



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CAMPUS
IZTACALA**

**“Estudio del Paisaje en el Estado de
México”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

PRESENTA:

Eduardo Javier Benavides Garduño

Director: Dr. Raymundo Montoya Ayala



**Los Reyes Iztacala,
Tlalnepantla, Estado de México.**

Marzo, 2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*....A mis Abuelitos,
por aquellas primeras letras que me enseñaron.*

Agradecimientos

Al Dr. Raymundo Montoya Ayala, por haberme recibido como su alumno, por enseñarme este camino dentro de la Biología, por todas las atenciones que ha tenido hacia mi persona y por los gratos momentos que he pasado a su lado.

A mi Madre, la Biól. Martha Olivia Garduño Pérez, por ser una gran mujer, una madre excelente, una profesionista ejemplar y por demostrarme, día a día, su pasión por el conocimiento y su amor por la Biología.

A mi Tía, la Dra. Adriana Garduño Pérez, por ser para mi como una madre, por su buen juicio y por su apoyo constante e incondicional.

A mi primo, Ricardo Arturo Castillo Garduño, por ser mi hermano de crianza y un joven con mucho ingenio.

A todos los compañeros que compartieron aula conmigo a lo largo de la Carrera, especialmente a Luis Jesús Romo Elizondo, Luis Enrique Ávila Bocanegra (“Gokú”) y a Saúl Esparza Hernández, quienes me acompañaron a lo largo de los años compartiendo planes, éxitos y fracasos junto al vino, el pan y la sal.

A mis compañeros de cubículo, Laura Olivia Ángeles Dorantes, Gil Adán Ocampo Hernández, Liliana Ximena López Cruz, Olivier Horacio Garay Velázquez, Gabriela Quiroz Castillo, Mariana Rodríguez Valencia e Ibette de la Cruz Ruiz, por haberme acompañado durante estos últimos tiempos y por los buenos momentos que pasamos juntos.

A la Facultad de Estudios Superiores Campus Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México, por ser el lugar donde ha comenzado mi formación profesional y haberse convertido en una extensión de mi hogar. De igual manera, agradezco a todos los profesores y profesoras de la Carrera con quienes tomé cursos por sus valiosas enseñanzas.

A los profesores revisores de este trabajo, el M. en C. Daniel Muñoz Iniestra, el M. en C. Ernesto Aguirre León, el Biól. Alberto Rodríguez de la Concha Páez y la M. en C. Patricia Ramírez Bastida, por sus atinadas observaciones. Hago extensivo este

reconocimiento a la M. en C. Gloria Garduño Solórzano, representante de la Facultad de Estudios Superiores Campus Iztacala ante el “Estudio de Estado de la Biodiversidad en el Estado de México”, por sus gestiones y apoyo.

Esta investigación forma parte del “Estudio de Estado de la Biodiversidad en el Estado de México”, proyecto multidisciplinario promovido por el Gobierno del Estado de México a través de la Secretaría de Ecología estatal. Agradezco a las dependencias responsables la aportación de los materiales documentales y cartográficos necesarios para la consecución de este trabajo y el financiamiento para su edición.

Índice General

1.0 El Paisaje	7
1.1 Aproximación al Paisaje	7
1.2 Formación de los Paisajes	7
1.3 Componentes del Paisaje	8
1.4 Características Visuales de los Componentes del Paisaje	11
1.5 Agentes Modeladores del Paisaje	14
1.6 La Valoración del Paisaje	15
1.7 Los Estudios sobre el Paisaje	18
1.8 Las Unidades de Paisaje	20
1.9 Cualidades del Paisaje	21
2.0 Los Sistemas de Información Geográfica	49
2.1 Definición de un Sistema de Información Geográfica	50
2.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica	51
2.3 Funciones de los Sistemas de Información Geográfica	56
2.4 Susceptibilidad de los Sistemas de Información Geográfica a Errores	58
2.5 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica	59
3.0 Los Estudios sobre el Paisaje y la Problemática Ambiental en el Estado de México	64
3.1 Enfoques de los Estudios sobre el Paisaje	64
3.2 El Estudio del Paisaje y la Problemática Ambiental del Estado de México	66
4.0 Objetivos	70
4.1 Objetivo General	70
4.2 Objetivos Particulares	70
5.0 Descripción del Área de Estudio	71
5.1 Factores Abióticos	71
5.2 Factores Bióticos	75

6.0 Metodología	82
6.1 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica como una Herramienta Útil para el Tratamiento Automatizado de la Información en Estudios sobre el Paisaje	83
6.2 Obtención de Unidades de Paisaje	84
6.3 Modelo de Valoración de la Calidad del Paisaje	85
6.4 Modelo de Valoración de la Fragilidad del Paisaje	88
7.0 Resultados	92
7.1 Unidades de Paisaje	92
7.2 Valoración de la Calidad del Paisaje	103
7.3 Valoración de la Fragilidad del Paisaje	111
7.4 Integración de la Calidad y la Fragilidad del Paisaje	116
8.0 Conclusiones	119
9.0 Bibliografía	123

1.0 El Paisaje

1.1 Aproximación al Paisaje

El paisaje, como representación de la naturaleza, es una construcción de la imaginación que va conformando paulatinamente una memoria y constituye una biografía de cada país en continua mutación.

El término “paisaje” ha sido empleado a lo largo de la historia con muy diversos significados. Por “paisaje” se entiende el “escenario”, “medio” o “área geográfica” donde se desarrollan las actividades naturales y humanas en cotidianidad. En todo caso, el paisaje es la manifestación e indicador de los procesos que tienen lugar en el territorio (M.O.P.T., 1993)

El paisaje se define por el conjunto de elementos que lo integran y por las relaciones peculiares que se establecen entre ellos. Forma un conjunto único, indisociable, y en esto se diferencia esencialmente de los propios elementos que lo componen, mismos que pueden ser valorados de manera independiente en si mismos y que se encuentran en continua evolución (Sanz Herraíz, 2000). Como fuente de información, el paisaje se hace objeto de interpretación y el hombre establece su relación con él como receptor de información y lo analiza científicamente o lo interpreta emocionalmente (M.O.P.T., 1993).

1.2 Formación de los Paisajes

Los factores que influyen en la formación del paisaje son numerosos y las combinaciones que pueden producirse de estas variables son casi ilimitadas. Sin embargo, existen semejanzas, características comunes, que hermanan diversos paisajes y que están en estrecha relación con los factores causales que determinan. El relieve constituye la base sobre la que actúan los otros componentes del paisaje, la cubierta vegetal, la presencia de agua o nieve y la actividad humana diferencian a un paisaje de otros relieves similares a la vez que contribuyen de forma activa a su transformación. La incidencia humana, a través de los asentamientos y las prácticas agrícolas, ganaderas y

forestales, destaca por su carácter superficial extenso, las infraestructuras viarias sobresalen principalmente por seccionar el territorio.

A lo largo del tiempo se presentan factores geomorfológicos y climáticos que marcan la configuración básica actual de los paisajes y la evolución geológica nos ayuda a comprender la diversidad del paisaje. Un agente modelador del paisaje es todo aquel elemento o fenómeno natural capaz de modificar o causar algún efecto en el relieve terrestre. Las fuerzas que intervinieron en su formación continúan activas a través del tiempo y evolucionan junto con él, pero el hombre, como gran modificador de la superficie de la Tierra, es responsable de muchas desviaciones del ciclo natural de formación del paisaje.

En resumen, el paisaje resulta de la combinación de la geomorfología, clima, vegetación, fauna, agua, la incidencia de las alteraciones de tipo natural y de las modificaciones antrópicas (Escribano *et al*, 1987). La importancia del paisaje y su conservación viene dada por ser parte integrante del patrimonio natural y cultural del hombre, al cual conviene gestionar racionalmente en el marco de los valores ambientales que demanda la sociedad.

1.3 Componentes del Paisaje

Los componentes del paisaje son los elementos naturales o artificiales que lo conforman y que son perceptibles a simple vista. Estos pueden agruparse en tres grandes bloques (B.L.M., 1980; Forman y Godron, 1986; Iglesias, 1992; MOPT, 1993).

1.3.1 Factores Físicos

Forma del terreno, superficie del suelo, rocas, cursos o láminas de agua, nieve.

La tierra es la superficie y la forma del terreno. El relieve, por ejemplo, ejerce una fuerte influencia sobre la percepción del paisaje, constituye la base sobre la que se asientan y desarrollan los demás componentes y condiciona la mayoría de los procesos que tienen lugar en él, lo que lo hace indispensable para llegar a entender el funcionamiento de ese

paisaje. En un terreno montañoso, pequeños desplazamientos del observador suponen cambios notables en la amplitud y composición de las vistas. Esta variación de las vistas se corresponde con una variedad de altitudes, orientaciones, pendientes, litología y tipos de vegetación presentes, que están determinadas en muchos casos por la diversidad topográfica y los procesos que lleva consigo. En terrenos llanos el relieve establece una homogeneidad que sólo se rompe por la intervención de factores del territorio no perceptibles a simple vista o por perturbaciones de tipo natural o artificial. El agua corresponde a las formas de agua superficial (ríos, lagos, mares y lagunas). A estos dos factores se podrían añadir las condiciones atmosféricas, que en algunos casos pueden condicionar notablemente la percepción de los demás componentes del paisaje (Smardon *et al.*, 1986).

