructura, un funcionamiento y una dinámica cercana a la original dentro de un ambiente sumamente frágil y de alta geodiversidad como es la montaña. Los estudios e investigaciones sobre el medio natural (llámese paisaje o medio ambiente) se encuentran prácticamente inexistentes en el estado por la escasez de áreas protegidas y de áreas conservadas; por lo que la cuenca de La Esperanza constituye una zona óptima (junto con algunas porciones de la Sierra Gorda, en el extremo nororiental del estado) para la realización de investigaciones en torno a geocología de montañas debido a sus condiciones físico-geográficas, su cercanía con la capital estatal y su fácil accesibilidad.

El funcionamiento de este centro de investigación se puede realizar a dos niveles temporales: uno a mediano plazo y otro a largo plazo. El proyecto a mediano plazo consistiría en montar un centro con infraestructura y servicios indispensables, y tendientes a estudiar y preservar los paisajes naturales actuales y el análisis de los impactos ambientales provocados durante los primeros años por las actividades ecoturísticas y forestales, así como las tendencias de comportamiento futuro, determinándose las posibilidades para aminorar las presiones internas y externas.

Una segunda actividad importante es el análisis del potencial etnobotánico de todas las especies florísticas del área de estudio y sus posibilidades de aprovechamiento. La tercera, y no menos importante, sería el inventario, monitoreo y manejo de las especies faunísticas de la cuenca, principalmente aquellas especies que se encuentran en peligro de extinción o amenazadas (águila, agullilla, zorra, venado de cola blanca, lince, etc.). Finalmente, podría estudiarse la dinámica de la erosión en los lugares más problemáticos.

Para el establecimiento del centro, en esta primera fase, se podría emplear el edificio administrativo actual (El Secreto del Bosque), y transferir las oficinas hacia Las Patomas.

Una segunda fase del centro, que podría construirse a largo plazo, es un edificio de una sola planta y una torre de observación, destinado únicamente a investigaciones de tipo geoecológico para ambientes de montaña, y en cierto momento podría ser un organismo que controlara la información ecológica a nivel estatal. Se recomienda que se ubique a la entrada de la zona intangible de la cuenca, de modo que tenga un control de los accesos y puedan realizarse observaciones y monitoreo en los sitios de menor perturbación.

Las actividades que se han mencionado constituyen únicamente algunas ideas posibles para efectuarse dentro de la zona de estudio, siendo factible un mayor número de acciones, métodos, estudios, personal, etc., que se puede proponer en la medida que se conozca más a fondo el área de estudio, además de tomar en cuenta algunos ensayos y comentarios con los visitantes de la cuenca.

Finalmente, las actividades relativas a la instrumentación y gestión de la cuenca deberán realizarse por las autoridades estatales y municipales, en colaboración con la administración de la reserva y los habitantes de los caseríos aledaños a la zona.

CONCLUSIONES

La geografía del paisaje, como se ha explicado en el desarrollo del trabajo, constituye una importante base teórica y metodológica que podría emplearse masivamente para estudios integrales del medio natural y humano, y para el planteamiento de propuestas de planificación territorial u ordenamiento ecológico. La propuesta metodológica realizada en esta tesis para este tipo de estudios señala algunos elementos que aún no se han considerado en los programas nacionales de ordenamiento, por ejemplo, el análisis de los riesgos naturales, el análisis multivariable de los geocomponentes y los geocomplejos, el establecimiento de las relaciones horizontales, el funcionamiento, la dinámica y las tendencias evolutivas; la aptitud y eficiencia geoecológica, el análisis tipológico de las unidades, etc.

Aún existe una relativa juventud de los estudios Integrales del espacio geográfico y la planificación, por lo que persisten muchas deficiencias que se mejorarán con el tiempo y la experiencia de los profesionales en el campo del medio ambiente y la geografía. Algunos de los conceptos recientes se manejan de manera teórica sin una aplicación práctica, medible, cartografiable o verificable en los estudios concretos, o bien se encuentran integrados dentro del marco metodológico general sin ninguna particularización.

Los ambientes de montaña, de gran importancia en el país por sus características de geodiversidad y biodiversidad, funcionalidad, dinamismo, importancia económica e histórica, etc., se encuentran aún mínimamente estudiados y prácticamente sin estudios de evaluación integral. En el desarrollo de esta tesis, se ha intentado realizar una metodología para efectuar el análisis y la evaluación de los paisajes de montaña para el caso concreto de la cuenca de La Esperanza, Guanajuato. En el caso analizado, pudo aplicarse la metodología propuesta casi en su totalidad, sin embargo, aún es posible profundizar en algunos aspectos, como mayor detalle de la cartografía, mayor número de análisis de suelos en laboratorio, planteamiento de escenarios alternativos, etc.

La estructura vertical del área de estudio se manifiesta de una manera muy compleja y multifactorial, ya que el relieve, el clima, las condiciones edáficas y la vegetación son los principales elementos que condicionan la estructura global del área, sin menospreciar el papel del agua y la fauna como elementos complementarios. A pesar de estar catalogada actualmente como área natural protegida, se presenta una importante relación con las

actividades humanas que tuvieron influencia sobre esta área en los siglos pasados y que ocasionaron sucesiones vegetales, cambios florísticos, reducción de la biodiversidad animal, e inestabilidad de vertientes, entre otras consecuencias.

Pudo constatar que a pesar de las reducidas dimensiones de la cuenca, se presenta una serie importante de contrastes, tanto bióticos como abióticos, que son comunes dentro de los paisajes de montaña de las zonas templadas y semicálidas; y que dió lugar a la generación de un número inicial de 20 unidades de paisaje, mismos que aún podrían subdividirse a acuerdo a sus condiciones particulares (cambios en la tonalidad del color del suelo, diferencias en especies del género *Quercus* asociadas con su ecología, abundancia relativa de fauna silvestre, microformas, afloramientos litológicos específicos, anomalías geofísicas o geoquímicas, etc.), que podría aplicarse para otro tipo de estudios más específicos.

Se realizó la evaluación del área de estudio tomando como base una matriz semicuantitativa que reunió las condiciones de los geocomponentes y los geocomplejos del área. Se conduyó que la zona de estudio se encuentra en buenas condiciones generales en la porción alta y media de la cuenca (unidades I y II) salvo un área fuertemente erosionada ubicada en el extremo occidental del área. La porción baja (unidad III) se encuentra bajo condiciones inestables y con fuerte deterioro debido a la sobreutilización del terreno durante el siglo pasado.

Finalmente, se elaboró un plan inicial de ordenamiento ecológico de la zona de estudio. Se establecieron las políticas ambientales que podrían aplicarse para la zona, notándose que la mayor parte de las unidades deben emplarse para conservación, aunque también existen unidades con potencial de aprovechamiento (silvícola y ecoturística), de protección, y algunas unidades que requieren de restauración mediante medidas contraerosivas y reforestación.