1.3.2 Factores Bióticos

Comprende a la flora y la fauna.

La vegetación caracteriza y marca diferencias que definen los paisajes de un territorio o comarca, se agrupa con varias características formando comunidades determinadas por el clima, el suelo y el relieve. En general, en un paisaje no se perciben las especies vegetales individualizadas, sino las agrupaciones monoespecíficas o pluriespecíficas que allí se manifiestan. Atendiendo a su componente espacial también hay diferencias por la forma y estructura de estratificación vertical y horizontal, diversidad de especies y distribución espacial, que permiten reconocer características visuales de variedad, color y textura. La vegetación en terreno llano puede establecer a su vez el control de las vistas, permitiendo la visión hasta el horizonte o bloqueándola a corta distancia del observador.

La fauna se puede considerar como parte integral del paisaje en la medida que son perceptibles directa o indirectamente. La fauna se integra como un componente más del paisaje y aunque no juega un papel paisajístico destacado debido a que es un elemento móvil, en algunos casos se manifiesta como un rasgo fundamental del paisaje.

Estos componentes introducen una variación en el paisaje que en algunos casos puede llegar a ser dominante, pero que en general se combina contribuyendo al carácter del paisaje y cargando de significado distintas partes de él.

1.3.3 Estructuras o Elementos Artificiales Introducidos por las Actividades Humanas

La actividad humana en el paisaje tiene lugar a través del desarrollo de múltiples acciones de muy diversa significación paisajística entre las que destacan, por su importancia, las actividades agrícolas y ganaderas, cultivos extensivos de temporal, regadíos, cultivos intensivos bajo plástico, repoblaciones forestales, praderas y pastizales, extracción de madera y productos forestales, obras públicas, urbanización, edificaciones y las actividades turísticas y deportivas, entre otras.

En este punto es necesario aclarar prudentemente que la actuación humana sobre el territorio no tiene porque asociarse necesariamente con los aspectos negativos del paisaje. La transformación del uso del suelo o la construcción de ciertas estructuras supone en ocasiones, intencionada o casualmente, un enriquecimiento del paisaje (M.O.P.T., 1993).



Fig. 1. Componentes del Paisaje (B.L.M., 1980).

Cada uno de estos componentes tiene implicaciones distintas desde el enfoque ecológico y visual. La combinación de estos componentes con sus características

definen la estructura general del paisaje y en estrecha relación su funcionalidad. Los componentes como el conjunto pueden analizarse según sus características visuales básicas, que se organizan de forma distinta en cada paisaje.

1.4 Características Visuales de los Componentes del Paisaje

Las características visuales del paisaje son el conjunto de rasgos que lo conforman visualmente y que pueden ser utilizados para su análisis y diferenciación (Smardon, 1979; Iglesias, 1992; M.O.P.T., 1993). La combinación de los elementos visuales crea composiciones en las que es posible definir cualidades estéticas y permiten la diferenciación de las distintas unidades que el observador distingue por su unidad, fuerza y variedad (Fig.2).

La importancia relativa de los diferentes elementos visuales depende del tipo de paisaje. El elemento o elementos más significativos serán aquellos que contribuyan a identificar o singularizar su carácter por su fuerte contraste que llama la atención del espectador y hace que domine en la composición, o bien por su única y uniforme presencia en la escena; entre ellas están (Smardon, 1979; Ramos, 1980; Escribano, 1987; Iglesias, 1992; M.O.P.T., 1993):

La Forma: Volumen o superficie de un objeto u objetos que aparecen unificados tanto por la configuración que presentan como por el emplazamiento conjunto sobre el paisaje. Se caracteriza por su geometría, complejidad y orientación respecto a los planos principales del paisaje. Las formas cambiantes suelen atraer la atención del observador.

La Línea: Pueden corresponder a bordes o límites entre dos superficies adyacentes diferenciadas por su color o textura, también puede deberse a la existencia de formas lineales diferenciadas de tipo banda que dividen una superficie en dos o al recorte de una silueta de una forma tridimensional contra un fondo contrastado.

El Color: Es la propiedad de reflejar la luz con una particular intensidad y longitud de onda. Viene definido por el tinte, por el que los colores se dividen en cálidos o fríos, el tono y el brillo. La presencia de colores complementarios o de características opuestas

produce contrastes visuales. Los colores brillantes contrastan con los mates y los claros con los oscuros. La yuxtaposición de estas dos últimas características cromáticas suele además llamar la atención del espectador.

La Textura: Es la manifestación visual de la relación entre luz y sombra motivada por las variaciones existentes en la superficie de un objeto. En el paisaje la textura se manifiesta no sólo sobre los objetos individualizados sino también sobre las superficies compuestas por la agregación de pequeñas formas o mezclas de color que constituyen un modelo continuo de la superficie. Por ejemplo, si se observa un bosque a cierta distancia, no será posible distinguir a cada uno de los árboles como objetos individualizados, sino que la masa se percibirá como una superficie más o menos continua con irregularidades o variaciones internas producidas por la agregación indiferenciada de las copas.

Dimensión o Escala: Es la relación existente entre el tamaño de un objeto y el entorno donde se sitúa. El observador establece la escala entre los objetos mediante la comparación, para lo cual suele tomar como referencia objetos de dimensiones conocidas. Los objetos pequeños, de aspecto frágil y ligero, situados en espacios abiertos o amplios tienden a verse dominados visualmente por los voluminosos, de aspecto pesado y compacto, emplazados en lugares cerrados y de extensión reducida.

El Espacio: Es un elemento visual complejo que engloba el conjunto de cualidades del paisaje determinadas por la organización tridimensional de los cuerpos sólidos y los espacios libres o vacíos de la escena. Por la composición espacial de los elementos que integran la escena se reconocen distintos tipos de paisaje, por ejemplo: paisajes panorámicos, cerrados, focalizados, dominados, filtrados por la presencia de una pantalla arbórea, etc. Así mismo, dentro del espacio visual definido tiene mucha importancia la posición espacial de los elementos del paisaje, determinada fundamentalmente por su posición topográfica y el fondo escénico contra el que se recortan, por ejemplo: las posiciones elevadas y expuestas tienden a resaltar el objeto, mientras que las bajas tienden a ocultarlo. Un objeto visto contra el cielo o el agua destaca más que cuando se ve contra el terreno.

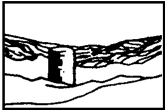

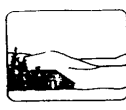




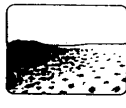


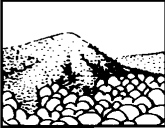
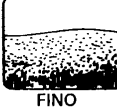
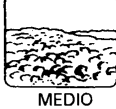



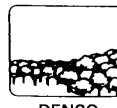






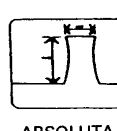


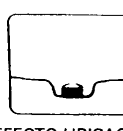
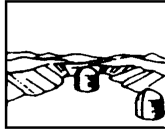










 FORMA	 BIDIMENSIONAL	 TRIDIMENSIONAL	 GEOMETRICA	 COMPLEJA	
 LINEA	 BORDES DEFINIDOS	 BORDES DIFUSOS	 EN BANDA	 SILUETA	
 TEXTURA	GRANO				
	 FINO	 MEDIO	 GRUESO		
	DENSIDAD				
	 DISPERSO	 MEDIO	 DENSO		
REGULARIDAD					
 EN GRUPOS	 ORDENADO	 AL AZAR			
CONTRASTE INTERNO					
 POCO CONTRASTADO	 MUY CONTRASTADO				
 ESCALA	 ABSOLUTA	 RELATIVA	 EFECTO DISTANCIA	 EFECTO UBICACION	
 ESPACIO	 PAÑORAMICO	 ENCAJADO	 FIG. DOMINANTE	 FOCALIZADO	 EN ESPESURA
	 SOBRE LLANURA	 FONDO DEL VALLE	 PIE DE LA LADERA	 MEDIA LADERA	 LINEA DE CUMBRE

Fig. 2. Descripción de las Características Visuales Básicas del Paisaje (Swardon, 1979).

En cada paisaje puede ser protagonista una o varias características visuales. La importancia viene dada por su fuerte contraste o por su extensión y uniformidad de expresión en la escena. En la mayoría de los paisajes el carácter viene determinado por una combinación de componentes y de las características visuales, entre las que destacan por su importancia el color, la escala y la disposición espacial.

1.5 Agentes Modeladores del Paisaje

Un agente modelador del paisaje es todo aquel elemento o fenómeno natural capaz de modificar o causar algún efecto en el relieve terrestre. Casi siempre se encuentra evidencia de un agente erosivo que domina en la forma de los materiales geológicos.