Se establecieron las unidades de gestión ambiental con base en la estructura horizontal, su evaluación y la política ambiental sugerida; determinándose de este modo el mapa de estrategia de ordenamiento ecológico, los usos propuestos para cada unidad, y algunas posibles acciones que pudieran desarrollarse sobre la zona.

Pudo apreciarse que la zona muestra un gran potencial desde el punto de vista etnobotánico, ya que se presentan una gran variedad de plantas de todo tipo (arbóreas, arbustivas y herbáceas) con posibilidades de uso artesanal y medicinal, que explotadas mediante supervisión podrían constituir una fuente extra de recursos para los habitantes de las localidades contiguas a la cuenca. Otra actividad con gran potencial es la práctica del ecoturismo, que sería una

importante fuente de ingresos para la administración de la reserva permitiendo así la práctica de acciones de mejoramiento, vigilancia y servicios al visitante, además de generar recursos financieros para pagar los salarios de los trabajadores.

La explotación forestal deberá realizarse únicamente como una actividad complementaria y bajo supervisión constante, impidiendo la deforestación excesiva que deje el suelo descubierto, la devastación provocada por la tala en áreas poco perturbadas y la participación directa de empresas ajenas al área.

Las condiciones naturales de la cuenca, su diversidad física y biológica representativa a nivel estatal y el estatus de la cuenca como área natural protegida le proporcionan una vocación especial para la investigación de los procesos que ocurren dentro de los límites, y podría servir como un centro de experimentación para la restauración y el mejoramiento geocológico de un gran número de sistemas montañosos dentro y fuera del estado. El área proporciona una gran fuente de investigaciones de todo tipo (zoológico, edafológico, hidrológico, geomorfológico, hidrológico, paisajístico-ambiental, etc.) que podrían profundizarse en trabajos posteriores.

Se propone que con las propuestas señaladas en el cuarto capítulo la reserva funcione de manera autosustentable, de modo que las actividades económicas que se desarrollen dentro de los límites generen ingresos para realizar otras acciones, sobre todo las de restauración que por lo general tienden a ser las más costosas. La mayor parte de los recursos necesarios para llevar a cabo estas actividades, como la roca para cimentaciones, agua, leña, madera, etc., provienen de la misma reserva.

A pesar de que no se efectuó el análisis costo-beneficio para las acciones propuestas, se cree que éstas tienen un beneficio favorable a mediano y largo plazo, debido a que el turismo puede generar ingresos significativos que redundarían en un manejo más adecuado de la cuenca sin la necesidad de requerir ingresos o subsidios externos de manera absoluta.

Hasta el momento, la Cuenca de La Esperanza constituye uno de los pocos relictos de vegetación con buen estado de conservación dentro de Guanajuato. Las autoridades estatales y la administración de la reserva han demostrado interés para que esta reserva pueda mantener sus recursos actuales y proporcionar una fuente de ingresos para los habitantes de las poblaciones inmediatas, sin embargo, aún es necesaria una mayor participación de las autoridades para que esta zona pueda funcionar de manera óptima. Por ejemplo, si se

incentivara el incremento de los servicios en La Concepción, se produciría una menor presión sobre los recursos naturales de la reserva.

Es importante también destacar la importancia del ordenamiento ecológico como un instrumento eficaz para la planificación territorial, siendo necesario y urgente una mayor participación de las autoridades para realizar programas de ordenamiento estatales, municipales, locales y sectoriales, así como una búsqueda de una conciencia ambiental de la población para que pueda colaborar en la instrumentación de estos programas.

Por último, es necesario fomentar una conciencia en el individuo en torno a sus necesidades reales y prácticas, sobre su espacio circundante y sobre su mismo ser. En cierta manera, el análisis, la evaluación y el ordenamiento o planeación, pueden ser aplicados para el hombre mismo.

El paisaje, en su ámbito científico o artístico, refleja también una complejidad y una perfección en las interacciones hombre-naturaleza que son un tanto difíciles de comprender. Seguramente, el Creador nos siga enseñando más de la creación y de sus propósitos en este mundo por algún tiempo más...

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilera Herrera, Nicolás. 1989. Tratado de edafología de México. Tomo I. Fac. de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 222p.

Arcia, Miriam. 1985. El bosque y el medio ambiente (mapa). Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección de Medio Ambiente. Clave XXIII.1.1, No. 5. Escala 1:2,000,000. Instituto de Geografía. La Habana, Cuba.

Avila Sanchez, Héctor. 1983. La industria como factor de integración regional en el Bajío, Guanajuato. Tesis de Licenciado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México, D.F. 342p.

Bahre, Conrad & M.L. Shelton. 1993. Historic vegetation change, mezquite increases and climate in southeastern Arizona. Journal of Biogeography. Vol. 20 No. 5. Sept. 1993. Blackwell Scientific Publishers. pp. 489-504.

Bauer, L.I. & Krupa, S.V. 1990. The Valley of Mexico: Summary of observational studies on its air quality and effects on vegetation. Environment Pollut. Elsevier Science Publishers, Great Britain. pp.109-118.

Benkovi, Lakdhar. et.al. 1993. Soil loss as affected by different combinations of surface litter and rock. Journal of Environmental Quality. Vol. 22. No. 4. Oct-Nov. 1993. ASA. Madisson, Wi., USA.

Bolós y Capdevila, María. 1992. Manual de la Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones. Masson, S.A. Barcelona, España. 273p.

Bojórquez Tapia, Luis Antonio. 1993. Escenarios alternativos. Curso de capacitación en materia de ordenamiento ecológico. PIMADI-SEDESOL. México, D.F. pp. 1-16.

Cervantes Borja, Jorge. La investigación geosistémica en los estudios del medio natural. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 1979.

Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de conservación del suelo y el agua. Chapingo-SARH-SPP. Chapingo, México. 584p.

Coughenour, Michael & James E. Ellis. 1993. Landscape and climatic control of woody vegetation in a dry tropical ecosystem: Turkana District, Kenya. Journal of Biogeography. Vol. 4 No. 2C. July 1993. pp. 383-398.

Darlington, P. 1957. Zoogeography: the geographic distribution of animals. Wiley. New York, USA.

De la I. de Bauer, Ma. de Lourdes y Hernández, Tomás. 1986. Contaminación. Una amenaza para la contaminación en México. Colegio de Postgraduados. Centro de Fitopatología. Chapingo, México. 84p.

Elizondo del Castillo, Napoleón. 1992. Plan de manejo integral forestal. Predio: Cuenca de la presa La Esperanza, propiedad del Gobierno del estado de Guanajuato. Inédito.

Foster, Albert. 1985. Métodos aprobados en conservación de suelos. Ed. Trillas. 4ª edición. México, D.F. 411p.

Forman, Richard & Godron, Michael. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons. USA. 617p.

Fundación Ecológica de Guanajuato, A.C. 1993. Avifauna de la Sierra de Santa Rosa, Gto. Inédito.

García de Miranda, Enriqueta. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. p.110.