Cuando la roca está en contacto con la atmósfera se ve sometida a la acción de diferentes agentes externos que van desgastándola progresivamente. Este proceso natural es el que interviene en el desgaste natural de la corteza terrestre, efectuados generalmente por el agua y los vientos ocasionando la meteorización, que en consecuencia produce fenómenos de erosión, transporte y sedimentación. Este fenómeno llamado “denudación continental”, tiene como consecuencia la transformación, modelado y diversificación de los relieves iniciales de las masas continentales recién emergidas en un gran número de formas topográficas que son las que configuran el marco del paisaje.

Los agentes externos de modelado implicados en la denudación continental son (Escribano *et al.*, 1987):

El agua: La interacción química entre el agua y las rocas prepara el sustrato rocoso para que actúen sobre él los agentes del modelado. El agua sobre substratos de calizas y granitos es un modelador de paisaje básico para la formación del relieve. En granito actúa sobre los bloques diaclasados produciendo una desintegración granular de la roca en delgadas escamas. El paisaje kárstico es el efecto de la meteorización química del agua sobre un estrato calizo (se caracteriza por la presentación de una topografía aparentemente caótica, carente de agua y de aspecto desolador).

El hielo: Es un agente de neutralización importante, sobre todo en zonas de climas glaciares y periglaciares donde fragmenta las rocas por medio de cuñas de hielo que al solidificarse aumentan su volumen. De igual manera, la acción del hielo es principalmente de erosión, transporte y sedimentación originando las morfologías típicas de los valles glaciares (de Pedraza, 1996).

El oleaje: En el modelado litoral intervienen factores mecánicos y químicos. La actividad del oleaje da lugar tanto a relieves erosionales como deposicionales. Los relieves erosionales del mar se producen por el retroceso y el mar fragmenta a la roca en grandes tamaños que después son reducidas al ser arrastradas por el agua. Los relieves deposicionales se producen en el avance del mar sobre las costas y el oleaje transporta material detrítico que al acumularse da lugar a playas, barras costeras o dunas litorales.

El sustrato: Interviene fundamentalmente en la estructura geológica y la composición litológica. Las diferentes durezas de los estratos horizontales hacen que exista mayor o menor erosión en un lugar.

El clima: Es el factor determinante en el modelado del paisaje; el fenómeno de meteorización tiene diferente intensidad bajo unas condiciones climáticas u otras. La precipitación y la temperatura son los dos componentes del clima que más influyen.

El viento: Origina formas de carácter erosivo y sedimentario. Actúa principalmente en lugares áridos. El viento tiene dos tipos de actividad erosiva: la primera, la deflacción, que se caracteriza por el arrastre de partículas en el suelo, y la segunda, la abrasión, en la que las mismas partículas en su arrastre chocan con otras rocas produciendo un desgaste progresivo en éstas.

1.6 La Valoración del Paisaje

El paisaje, de origen un concepto complejo y plural que incluye diversos y variados aspectos, va siendo entendido como un recurso que forma parte del patrimonio de los individuos y sociedades (Sanz Herraíz, 2000). El surgimiento de la idea del paisaje como recurso hizo que apareciera una tendencia a objetivarlo y valorarlo estéticamente y ambientalmente, lo que implica conservarlo debidamente en unos lugares y reproducirlo en otros para establecer relaciones con el hombre. La ausencia de una planificación en la distribución de los usos del suelo ha dado lugar a graves desequilibrios en el territorio, que la propia naturaleza no es capaz en muchos casos de restablecer, o si lo hace, es a muy largo plazo. El terreno es el soporte del paisaje y está en constante

evolución, lenta cuando se trata de condiciones naturales, y rápida cuando el hombre es el agente modificador del territorio (M.O.P.T., 1993).

El estudio del paisaje puede ir desde la asignación de usos al suelo en grandes superficies hasta la plantación simbólica de un árbol en una plaza cívica; desde el planteamiento extenso de la preservación de áreas naturales hasta el tratamiento intenso del entorno de una carretera para tratar de integrarla en el paisaje natural, en resumen, desde la planificación física del territorio con base ecológica hasta el proyecto de una pequeña zona verde.

En los estudios de ordenación del territorio el paisaje se considera como un elemento complejo, síntesis de otros simples. Además, recibe el tratamiento de recurso natural según las tendencias actuales [“El paisaje natural es un recurso natural no renovable de difícil reversibilidad” (Ramos y Mantilla, 1976)]. Hasta hace pocos años la condición de recurso natural sólo se le otorgaba de modo general a aquellos recursos ligados a la producción y a la obtención de productos útiles al hombre. Pero la idea de recurso natural, algo que el hombre demanda, es finito y escaso, se corresponde mejor con el concepto de función necesaria y hoy el paisaje cumple funciones que se han demostrado imprescindibles para el hombre (Ramos, 1980).

La integración del paisaje como variable del medio ha pasado a ser una necesidad urgente de tratar y su estudio y valoración deben ser requisitos previos indispensables a cualquier proyecto de ordenación. El paisaje, en definitiva, se contempla como un elemento comparable al resto de los recursos, la vegetación, suelo y fauna entre otros. Puede, como los demás recursos, necesitar protección y debe intervenir en la determinación de la capacidad y la fragilidad del territorio para el desarrollo de las actividades humanas.

La exigencia de que los aspectos relativos al paisaje se evalúen en términos comparables al resto de los recursos conduce a la necesidad de establecer una base objetiva de comparación entre ellos. La complejidad de esta tarea es fácil de intuir dada la enorme problemática que lleva consigo el acercamiento del hombre a la belleza y cuanto más el intento de su parametrización. Entre los diversos enfoques desde donde se estudia y analiza el paisaje pueden distinguirse tres (M.O.P.T., 1993):

a) Paisaje Perceptible o Paisaje Visual: Se enfoca hacia el sentido estético y de percepción. Es la combinación armónica de las formas y colores del territorio. Interesa como expresión espacial y visual del medio, como conjunto de los caracteres físicos del medio físico y biótico perceptibles con la vista. Se concreta en lo que el observador es capaz de percibir de ese territorio. El paisaje visual abarca sólo la superficie observable al situarse el observador dentro del propio territorio (M.O.P.T., 1993).

b) Paisaje Ecológico o Geográfico: Identifica al paisaje con el medio. El paisaje se contempla como indicador y síntesis de los elementos inertes y vivos del medio, sujeto y unidad del análisis del territorio (M.O.P.T., 1993).

Según Dunn (1974), es un “complejo de interrelaciones derivadas de la interacción de rocas, agua, aire, plantas y animales”. Es el paisaje total que abarca todo el conjunto del territorio, visto desde arriba y desde un punto externo a él. “El paisaje en su totalidad, es la agregación de todos los factores interrelacionados que ocupan la superficie total de la tierra” (Hills, 1974).

La diferenciación entre las formas de estudio del paisaje visual y el paisaje ecológico viene determinada por las características de los componentes territoriales y su distribución espacial. En los dos casos el paisaje surge como manifestación externa del territorio pero es interpretado de forma distinta. Los dos enfoques parten de una base común, la realidad territorial, que constituye el objeto de estudio.

En 1981, González Bernaldez define los componentes perceptibles de un sistema natural como “fenosistema” (paisaje) que se complementa con el “criptosistema” o componente no perceptible del sistema y de difícil observación.

c) Paisaje como Estado Cultural: Laurie (1970), lo propone como “el escenario de la actividad humana”. Otra aproximación muy cercana a la anterior y que define la íntima relación existente entre el hombre y el paisaje es la de Perelman (1977) que menciona que este es “un medio natural fuertemente condicionado por las actividades socioeconómicas y transformado por los factores socioculturales”.

El paisaje, entendido como recurso natural, debe estar presente a la hora de la toma de decisiones. Dentro de las posturas que se adoptan frente a él se encuentran situaciones extremas, tales como aquellas que no lo toman en cuenta y si lo hacen, es solo para planificar u obtener beneficios económicos de él alterándolo y otras que le conceden valor superior al de cualquier acción que pudiera afectarlo.

Existe una postura intermedia que da cierto valor al paisaje teniendo en cuenta su existencia y admite su consideración. Esta postura tiene un fin operativo, ya que considera los valores paisajísticos como restricciones razonables a la acción y trata de tenerlos en cuenta. Es el campo de los estudios de impactos y de la localización de actividades. Esta actitud pretende sencillamente dar al paisaje el valor que tiene, ni más ni menos, considera al paisaje como recurso y basados en esta delimitación busca su utilización.

El paisaje tiene cierta capacidad de acogida para el desarrollo de una actividad, cierta calidad, cierto atractivo y tiene así mismo cierta fragilidad o vulnerabilidad y por lo tanto no tiene un valor intrínseco genérico, sino una serie de valores específicos circunscritos a sus características.

1.7 Los Estudios sobre el Paisaje

En los últimos años, los estudios del paisaje han ido tomando forma para dar respuesta a problemas prácticos de gestión del territorio. Las necesidades varían desde la valoración del paisaje como recurso para la conservación y protección de áreas naturales o para restaurar zonas alteradas.

Los paisajes se consideran para su estudio como entidades formadas por unidades elementales o ecosistemas distintos agrupados en configuraciones reconocibles que se concretan en un mosaico de usos de suelo, de tipos de relieve, de distribución del agua superficial, etc. que cubre la superficie del territorio. La extensión de los paisajes puede ser muy variable, desde unas pocas decenas hasta cientos o incluso miles de Km².

La Planificación Física con Base Ecológica persigue entre otros objetivos:

- La conservación y protección de áreas naturales inalteradas y aquellas en las que el adjetivo natural puede tomarse en sentido más amplio dando cabida a la actividad humana.
- La integración de los fundamentos del aprovechamiento racional de los recursos desde las primeras fases del desarrollo de los proyectos de actividades, por ejemplo mediante los procedimientos de evaluación del impacto ambiental.
- La rehabilitación y restauración de un amplio espectro de superficies, por ejemplo: márgenes alterados de ríos y zonas costeras, aguas contaminadas, áreas urbanas abandonadas, etc.

La identificación de unidades funcionales o de comportamiento del paisaje es por lo tanto tarea prioritaria dentro de los estudios de paisaje y para su diferenciación es básico el análisis de la estructura espacial dependiente a su vez de la escala de trabajo utilizada.

El paisaje-territorio total tiene mucha importancia en los estudios del medio físico. Es determinante tener un conocimiento del paisaje total que integra todos los elementos del medio, su inventario incluye sus respectivas características y cualidades para llegar a establecer unas unidades ambientales-funcionales que sirvan de base a la gestión.

El territorio aparente es también objeto de interpretación en el enfoque puramente visual que busca conocer y considerar en la gestión ambiental los efectos que produce ese territorio en el observador. El espacio estudiado está definido por la percepción del observador y aunque intervienen todos los sentidos fundamentalmente considera a la visión. La aproximación al paisaje es desde el propio terreno y lo que importa no es tanto el conjunto del paisaje-territorio sino la parte de él que se muestra al espectador.

1.8 Las Unidades de Paisaje

El estudio de los cambios en el paisaje como consecuencia de las actividades realizadas por el hombre modificando los tipos, abundancia y posición espacial de los recursos naturales y usos del suelo pueden proporcionar información de los efectos debidos a los

cambios introducidos en los procesos ecológicos y valores ambientales de un territorio (Iverson, 1988; Johnston y Naiman, 1990). Estos estudios son necesarios para la comprensión de los paisajes actuales. Así mismo proporcionan información de las perturbaciones ocasionadas por las comunidades que en ellos se desarrollan que puede ser utilizada para evaluar la resistencia y reversibilidad de las comunidades a factores ambientales contrastantes y proporcionar perspectivas que pueden ser útiles en la optimización de los recursos naturales, preservación de comunidades únicas y manejo de paisajes culturales (Foster, 1992).

A efectos prácticos, la división de un territorio en unidades de paisaje permite obtener mayor información sobre sus características y facilitar su tratamiento. Por lo tanto, se trata de lograr unidades de paisaje cuya respuesta visual sea homogénea ante posibles actuaciones. La homogeneidad es función del nivel de detalle y exige que las características paisajísticas de todos sus puntos sean iguales o se hayan definido como equivalentes; la homogeneidad total exigiría una división excesivamente detallada.

Una de las características del paisaje es la de ser continuo. En general, cuanto mayor sean el área geográfica, los límites de la misma son más claros y apreciables, pero a medida de que el observador incrementa la escala de percepción de su entorno, las diferencias y discontinuidades que marcan los límites y características peculiares del paisaje son más difíciles de apreciar. La unidad básica de análisis y evaluación del paisaje es la “unidad homogénea de paisaje”. Se entiende como “unidad homogénea de paisaje” a aquella unidad espacial o del territorio que puede diferenciarse de las contiguas por un tipo de suelo o uso, la presencia de un conjunto de comunidades vegetales, o de formas de relieve diferentes a las adyacentes (Sanz Herraíz, 2000). Las unidades del paisaje pueden ser consideradas como porciones de la superficie de la tierra relativamente homogéneas en sus condiciones ambientales y componentes paisajísticos donde el diagnóstico de las características del suelo, geomorfológicas, topográficas, comunidades vegetales y usos del suelo pueden ser hechos satisfactoriamente (de Pablo, 1993), así como en su respuesta visual ante posibles actuaciones.

En los ecosistemas terrestres las fronteras entre las unidades de paisaje son generalmente reconocidas por discontinuidades en características de suelo y/o

vegetación que las definen. En relación a propiedades sistémicas, las fronteras son zonas donde las masas o magnitudes de las transferencias ecológicas (materia, energía y organismos) o cualquier otro medio de interacción que cambia abruptamente en relación al precedente (Margalef, 1974; Wiens *et al.*, 1985; Hansen *et al.*, 1988).

En la naturaleza las unidades de paisaje se distinguen unas de otras con varios tipos de zonas de transición o con cambios continuos y graduales de especies. Así, la amplitud de las fronteras puede abarcar unos cuantos metros, decenas e incluso centenares de metros. El cambio gradual es más característico de ciertos paisajes sin influencia humana significativa. Otros paisajes presentan fronteras abruptas debido a cambios espaciales de factores ambientales o a la frecuencia de perturbaciones naturales. La influencia humana en el paisaje tiende a eliminar los cambios graduales y producir fronteras abruptas (Forman y Godron, 1986) (Fig. 3).

Las fronteras que separan las unidades del paisaje tienen importantes influencias en las propiedades del sistema, tanto dentro de las manchas como entre ellas, determinando el tipo, sentido y magnitud de las relaciones ecológicas del paisaje (Smith, 1980; Forman y Godron, 1986; Zonneveld, 1989; Haber, 1990).

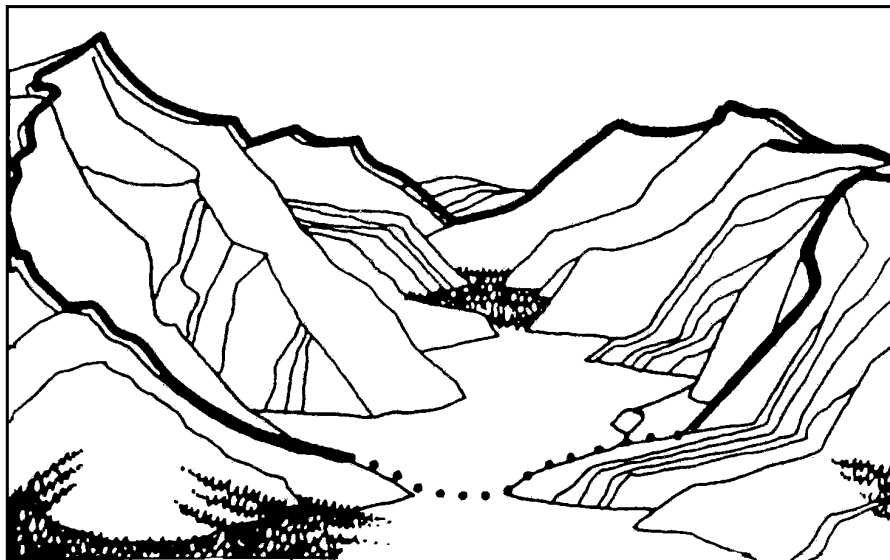


Fig. 3. Unidad Visual de Paisaje (Tetlow y Sheppard, 1979).

Las fronteras entre dos ecosistemas pueden ser relativamente abruptas. En este caso, la zona de solapamiento o ecotono es estrecha y compuesta principalmente por especies de ambos lados entremezcladas. En ocasiones, la zona de transición es amplia, presentando manchas de cada tipo de vegetación entremezcladas (ecoclina). Cuando el otro extremo del ecotono no es fácilmente distinguible y se presenta un cambio gradual en la composición de especies sobre el terreno, entonces la frontera se llama “continuum” (Smith, 1980; Forman y Godron 1986; Hansen *et al.*, 1988; Van deer Maarel, 1990).

Idealmente las unidades de paisaje deberían delimitarse usando criterios objetivos para determinar sus fronteras (Kotliar y Wiens, 1990) y distinguir entre ecotonos y ecoclinas, pues existe la tendencia a confundirlos utilizando solamente el término ecotono para las fronteras del paisaje cuando éstas se pueden presentar igualmente según los tipos comentados (Van deer Maarel, 1990). Esta diferenciación de tipos de fronteras también es hecha por Margalef (1991), cuando precisa que las fronteras convergentes, de alta tensión superficial, son sitios definidos y adecuados para precisar contactos y medir flujos de intercambio. Independientemente de la forma como se presentan las zonas de transición entre las unidades del paisaje, es adecuado denominarlas fronteras tal y como las denominan diversos autores (Forman y Godron, 1986; Hansen, *et al.*, 1988) y estudiar los temas de interés en consonancia con sus características, como su amplitud, su grado de contraste en relación a las dos unidades vecinas y, por último, su longitud.

Los paisajes en la mayoría de los casos muestran una variación espacial. Un aspecto de esta heterogeneidad es que los paisajes observados incluyen casi siempre una combinación de componentes que pueden ser naturales o remanentes de sistemas naturales y componentes antropogénicos (Phipps, 1991).