García-Ruiz, José M. 1990. La montaña: una perspectiva geocológica. en: Geoecología de las áreas de montaña, Geoforma Ediciones. Logroño, España. pp 15-31

Gerrard, John. 1990. Mountain environments: an examination of the physical geography of mountains. The MIT Press. USA. 317 p.

González Bernáldez, F. 1981. Ecología y paisaje. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 255p.

Guerra Peña, Felipe. 1980. Fotogeología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 337p.

INEGI. Carta Topográfica, Geológica, Edafológica, Uso del Suelo y Uso Potencial. Escala 1:50,000. Clave F14C43 Guanajuato. México, D.F.

Izaquime Mendoza, Miguel y Eduardo Domínguez. 1984. Actualidad y geografía del municipio de Guanajuato. Ediciones del H. Ayuntamiento de Guanajuato, 2a. ed. Guanajuato, Gto. 170p.

Juvik, James O. et.al. 1992. Altitudinal resource zonation versus vertical control: land use conflict in two hawaiian mountains. Mountain Research and Development. Vol. 12 No. 3. University of California Press. pp. 211-226

Krinine, D.P. y W.R. Judd. 1972. Principios de geología y geotecnia para Ingenieros. Ed. Omega. Barcelona, España.

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Ed. Porrúa. Col. Leyes y Códigos de México. México, D.F. 1993.

Martínez, Maximino, 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1220p.

Martínez Reyes, Juventino. 1992. Mapa geológico de la Sierra de Guanajuato. Esc. 1:100,000. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Mateo Rodríguez, José. 1984. Apuntes de Geografía de los Paisajes. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana, Cuba. 467 p.

Mateo Rodríguez, José. 1991. Geoecología de los Paisajes. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. Inédito.

Niembro Rocas, Anibal. 1986. Arboles y arbustos útiles de México. Limusa-SARH. México, D.F. 206p.

Parent, Guy et al. 1993. La cartografía ecológica: del análisis espacial al análisis de paisaje. Ministère de l'Environnement du Québec. Sainte-Foy, Québec, Canadá. 46p.

Pérez Gil, Ramón G. 1979. Impacto ambiental: una importante aplicación en ecología. Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 66p.

Perry, Jesse. 1991. The pines of Mexico and Central America, Timber Press. Portland, Oregon. USA. 231p.

Ribas Vilàs, Jordi. 1992. Análisis y diagnosis. en: Manual de la Ciencia del Paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones. (Cap. 11 y 12). Masson, S.A. Barcelona, España. 273p.

Richter, Michael. 1992. Methods of interpreting climatological conditions based on phytomorphological characteristics in the cordilleras of the Neotropics. Plant research and development. Vol. 36. Institut für Wissenschaftliche Zusammenarbeit. Germany. pp.89-114.

Rodríguez, José Carlos. 1985. Evaluación de los paisajes del municipio Buey Arriba, Sierra Maestra, Cuba. Tesis de Diploma. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba.

Rzedoswsky, Jerzi. 1981. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. 181p.

Sánchez, Roberto y Cardoso, Teresa. 1993. Zonamiento ambiental: una estrategia de ordenamiento de la diversidad paisajística territorial. Resúmenes del Taller Internacional sobre ordenamiento geocológico de los paisajes. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. pp.74-75.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología. México, D.F. 355p.

Secretaría de Programación y Presupuesto. s/f. Síntesis geográfica del estado de Guanajuato. México, D.F.

Salinas Chávez, Eduardo. 1992. Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional en Cuba. Tesis de Doctorado en Ciencias Geográficas. Facultad de Geografía. La Habana, Cuba.

Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura (USDA). 1987. Manual de conservación de suelos. Ed. Limusa. México, D.F. 332p.

Sholto Douglas, James. 1974. Agricultura de rescate de suelos: silvicultura tridimensional. en: Agricultura y medio ambiente. Oficina de educación Iberoamericana. Serie X Temas de Impacto. UNESCO. Barcelona, España.

Toledo, Víctor et al. 1985. Ecología y autosuficiencia alimentaria. Siglo XXI Editores. México, D.F. 118p.

Tricart, Jean & A. Calleux. 1972. Introduction to climatic geomorphology. Longman. London, G.B. 295p.

Tricart, Jean y Killian, Jean. 1982. La eco-geografía y la ordenación del medio natural. Ed. Anagrama. Barcelona, España. 288p.

Torres Ruiz, Edmundo. 1986. Agrometeorología. Ed. Diana. 3a. edición. México, D.F. pp. 9-38

Udvardi, Miklos D. 1970. Dinamic zoogeography, with special referenc to land mammals. Van Nostrand Reinhold. New York, USA.

Viera Madeiros, Rosa y Antune, Dirce. 1993. La transformación del paisaje del SW de la Campaña Gaucha y su desarrollo económico-social. Resúmenes del Taller Internacional sobre ordenamiento geocológico de los paisajes. Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, Cuba. pp.36-38.

Villacis R., Luis. 1978. Plantas medicinales de México. Edit. Epoca. México, D.F. 165p.

Weyman, Darrell & Weyman, Valerie. 1979. Landscape processes, George Allen & Unwin. London, G.B.95p.

Wiese, Bernd. 1988. Environment, changing land use, and planning in the mountain and highlands of Southeastern Africa. Mountain Research and Development. Vol. 8 No. 4. University of California Press. pp. 315-320.