A nivel de territorio las unidades del paisaje están conectadas por flujos de materia y energía. El resultado de esta conexión espacial es la aparición de patrones espaciales repetitivos de los elementos del territorio que permiten la caracterización de paisajes. Autores como González Bernaldez (1981), y Martín de Agar *et al.*, (1995) mencionan que estos patrones recurrentes son causados por la interacción de tres tipos de procesos espaciales:

- Procesos vectoriales: Son transferencias unidireccionales de materia, energía e información (agua, propágulos y nutrientes entre otros) condicionados principalmente por las características geomorfológicas.
- Procesos equipotenciales o zonales: Condicionados principalmente por el clima.
- Procesos celulares o azonales: La transferencia geoquímica es bidireccional y condicionada por diferencias locales en suelos, relieve y drenaje.

Estos procesos son los responsables de la conexión de los diferentes elementos del paisaje espacialmente superpuestos y actuando simultáneamente. La predominancia de cualquiera de ellos depende de las características del paisaje (Martín de Agar *et al.*, 1995).

La formación del paisaje es el resultado de complejas interacciones de fuerzas físicas, biológicas y sociales que originan procesos geológicos, geomorfológicos, climáticos, de colonización de especies y uso humano que actúan en diferentes escalas temporales y espaciales (González Bernaldez, 1981; Risser, 1987; Urban *et al.*, 1987). Donde el hombre ha intervenido, el paisaje siempre ha resultado como un mosaico de manchas con diferente madurez ecológica y, manejadas por el hombre, varían en tamaño, grado de explotación forma y manejo (González Bernaldez, 1981; Forman y Godron 1986; Krummel *et al.*, 1987; Phipps, 1991; Rescia *et al.*, 1995).

La estructura del paisaje se refiere a la forma, tamaño y tipos de manchas, así como su número y configuración espacial. Esta última se refiere a la manera en que se presentan espacialmente los usos, sus proximidades de unos con otros y su posición específica en el paisaje. De esta manera, el estudio de la estructura del paisaje envuelve el estudio de su heterogeneidad espacial.

Díaz Pineda *et al.*, (1973) y Zonneveld (1989) proponen a las unidades ambientales como unidades de paisaje y las definen como “porciones de la superficie terrestre ecológicamente homogéneas de acuerdo a la escala de trabajo y que son reconocidas por los atributos de la tierra más fácilmente cartografiables tales como la geomorfología, suelos y vegetación, incluyendo las alteraciones por el hombre a estos aspectos”.

Iglesias (1992) analiza el paisaje centrándose en el análisis de la estructura visual, en la que propone a las unidades de paisaje elemental como las delimitadas por la cuenca visual. Señala que cuando se estudian territorios extensos resulta más conveniente y práctico utilizar como unidades de referencia a los espacios visualmente autocontenidos que constituyan conjuntos “cerrados” visualmente.

Orive (1992) indica que otra de las metodologías para formar unidades de paisaje funcionales desde el área de estudio visual son las cuencas visuales que coinciden exacta o aproximadamente con las cuencas hidrográficas, facilitando de esta manera la predicción de impactos sobre el paisaje, las repercusiones territoriales de las alteraciones, la resolución de problemas de localizaciones de actividades y la toma de decisiones que afectan al territorio (Escribano *et al*, 1987).

En paisajes naturales o seminaturales se han utilizado comunidades discretas de plantas. En paisajes antropogénicos las clases de usos de suelo parece ser un criterio apropiado tal y como lo utiliza de Pablo *et al.*, (1987). En ambos casos se utilizan diferentes categorías más o menos detalladas en donde la escala de observación es de suma importancia.

Existen maneras distintas de establecer categorías discretas relevantes a nivel de paisaje. La selección entre ellas depende de muchos factores, incluyendo el grado de transformación antropogénica a que ha sido sometido el paisaje y el problema que se estudia.

Escribano *et al.*, (1987), consideran que las unidades de paisaje toman, en general, para su formación, construcción y delimitación una de las siguientes formas:

Unidades Irregulares Extensas: Son divisiones del territorio que se establecen atendiendo a los aspectos visuales o de carácter de los factores considerados como definitorios del paisaje (Weddle, 1972; Blanco, 1979).

Unidades Homogéneas en su Contenido: Están determinadas por un elemento base que será el más representativo de la zona a estudiar y realizar un inventario de forma que la superficie quede dividida en áreas homogéneas respecto a dicho elemento. Las unidades

base generalmente están asociadas a factores naturales tales como cuencas hidrográficas, configuración topográfica ó estructura geomorfológica. Se suponen homogéneas tanto en su valor paisajístico como en su respuesta visual ante posibles actuaciones.

La homogeneidad que se busca es relativa en función del nivel de detalle; a determinadas escalas puede reducirse a los indicadores ambientales más importantes admitiéndose variación en los otros factores. La homogeneidad interna de la unidad implica que las características paisajísticas de todos los puntos que comprende sean iguales o se hayan definido como equivalentes, ya que la homogeneidad total supondría una división excesivamente detallada. La homogeneidad estará en función de la escala de trabajo; a menor escala corresponderá, en general, mayor tamaño de las unidades y las variables a considerar en la descripción y valoración serán de orden superior, más agregado que a escalas pequeñas. La ventaja de estas unidades previas es que permite la recopilación de una gran cantidad de información añadida en inventarios de unidad en unidad, además de suponer un importante punto de partida para cualquier evaluación, ya que permite una clasificación previa del territorio.

Unidades Regulares: Son divisiones del territorio mediante una malla poligonal de forma que cada retículo es una unidad de paisaje (M.O.P.T., 1993). La ventaja que tienen estas unidades es que proporcionan una superficie convenientemente graduada, además de facilitar la referencia de los datos y su comparación con los demás elementos del medio y su definición no exige un reconocimiento exhaustivo del territorio. La principal dificultad radica en la identificación de la unidad del terreno.

Unidades Mixtas: En general no es posible acoplar perfectamente ninguna configuración geométrica a las características fisiográficas del terreno que en la mayoría de los casos son las variables base del trabajo. Este problema puede resolverse realizando las zonificaciones sucesivas (M.O.P.T., 1993): una primera irregular que clasifique el terreno en grandes grupos atendiendo a las diferencias topográficas y sirva de apoyo a la toma de datos y una posterior que se superponga a la anterior constituida por los elementos de la malla poligonal regular.

Una vez obtenidas las unidades de paisaje se describen o caracterizan para realizar su tratamiento. El procedimiento más simple e idóneo parece ser definir una serie de elementos descriptores del paisaje (relieve y vegetación entre otros), para después revisar las unidades y catalogarlas con arreglo a aquéllos. El espectro de posibilidades es muy amplio, unos son fáciles de inventariar, pero son poco discriminantes, otros son más difíciles de caracterizar, pero más representativos.

Como ejemplos en los que se recogen tipos de parámetros descriptores aparecen los trabajos de Litton (1973); Blanco (1979), Zonneveld (1989); Orive (1992); Ibarra (1993), que para caracterizar las unidades de paisaje escogen distintos elementos o parámetros como los siguientes:

Litton (1973)	Blanco (1979)	Zonneveld (1989)	Orive (1992)	Ibarra (1993)
Relieve	Fisiografía	Fisiografía	Relieve	Relieve
Topografía	Complejidad Topográfica	Geomorfología	Orientación	Litología
Vegetación y Usos de Suelo	Carácter	Vegetación	Vegetación y Usos del Suelo	Agua
Presencia de Agua	Desnivel	Suelo	Presencia de Agua	Suelo
Puntos Singulares de Atracción Focal	Incidencia Visual		Superficie	Cubierta del Suelo
	Accesibilidad Natural		Estructura y Elementos Antrópicos	Clima
		Geología		
			Infraestructuras	

Tabla 1. Parámetros Descriptores del Paisaje (Montoya, 1998).

1.9 Cualidades del Paisaje

Una cualidad es un atributo complejo de un elemento que actúa de forma diferencial y permite por lo tanto clasificar el elemento en función de él (Aguiló *et al.*, 1980). En el caso del paisaje como elemento del medio natural se distinguen dos niveles de complejidad en la definición de sus cualidades:

- Cualidades Primarias: Se refiere a las condiciones de visibilidad.
- Cualidades Secundarias: Se refiere a la calidad y fragilidad visual.

Ambas categorías son complementarias. Las primeras intentan definir las condiciones físicas en que se va a establecer la consideración de las segundas.

1.9.1 Visibilidad

Como paso previo al estudio de la calidad o la fragilidad visual en algunos casos se requiere de un análisis de las condiciones visuales del territorio debido a que la percepción visual de un paisaje depende de las condiciones en las que se realice la observación (relaciones de observador-paisaje) y de la visibilidad del territorio en ese momento. La mayoría de los enfoques aplicados al análisis visual del paisaje conceden gran importancia a la determinación de las áreas de visibilidad desde los distintos puntos de vista (Lovejoy, 1973). Algunos autores señalan la necesidad de su establecimiento previo para determinar después las características de estas zonas o áreas vistas (Zube *et al.*, 1974).