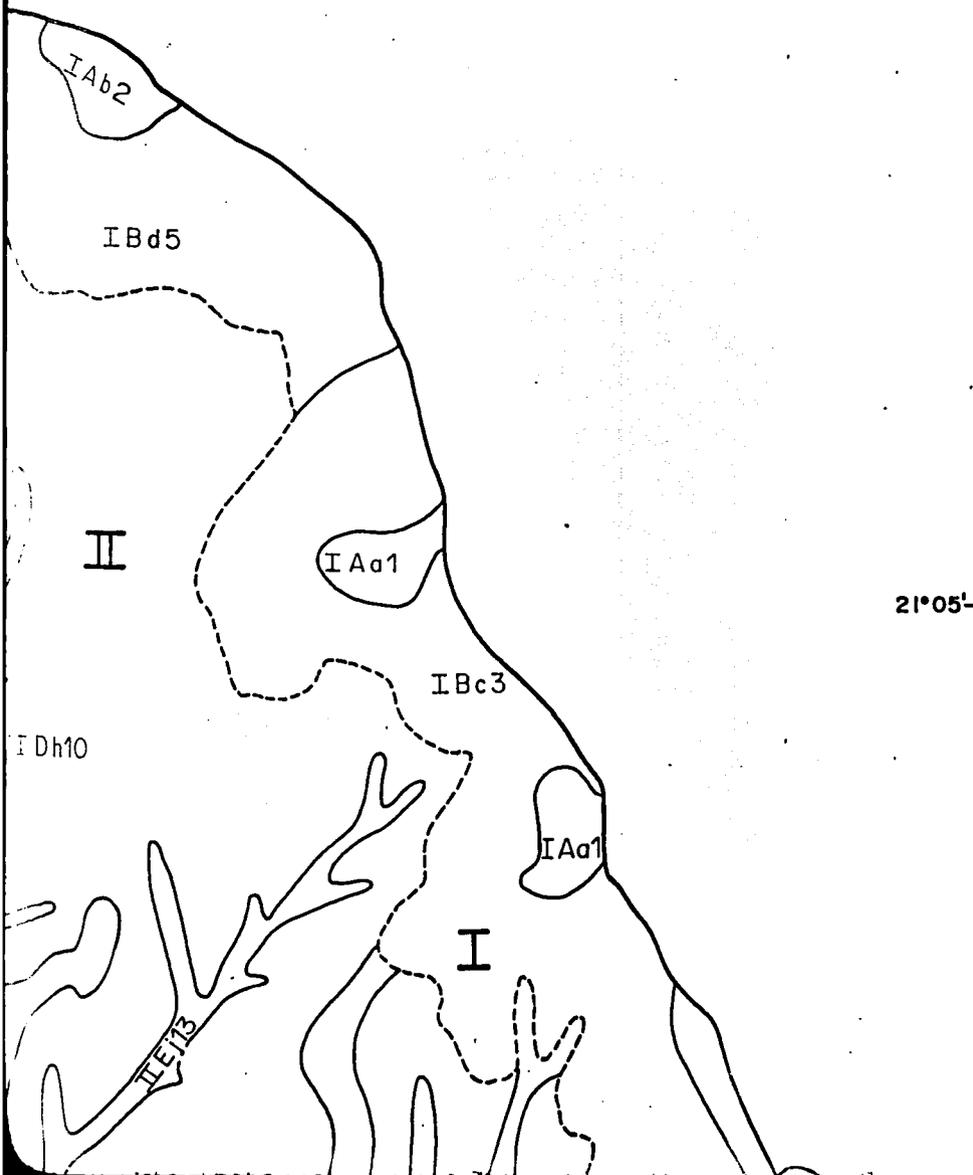
Wilson, John & Joseph Serey. 1994. Erosional impact of hikers, horses, motorcycles and off-road bicycles of mountain trails in Montana. Mountain Research and Development. Vol. 14 No. 1. University of California Press. USA, pp. 77-88.

Zimmerer, Karl S. 1992. Biological diversity and local development "popping beans" in the Central Andes. Mountain Research and Development. Vol. 12 No. 1. University of California Press. pp. 47-61.

Zuidam, Robert A. van der. 1986. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Smith Publishers. The Hague, Neth. 442p.

FALLA DE ORIGEN

101°13'



AREA NATURAL PROTEGIDA "CUENCA DE LA ESPERANZA", GTO"

MAPA DE PAISAJES

Unidades de 1°orden	Unidades de 2°orden	Unidades de 3°orden	Unidades de 4°orden
I. Montañas altas, superiores a 2500 m., de clima templado-semifrio subhúmedo, con suelos someros y bosque de encino.	A. Cimas	a. Cimas de material riolítico terciario, con suelos someros. (Luviales y litosoles)	1
		b. Cimas de material vulcano-sedimentario de edad mesozoica, con suelos rojos con desarrollo medio (Luviales oxicos)	2
	B. Laderas	c. Laderas de material vulcano-sedimentario de edad terciaria con suelos someros	3,4
		d. Laderas de material vulcano-sedimentario de edad mesozoica con suelos de desarrollo medio	5
II. Montañas medias (2000-2500 m), de clima templado subhúmedo, con suelos someros y bosques dispersos de encino.	C. Cimas	e. Cimas erosionadas de material tonalítico	6
		f. Cimas de material indiferenciado con suelos someros y medios	7
	D. Laderas	g. Laderas erosionadas de material indiferenciado	8,9
		h. Laderas de material indiferenciado con suelos someros	10,11
	E. Valles	i. Valles erosionados de material indiferenciado	12
		j. Valles de material indiferenciado de edad mesozoica, con suelos de desarrollo moderado	13
III. Montañas medias (2200-2400m), de clima templado semiárido, con suelos someros y matorral xerófilo.	F. Cimas	k. Cimas erosionadas de material indiferenciado de edad mesozoica	14
	G. Laderas	l. Laderas de material metamórfico con suelos someros (Litosoles)	15, 16, 17, 18
		m. Valles de material metamórfico con suelos someros (Litosoles)	19
	H. Valles	n. Ambientes acuílicos	20

UNIDADES DE CUARTO ORDEN

1. Cimas redondeadas de las montañas altas, de constitución riolítica, con suelos someros y bosque de encinos con matorral de pinguica
2. Cimas de las montañas altas, de constitución vulcano-sedimentaria, con suelos rojos de desarrollo medio y bosque de encinos conservado.
3. Laderas de pendientes fuertes, de constitución volcánica, con suelos someros y bosque de encinos con matorral de pinguica

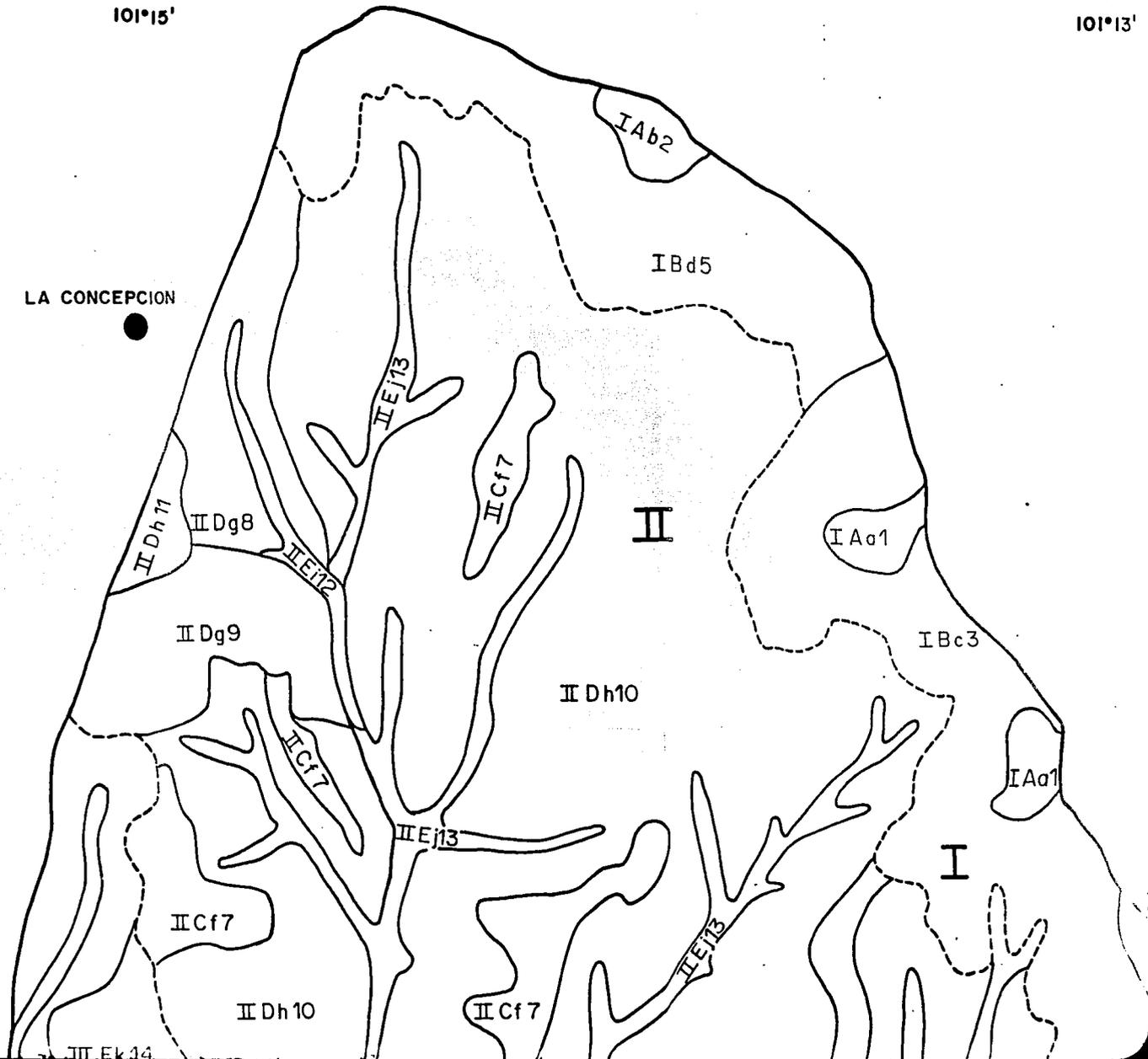
101°15'

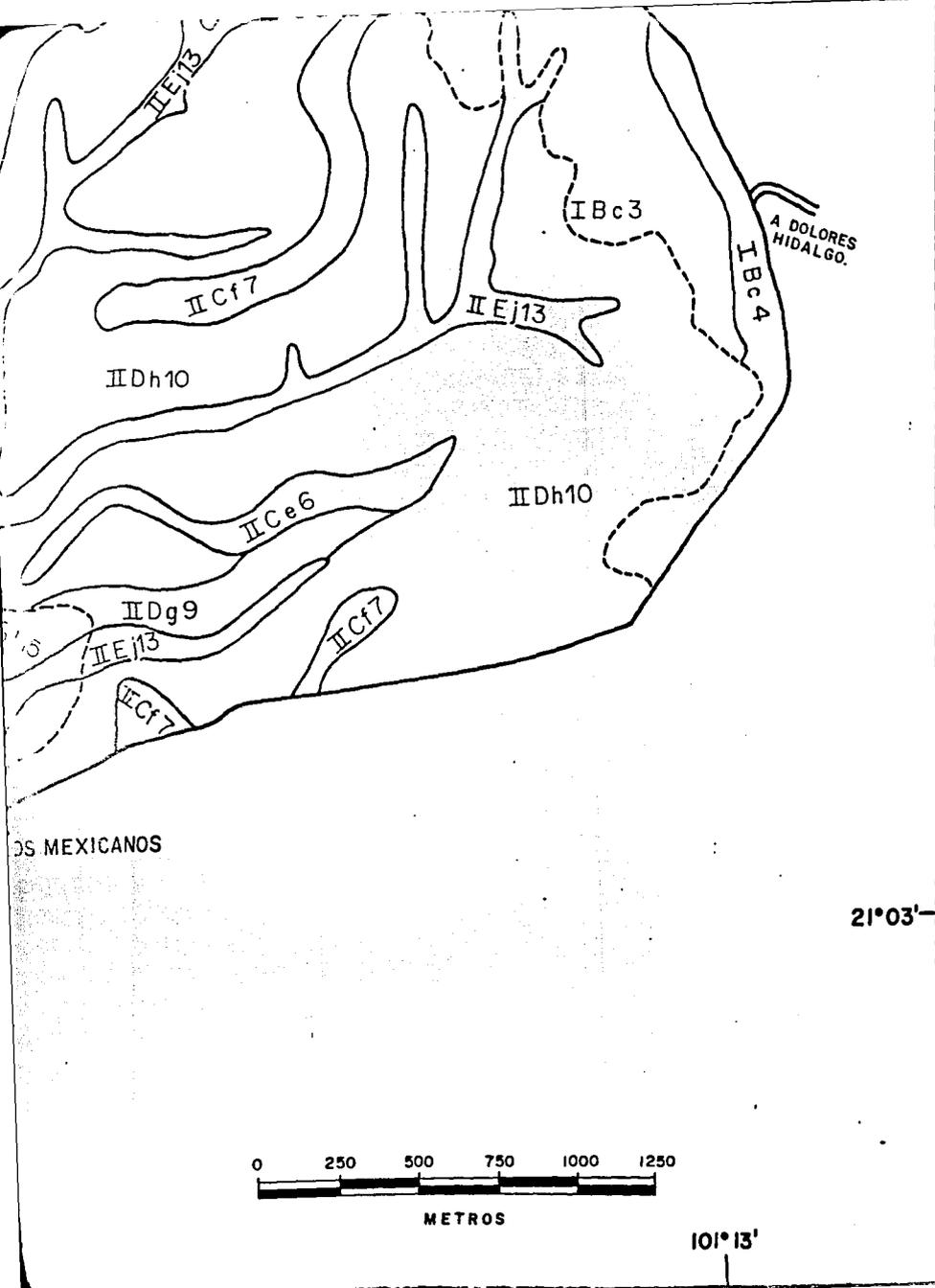
101°13'

LA CONCEPCION



21°05'