Los efectos de una obra civil en el paisaje son notables y en gran parte se deben a su mera presencia. Las fracturas más violentas del paisaje se producen por la superposición de formas de vida, formas económicas nuevas y extrañas a la organización local (Turri, 1974) y también los daños más serios son fruto de acciones casi gratuitas, faltas de una relación auténtica con lo allí existente, pero no por ello se puede olvidar la evidente relación cuantitativa entre presencia e impacto.

El objeto del análisis es determinar las áreas visibles desde cada punto o conjunto de puntos simultáneamente o en secuencia para su evaluación de la medida en que cada área contribuye a la percepción del paisaje y a la obtención de ciertos parámetros globales que permitan caracterizar un territorio en términos visuales.

Se deben de tener en cuenta las condiciones atmosféricas (grado de iluminación, claridad del aire, humedad atmosférica) que dan lugar a productos visuales

característicos de cada momento y muy variables a lo largo del tiempo afectando la distancia de visión y reduciendo la percepción del contraste. Por lo tanto, en la determinación de las cuencas visuales a escala territorial se deben tomar en cuenta la distancia, la curvatura de la tierra y la refracción de la luz.

1.9.2 Modificación de las Características Visuales

Límites modificadores de la visión:

Curvatura de la Tierra y refracción de la luz: En un territorio completamente llano un objeto o estructura se vería claramente hasta que el observador se alejase de él a una distancia en la que las correcciones por curvatura de la Tierra y refracción de la luz igualasen la altura del objeto.

Distancia: La distancia provoca una pérdida de la precisión o nitidez de visión y, debido a las condiciones de transparencia de la atmósfera y a los efectos de curvatura y refracción, tiene un límite máximo por encima del cual no es posible ver denominado “alcance visual”.

A medida que los objetos se alejan del observador, sus detalles van dejando de apreciarse hasta que llega un momento en que el objeto completo deja de percibirse. Al aumentar la distancia, los colores se vuelven más pálidos, menos brillantes, tendiendo hacia los tonos azulados, los colores claros destacan más que los oscuros, la fuerza o intensidad de las líneas se debilita y la textura pierde contraste y el grano es más fino (Aramburu *et al.*, 1993). Esto tiene dos consecuencias inmediatas para los análisis de visibilidad:

- La calidad de la percepción visual disminuye a medida que aumenta la distancia.
- Es posible fijar una distancia en función de las peculiaridades de la zona de estudio en la que nos interese proseguir los análisis de visibilidad.

La mayor parte de los análisis de visibilidad adoptan un sistema de pesos para ponderar lo que se ve en función de la distancia. Los umbrales y los pesos son muy variables

(Aramburu *et al.*, 1993). Por ejemplo, se distinguen tres zonas: próxima o primer plano, media o plano medio y lejana o plano de fondo. Steinitz (1979) en un estudio paisajístico sobre el North River en Massachussetts usa tres zonas en función de la distancia:

Zona	Distancia	Peso
Próxima	0 m – 200 m	1
Media	200m – 800 m	1/3
Lejana	800 m – 2600 m	1/9

Tabla 2. Zonas para el Análisis de Visibilidad (Steinitz, 1979).

Litton (1972) se apoya en esta distinción y utilizando una terminología más pictórica, establece las tres zonas que han pasado a formar parte de todas las metodologías de evaluación de paisajes:

Primer Término: Donde el observador tiene una participación directa; recibe impresiones de los detalles inmediatos; percibe el movimiento de las hojas de los árboles y del pasto y monopoliza prácticamente toda la sensación de color que se pierde rápidamente con la distancia. Esta zona alcanza una distancia máxima de 400 m a 800 m en función de las características del área de estudio y el propósito del análisis.

Término Medio: Desde el limite anterior hasta los 5 Km. Es la zona más crítica del paisaje. Las individualidades del área se agrupan para dotarla de carácter y es la zona donde los impactos producidos por las actuaciones tienen una repercusión mayor. En este rango de distancias es preciso establecer la valoración del ajuste o impacto de las obras públicas. Más cerca, la atención se vuelca en detalle, más lejos se deja de ver con claridad.

Fondo: A partir de los 5 Km. El énfasis pasa del detalle a la silueta. El color se vuelve irreal y de difícil identificación y las texturas son casi irreconocibles. Se perciben masas recortadas sobre cielo que proporcionan a su vez el fondo sobre quien destacan las características visibles de las otras dos zonas (Gibson, 1950).

En los programas de computadoras para el análisis de visibilidad se suelen incluir las posibilidades de que el usuario fije la distancia, los umbrales y los pesos. Sin embargo

en los estudios de medio físico o de planificación territorial los valores más empleados se sitúan entre los 2 Km y los 3 Km (Ramos y Mantilla, 1976).

La posición del observador en relación con el objeto observado determina los ángulos que forma su eje de visión con dicho objeto en los planos horizontal y vertical (Clark, 1970 y 1976, Iverson, 1975). Un objeto resulta más visible cuanto más cerca se encuentra del observador y se ve mejor cuando el eje de visión es perpendicular al perfil que se contempla que cuando se disfruta de una visión rasante (Smardon, 1979).

La elevación del observador respecto del objeto condiciona la apreciación de su forma y tamaño, e incluso puede modificar el tipo de composición escénica del conjunto. Las posiciones inferiores hacen que las formas parezcan mayores y pierdan perspectiva y tienden a incrementar el grado de cerramiento escénico y la dominancia de los objetos. Las posiciones superiores suelen ampliar el campo de visión y dan una idea general sobre cómo se disponen los elementos en el paisaje.

La modificación por ángulo de incidencia horizontal (ángulo entre el eje visual y la normal a la orientación) es considerada prácticamente en todos los estudios y métodos modernos, mientras que la modificación por el ángulo de incidencia vertical (que se obtiene de los inventarios de pendiente) sólo tiene sentido en zonas muy accidentadas. Es común reflejar estas modificaciones por medio de un sistema de ponderación que penaliza los ángulos más agudos.

1.9.3 Condiciones de Visibilidad

Las principales implicaciones de los factores que modifican la visión con respecto a las características visuales básicas son:

Condiciones atmosféricas: Las condiciones atmosféricas y meteorológicas modifican las propiedades visuales de los elementos en unidades de paisaje, su grado de visibilidad y la nitidez de la visión:

La nubosidad reduce la intensidad de los tintes y hace que predominen las tonalidades oscuras y las superficies pierdan brillo; estas alteraciones en los colores difuminan las

líneas y reducen el contraste interno de la textura. Además, las nubes pueden ocultar parte de la escena, dando lugar a composiciones espaciales (paisaje) distintas en el tiempo al cambiar el significado y dominancia de las componentes.

La presencia de nieve o hielo aumenta la geometría de las formas, la luminosidad, la fuerza de las líneas, y la textura destaca en términos de regularidad o grano dando lugar a una organización espacial más focalizada.

Iluminación: Por la estrecha relación existente entre luz y visión es evidente que la forma en que esté iluminado un paisaje puede modificar la percepción del mismo. Las condiciones de iluminación de una escena sufren modificaciones periódicas estacionales y diarias, como puede ser por la posición de la fuente de luz.

Luz frontal: Es la que se encuentra detrás del observador y frente al objeto observado, así se reducen las sombras al mínimo, lo que produce un achatamiento aparente de las superficies y pérdida de perspectiva, pero permite apreciar bien los colores que aparecen más claros y brillantes.

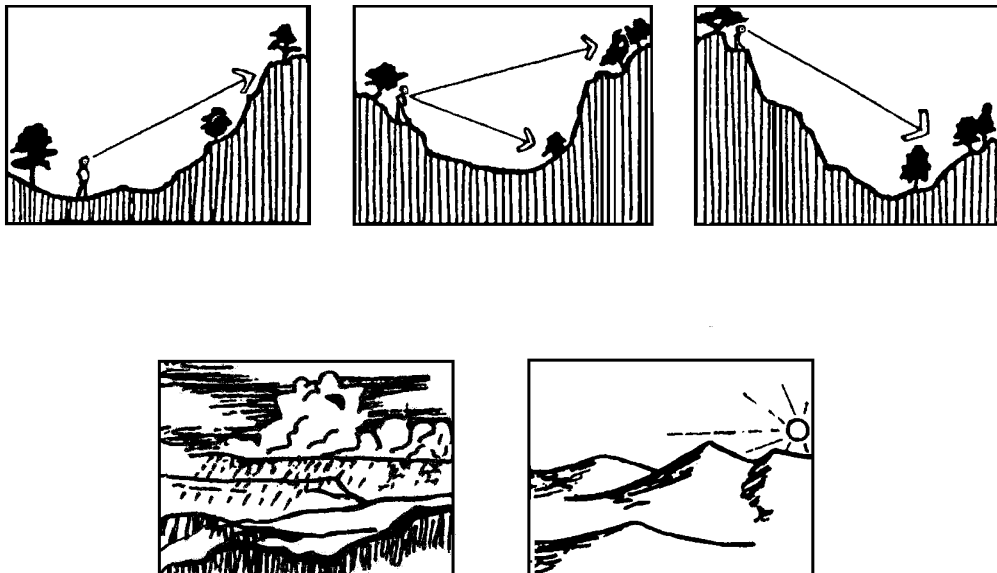
Luz lateral: Se encuentra entre el objeto y el observador en posición lateral y favorece los contrastes de luz y sombra realzando las líneas, la textura y la sensación de visión en relieve.