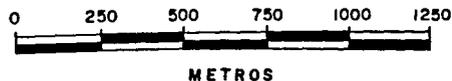
UNIDADES DE CUARTO ORDEN

1. Cimas redondeadas de las montañas altas, de constitución riolítica, con suelos someros y bosque de encinos con matorral de pingüica
2. Cimas de las montañas altas, de constitución vulcano-sedimentaria, con suelos rojos de desarrollo medio y bosque de encinos conservado.
3. Laderas de pendientes fuertes, de constitución volcánica, con suelos someros y bosque de encino con matorral de pingüica
4. Laderas de pendientes fuertes, de constitución volcánica, suelos someros y con algunos asentamientos humanos.
5. Laderas de fuerte pendiente, de constitución indiferenciada, suelos con desarrollo moderado y bosque de encinos.
6. Cimas erosionadas de material intrusivo, con suelo y vegetación escasa.
7. Cimas vulcano-sedimentarias, con suelos someros de escaso desarrollo y bosques de encino conservados.
8. Laderas de constitución tonalítica fuertemente erosionadas, con suelo y vegetación escasos.
9. Laderas de constitución tonalítica, con suelos de escaso desarrollo y erosionados, con vegetación dispersa.
10. Laderas de constitución indiferenciada, con pendientes fuertes, suelos con desarrollo moderado y bosques de encino con matorral de pingüica.
11. Laderas de constitución indiferenciada, con suelos de desarrollo moderado y con agricultura de temporal.
12. Valles erosionados de material indiferenciado, con suelos escasos y sin vegetación.
13. Valles de constitución indiferenciada, con suelos de desarrollo moderado y bosque de encino
14. Cimas de material indiferenciado, de pendientes fuertes, con suelos someros y erosionados, con matorral xerófilo.
15. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión moderada y con eucaliptos inducidos.
16. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión moderada y matorral de pingüica.
17. Laderas de material metamórfico, con suelos someros con erosión fuerte y con matorral cerófilo degradado.
18. Laderas de material metamórfico, de suelos someros con erosión moderada y fuerte y con asentamientos humanos dispersos y material xerófilo degradado.
19. Valles de constitución metamórfica, con suelos someros con erosión moderada y con matorral xerófilo.
20. Embalses (Presa La Esperanza)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
 FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
 DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ELABORO: ALEJANDRO D'LUNA FUENTES
 DIBUJO: JOSE M. FIGUEROA MAH-ENG

MAPA 1



101° 13'

21° 03'

101° 13'

21° 05'

3P

AREA NATURAL PROTEGIDA "CUENCA DE LA ESPERANZA", GTO

MAPA DE ESTRATEGIA DE ORDENAMIENTO

SIMBOLOGIA

UNIDADES DE GESTION AMBIENTAL

1 A

unidad
de
gestión
ambiental
(1-9)

Política ambiental:

A: Aprovechamiento
C: Conservación
R: Restauración
P: Protección

OBRAS Y ACCIONES PROPUESTAS

- a. Centro de visitantes
- b. Senderos interpretativos
- c. Jardín botánico
- d. Presa del Duraznillo
- e. Desarrollo rural de La Concepción
- f. Bancos de materiales
- g. Manejo de desechos
- h. Explotación de masas forestales
- i. Estaciones meteorológicas y estaciones termopluviométricas
- j. Reforestación
- k. Zona intangible
- l. Centro de investigaciones geocológicas



Actividades que abarcan toda la unidad de gestión ambiental.

Nota: Las actividades económicas que se proponen son únicamente para el sostenimiento de la reserva

101° 15'

101° 13'

LA CONCEPCION



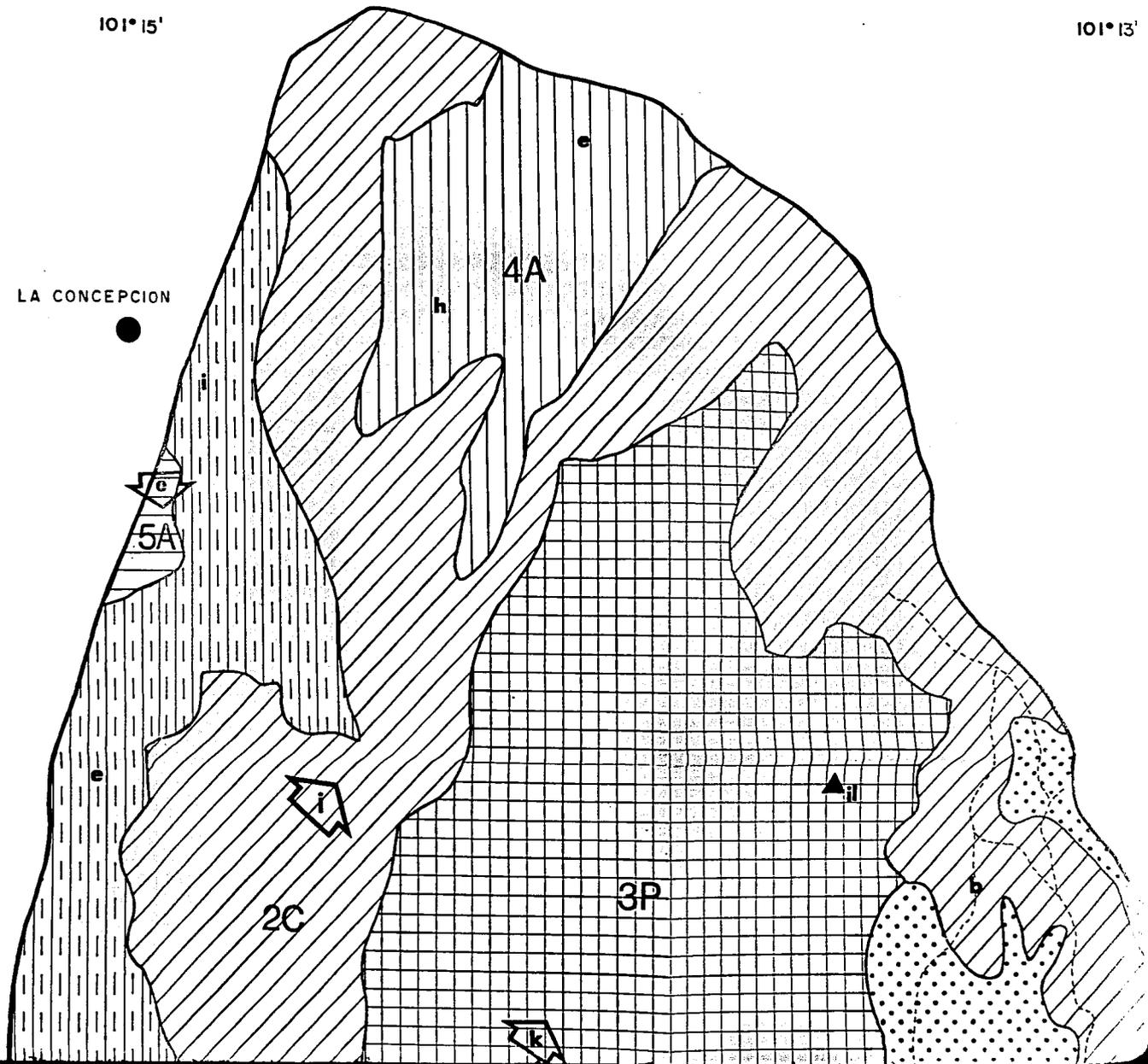
5A

21° 05'

4A

2C

3P



101° 15'

101° 13'

LA CONCEPCION



5A

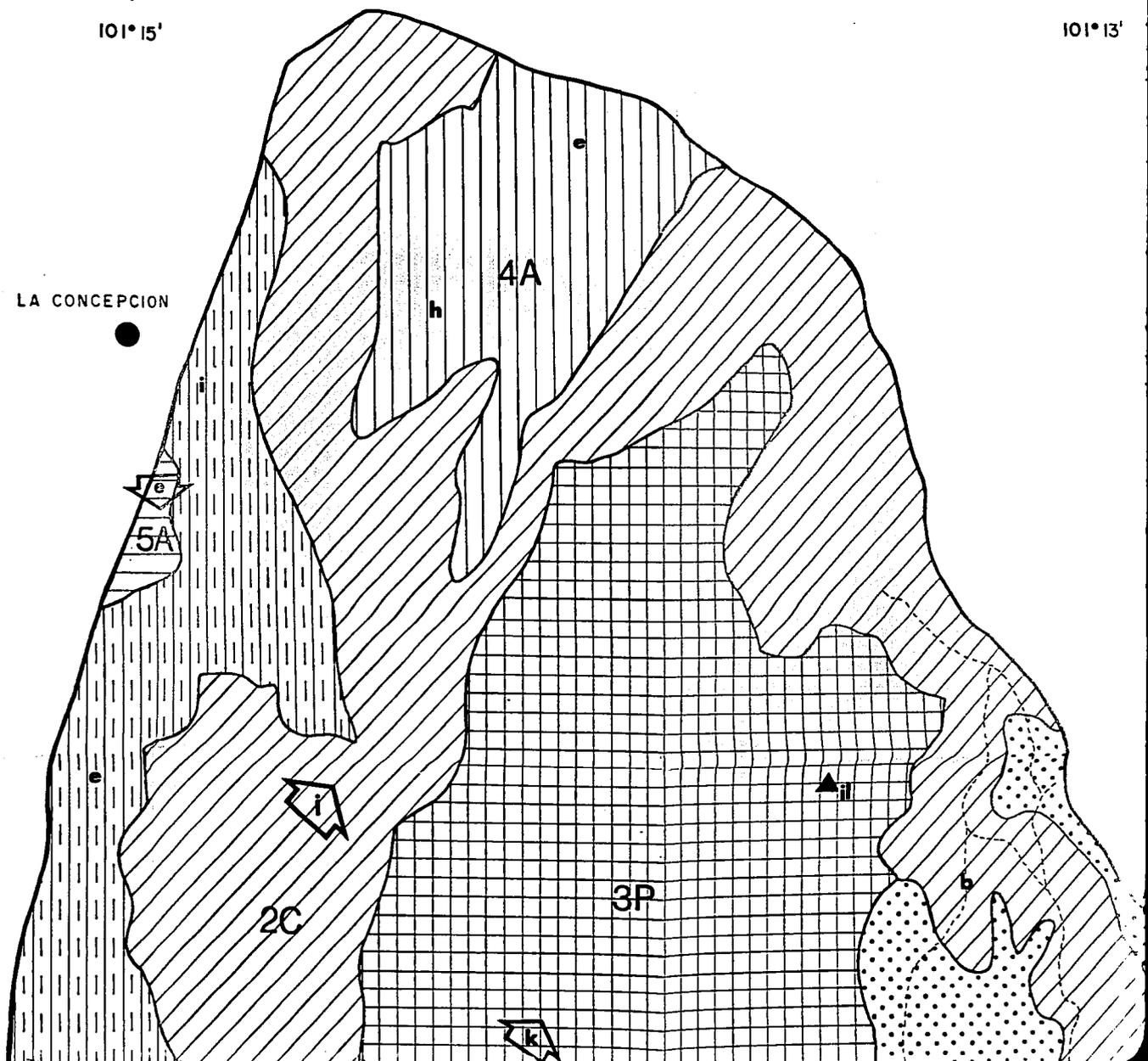
21° 05'