Luz posterior: Se encuentra detrás del objeto y frente al observador. Deja generalmente la cara del objeto en sombra, con lo que su superficie pierde contraste interno y su silueta se acentúa.

En el análisis de visibilidad la observación se dirige hacia la determinación de áreas desde las que las actuaciones propuestas sean visibles o de las alteraciones que sufren las condiciones de visibilidad de la zona. A nivel de ordenación territorial es importante definir la cuantía en que cada zona es visible desde los demás, tanto para localizar actuaciones como para proteger zonas de interés paisajístico. La cuenca visual es el elemento clave para el estudio de las condiciones visuales de un territorio tanto a efectos de su clasificación por calidad o fragilidad, como para el estudio de impactos en la cuenca visual.

1.9.4 La Cuenca Visual

Se entiende por cuenca visual a la determinación de la zona desde la que es visible un punto o un conjunto de puntos (Aguiló, 1981). Es un aspecto de gran importancia para la evaluación de impactos visuales y suele ser considerada, a través de algún parámetro generalizador, como la intervisibilidad en los estudios más modernos y de descripción y evaluación paisajística. Esta definición se aplica a elementos de dimensiones físicas apreciables. Por ejemplo, una presa: la cuenca visual de una presa sería el conjunto de puntos o la parte del territorio visible desde la presa (Weddle, 1973; Dunn, 1974; Travis *et al.*, 1975)



Posición del observador (inferior a nivel y superior) y Condiciones Atmosféricas.

Fig. 4. Modificadores de la Visión (Smardon, 1979).

La primera consideración importante para la determinación de la cuenca visual es la altura sobre el terreno donde se sitúa el punto de observación. En terrenos llanos la altura de observación tiene una gran repercusión sobre la extensión de la cuenca visual. Por ejemplo, los faros, entre más metros de altura sobre el nivel del mar tengan, más millas de alcance tendrá para su señal hasta que la combinación de la curvatura de la Tierra y la refracción de la luz creen una zona de sombra donde ya no sea visible el faro.

En terrenos más accidentados la importancia de un punto de observación más alto sobre el terreno puede ser menor (Habblethwaite, 1973).

Para categorizar un territorio de acuerdo con sus posibilidades visuales es preciso definir una altura típica de observación sobre el terreno. Esta altura será en función del tipo de estudio a realizar, las características topográficas de la zona y la precisión de datos de altitud que servirán de base.

La forma del borde de la cuenca visual es un factor importante en la comprensión del paisaje, proporcionando el primer indicio de sentido del entorno circundante y, en cierto modo, estableciendo la dificultad de lectura que presenta para el observador. Por ello suele ser determinante para establecer tipos de paisaje, por ejemplo, los bordes de cuenca muy irregulares son típicos de territorios de topografía muy accidentada con obstáculos en todos los sentidos de visión (Aguiló, 1981; Aramburu *et al.*, 1993).

1.9.5 Determinación de la Cuenca Visual por Métodos Automáticos

La determinación de la cuenca visual por métodos automáticos se caracteriza principalmente por el uso de ciertas técnicas para los procesos de tipificación y valoración. Parte de un planteamiento más sistemático que considera elementos intangibles y se apoya fundamentalmente en la utilización de computadoras para los procesos de tipificación y valoración. Va dirigido por lo general al estudio de áreas extensas y al manejo de gran número de datos posibilitado por el tratamiento automático de la información (Aguiló, 1981; Tevar, 1995; Eastman, *et al.*, 1996).

Como ejemplo de esto, tenemos el cálculo de la cuenca visual por rayos ilustrado en la siguiente figura:

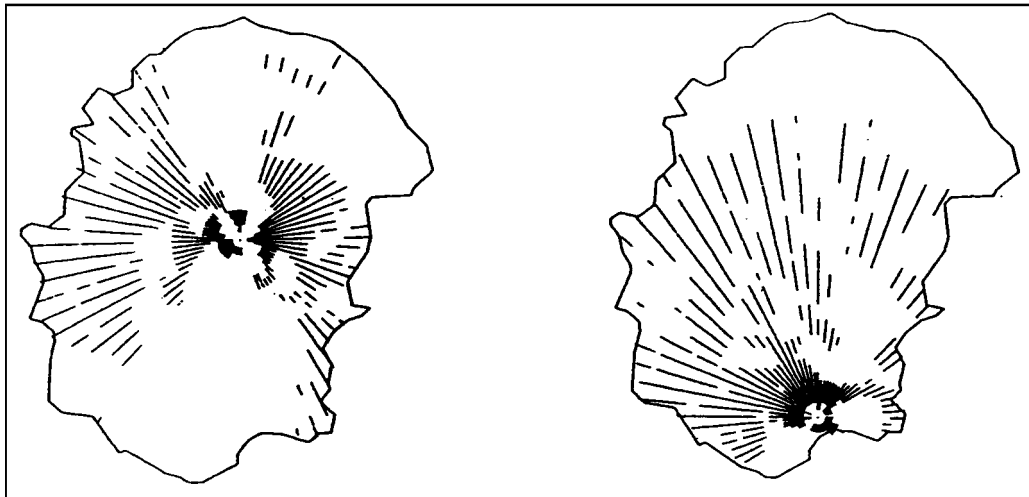


Fig. 5. Calculo de la Cuenca Visual por Rayos. Las cuencas visuales relativas de los puntos son respectivamente el 42.1 % y el 60.2 %.

1.9.6 Intervisibilidad

Este concepto es una serie de medidas que intentan cualificar el territorio en función del grado de visibilidad reciproca de todas las unidades entre sí. Representa el cálculo del área o del número de unidades vistas desde cada unidad y extendido a todo el territorio. Es muy útil para establecer zonas de impactos visuales máximos o mínimos y en los problemas concretos de localización de actividades. En este caso, funciona reversiblemente posibilitando la localización de las actividades que se desean más visibles y recíprocamente ocultando en las zonas menos visibles aquellas actividades necesarias para el territorio, pero no deseadas visualmente (Steinitz, 1979) (Fig. 6).

La presentación de los resultados se puede hacer de forma muy diversa, lo más usual es recoger el número de veces que una unidad es vista desde una serie de orígenes y ordenar todas las unidades en una escala. La mayor puntuación, por ejemplo en porcentaje, significa entonces mayor exposición de las vistas desde los puntos de origen, indicando así que cualquier actuación a localizar en esa unidad de alta puntuación tendrá una gran repercusión en el territorio, puesto que se verá desde muchos puntos de observación (Aramburu, *et al.*, 1993).

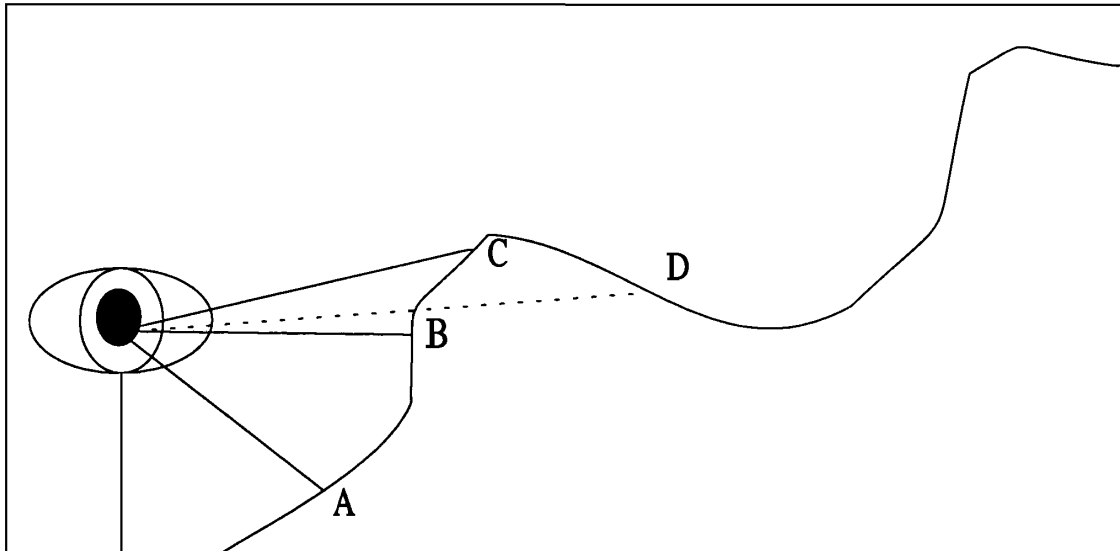


Fig. 6. Relación de Intervisibilidad. El punto D no se ve por corresponderle una pendiente visual menor que el punto C situado más próximo al observador (Tevar, 1995).