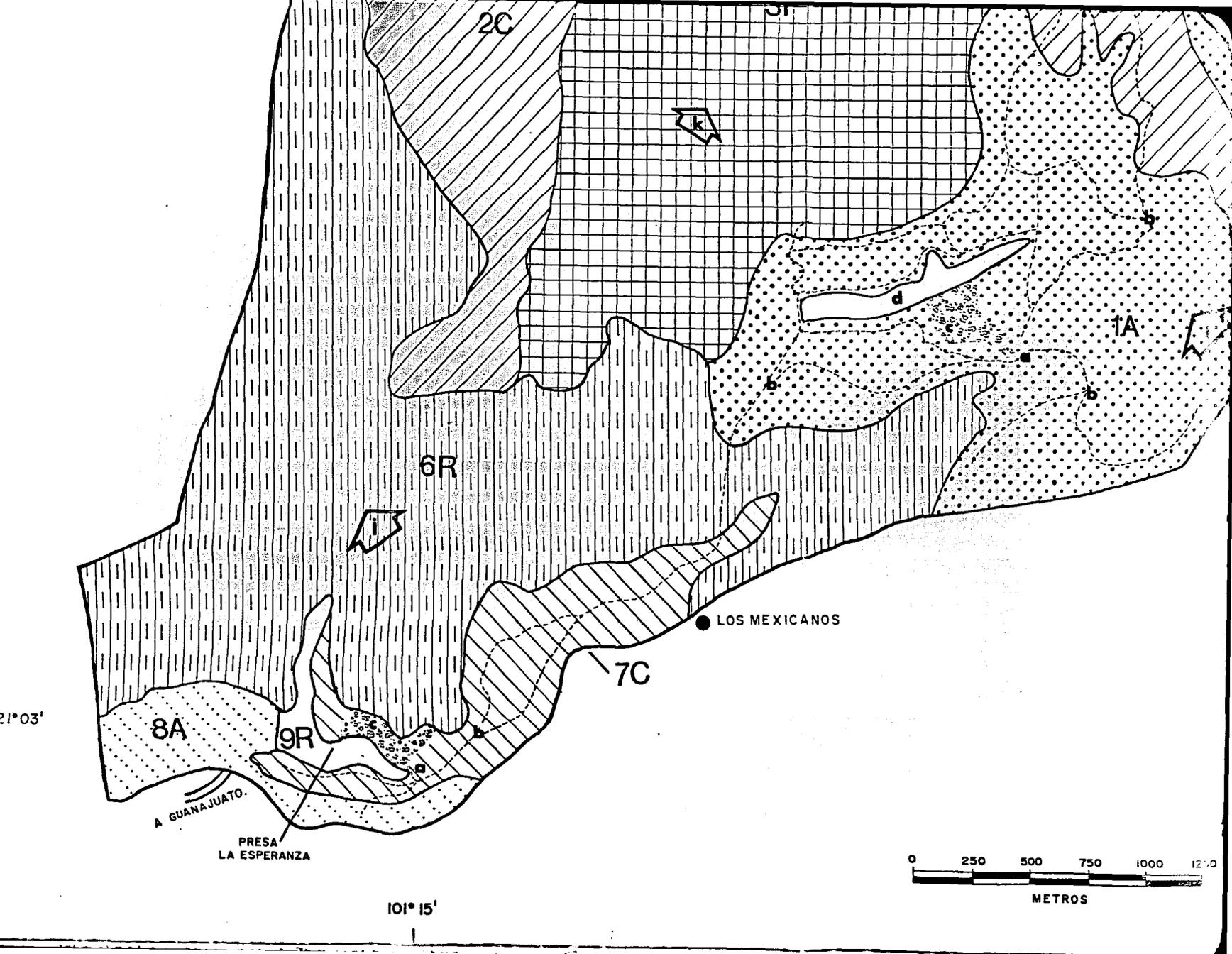
4A

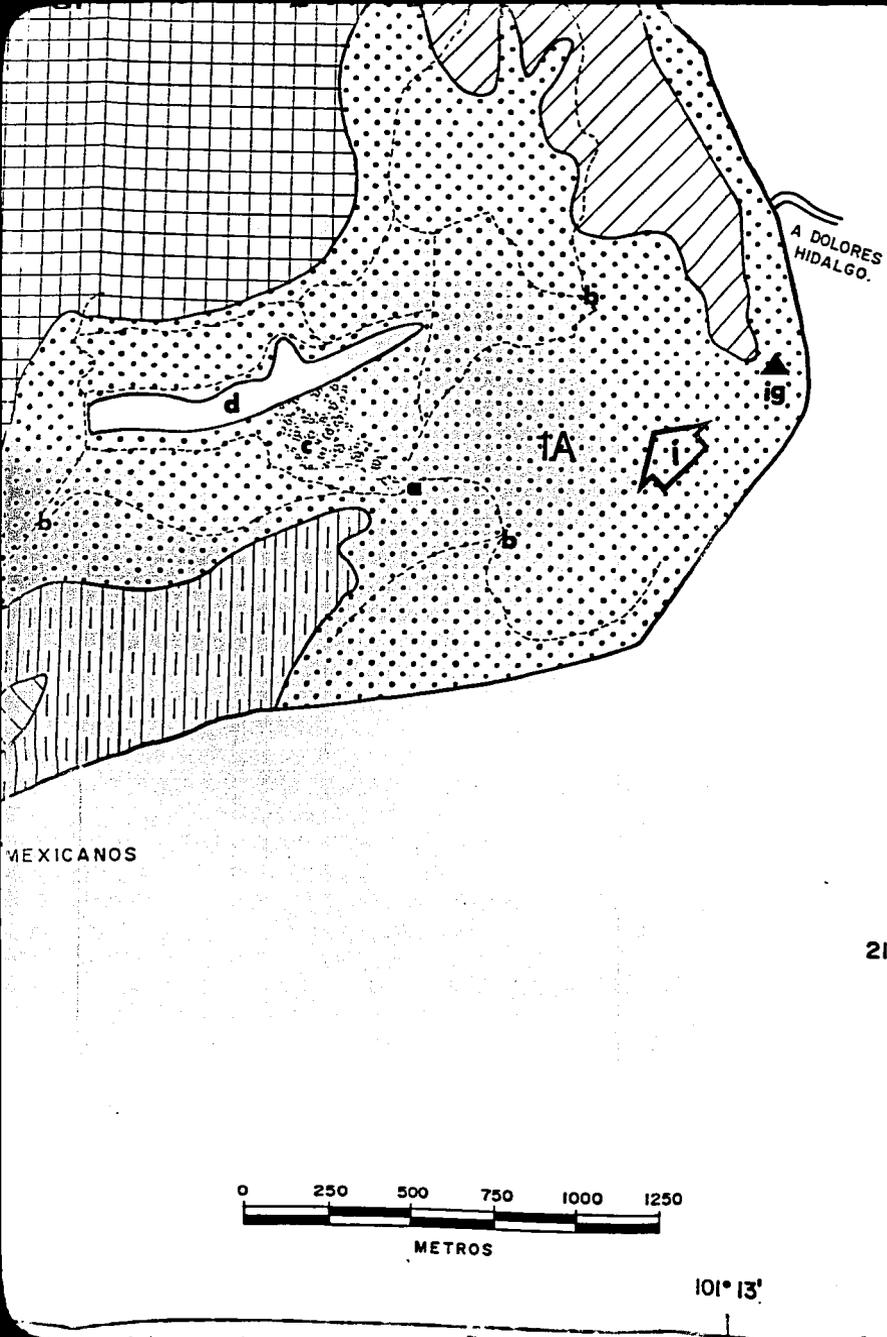
2C

3P

b







I. Centro de investigaciones geocológicas



Actividades que abarcan toda la unidad de gestión ambiental.

Nota: Las actividades económicas que se proponen son únicamente para el sostenimiento de la reserva

Unidad de manejo	Símbolo	Porcentaje superficial	Política ambiental	Uso actual	Uso propuesto	Uso alternativo	Uso condicionado	Uso incompatible	Otros y servicios
1	[Dotted pattern]	14% (226 has)	Aprovechamiento	Bosque de encino, asentamientos humanos, estancias forestales	Ecoturismo	Recolección de productos forestales	Explotación forestal	Agricultura, ganadería	EDCAJ
2	[Diagonal lines]	10% (130 has)	Conservación	Bosque de encino	Vida silvestre	Ecoturismo y vida silvestre	Explotación forestal	Agricultura, ganadería, asentamientos humanos, actividades forestales	EDCAJ
3	[Horizontal lines]	23% (368 has)	Protección	Bosque de encino	Vida silvestre	Investigación	Veredas para tránsito riego	Agricultura, ganadería, asentamientos humanos, actividades forestales	EDCAJ
4	[Vertical lines]	5% (96 has)	Aprovechamiento	Bosque de encino	Recolección de productos forestales	Vida silvestre	Explotación forestal	Agricultura, ganadería, asentamientos humanos	EDCAJ
5	[Horizontal lines]	2% (32 has)	Aprovechamiento	Agricultura de temporal	Silvicultura intensiva	Agricultura y ganadería	Pastoreo	Asentamientos humanos	EDCAJ
6	[Vertical lines]	23% (368 has)	Restauración	Áreas erosionadas, macizal rocoso	Medidas contra erosión	Uso de materia orgánica	Bancos de materiales	Agricultura, ganadería, asentamientos humanos	EDCAJ
7	[Diagonal lines]	5% (96 has)	Conservación	Macizos de piroclastos, sustratos	Vida silvestre	Ecoturismo	Bancos de materiales	Agricultura, ganadería	EDCAJ
8	[Dotted pattern]	4% (64 has)	Aprovechamiento	Asentamientos humanos	Turismo y ecoturismo	Fruticultura	Bancos de materiales	Agricultura, ganadería	EDCAJ
9	[Dotted pattern]	2% (32 has)	Restauración	Presa La Esperanza	Medidas de mejoramiento	Piscicultura	Ecoturismo	Asignación municipal e industrial	EDCAJ

PROPUESTA DE UTILIZACIÓN POR UNIDADES DE GESTIÓN AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

ELABORO: ALEJANDRO D'LUNA FUENTES
DIBUJO: JOSE M. FIGUEROA MAH-ENG

MAPA 2