1.9.7 Accesibilidad

Con respecto a la percepción del paisaje hay mucha literatura que insiste en la necesidad de introducir la accesibilidad o cualquier otra medida de la posible presencia humana en los métodos de valoración de la calidad y fragilidad visual (Fines, 1968; Lovejoy, 1973; Dunn, 1974).

Se han propuesto muchas medidas de accesibilidad con finalidades funcionales específicas o como condiciones puramente geométricas, quizá la más empleada sea la medida de la distancia a carreteras, pero aquí es preciso completarla con la exposición visual (Faurthorne, 1965; Holroyd, 1966, 1969; Baxter y Lenzi, 1975; Robertson, 1976).

La accesibilidad interesa no sólo respecto al punto al que se ha de llegar, sino a los puntos que desde allí se verán. Por lo tanto, se caracterizan como más frágiles a los puntos más visibles desde las zonas más transitadas. Generalmente se consideran solamente los núcleos urbanos y las carreteras y a veces se ponderan las áreas vistas por el posible número de “usuarios” de la zona, por ejemplo, el número de habitantes del núcleo urbano o la intensidad media de tráfico de las carreteras (Jones *et al.*, 1975; Weddle, 1975).

El Manual de Ordenación Visual (Visual Management System) del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A., 1974 a y b) ha servido de base para el desarrollo de innumerables métodos de valoración de la calidad y fragilidad visual. En este manual se introducen dos cualidades del territorio, una intrínseca: “calidad visual” representada por las denominadas “clases de variedad” y otra extrínseca llamada “niveles de sensibilidad” que tiene en cuenta, por medio de las carreteras y sus intensidades de tráfico, el número de los posibles observadores.

La consideración de la accesibilidad está ligada a la escala en que se desarrolle el análisis de fragilidad o calidad (Litton, 1973; Aramburu, *et al.*, 1993):

Se considera la accesibilidad de cada unidad de paisaje como modificador de sus condiciones de visibilidad. La idea radica en la aceptación del principio de “comodidad” del observador de tipo medio que nunca busca los lugares más recónditos, sino que circula por el territorio de acuerdo con la capacidad de acceso de éste. Se establece una red de puntos de control basada en las condiciones visuales de todo el territorio y de su red de comunicaciones.

Por muchas razones se ha optado por acompañar la introducción de la accesibilidad como modificador objetivo y externo de la fragilidad con el establecimiento de un control visual vinculado a lo peculiar del territorio. Con este enfoque, la presencia humana propicia un valor adquirido para el paisaje que no sustituye al valor intrínseco pero sí lo completa y el conjunto de ambos se acompaña de un instrumento de simplificación y futuro control constituido por una red de puntos de control (Aramburu *et al.*, 1993).

Las zonas del área de estudio que propician paisajes de reconocida calidad visual deben estar cubiertas por las cuencas visuales de varios puntos de control. Aquí la accesibilidad y el número de observadores que han sido criterios dominantes en los caminos y carreteras, núcleos urbanos y áreas de uso concentrado dan valores del propio territorio que deben ser tratados con especial cuidado.

Con estos criterios se selecciona la red definitiva de puntos control, acoplándose a las condiciones particulares del territorio, y se prepara un mapa compuesto por las cuencas de cada punto de control. El estudio se completa con visitas al campo y fotografías que proporcionen una impresión completa del territorio y que permitan simular sobre ellos futuras actuaciones para poder anticipar su impacto (Aramburu *et al.*, 1993; Litton, 1973).

1.9.8 Calidad del Paisaje

El paisaje, como cualquier otro elemento, tiene un valor intrínseco y su calidad puede definirse en función de su calidad visual intrínseca, de la calidad de las vistas directas que de él se divisan y del horizonte escénico que lo enmarca, es decir, el conjunto de las características visuales que califican la belleza del paisaje.

El concepto de “calidad” es clave en cualquier ordenación paisajística. La determinación de la calidad visual del paisaje tiene interés cuando se trata de adoptar alternativas de uso y se necesitan patrones comparativos.

Sobre este concepto se han vertido también diversas definiciones: Cifuentes (1979), la menciona como “la capacidad visual del territorio para la localización de una actividad”. Blanco (1979), la entiende como “el grado de excelencia del paisaje, su mérito para no ser alterado o destruido y para procurar su conservación”.

El concepto de calidad es clave en toda ordenación paisajística. En la literatura especializada se hace referencia a este concepto con el término “calidad” u otros parecidos como “capacidad” (Weddle, 1972). La determinación de la calidad visual del paisaje tiene interés cuando se intentan adoptar alternativas de uso y se necesitan cánones comparativos.

La percepción de la belleza de un paisaje como factor representativo de su calidad es un acto creativo de interpretación por parte del observador (Polakowski, 1975). La belleza se aprecia y se reconoce de forma distinta y en mayor o menor grado según los observadores. Esta respuesta hacia la belleza viene condicionada, en lo referente a la persona, por tres tipos de factores (Laurie, 1975):

- Condiciones y mecanismos sensitivos y perceptivos inherentes al propio observador: Entre estos están la forma de mirar, la capacidad de imaginación, actitud en el momento de la contemplación, mecanismo de asociación de imágenes y experiencias sensitivas anteriores.
- Condiciones educativas y culturales: Se refiere a las influencias de su aprendizaje cultural y estético.
- Relaciones del observador con el objeto a contemplar: Como por ejemplo, la familiaridad con el paisaje, su conocimiento profundo, e inclinaciones emocionales provocadas por asociaciones personales.

La calidad formal de los objetos y de las relaciones entre ellos y con su entorno pueden describirse en términos de diseño, tamaño, forma, color y espacio. La importancia de estos factores en la calidad visual del paisaje es innegable, aunque la organización del análisis que pueda medir el valor relativo de cada uno y su papel y peso en la composición total es materia de debate (Aramburu, *et al.*, 1993).

Además del problema perceptivo de la belleza, surge la complicación de adjudicarle posteriormente un valor. Una vez que el individuo ha recibido una sensación o percepción y ha generado una respuesta estética, la evaluación le exige realizar un proceso de valorización que trae consigo nuevos problemas. El valor que se asigna a un paisaje tiene elementos o componentes mutuamente interdependientes que son (Groves y Kahalas, 1976):

- Componente cognoscitivo
- Componente sensitivo o afectivo
- Componente de tendencia a la acción o actuación

Estos componentes forman un sistema de valor complejo muy interrelacionado que es difícil de analizar. Por ejemplo, si se pide a una serie de personas que adjudiquen un valor, en una escala predeterminada, a una serie de paisajes, será muy difícil evitar que los que los conocen, los valoren de forma distinta a los que no los han visto nunca, proporcionando así respuestas en principio no comparables (Aramburu *et al.*, 1993).

Esta serie de problemas: a) la calidad intrínseca del paisaje, b) la respuesta estética del paisaje y c) la adjudicación de un valor, han sido abordados de distintas maneras por autores como Dunn (1974), Penning-Rowsell (1974), Arthur, *et al.*, (1977), Robinson *et al.*, (1976), dedicados a la evaluación del paisaje y han dado lugar a múltiples métodos de valoración.

Existen varios sistemas de clasificación de las metodologías útiles para estos efectos en función de los criterios empleados en cada una de ellas, en las unidades de medida que emplean, o bien, en la participación de los usuarios en el proceso (Aramburu, *et al.*, 1993).

1.9.10 Métodos Directos de Valoración de la Calidad Visual

Este grupo de métodos se caracteriza porque la evaluación se realiza por medio de la contemplación de la totalidad del paisaje, bien en el campo o a través de algún tipo de sustituto, como fotografías, películas y dibujos entre otros. La característica crucial y definitoria de estos métodos es el juicio o valoración del paisaje en su totalidad. Miden la calidad del paisaje *per se* sin detenerse a averiguar qué componentes o elementos del paisaje son los causantes de su aceptación o rechazo estético (Fines, 1968; Dunn, 1974; Aramburu, *et al.*, 1993).

Las principales dificultades inherentes a la aplicación de estos métodos es la utilización de sustitutos, pues los objetos naturales no están enmarcados o limitados. Así mismo el observador del paisaje se encuentra con una disposición de ánimo totalmente distinta a la del espectador de una fotografía, también se depende de la selección de puntos de observación.

1.9.11 Métodos Indirectos de Valoración de la Calidad Visual

Forman el grupo más numeroso de técnicas de valoración de la calidad y son también los más antiguos. Incluyen métodos cualitativos y cuantitativos que evalúan el paisaje analizando y describiendo sus componentes. Estos componentes pueden ser elementos, factores físicos o categorías estéticas y en algunos casos una mezcla de ambos (Aramburu *et al.*, 1993). La aplicación de estos métodos, se realiza en las siguientes fases (Gómez Orea, 1978):

- Identificación o selección de los componentes a considerar.
- Medición de los componentes para cada unidad, sobre el terreno o sobre información topográfica o cartográfica.
- Establecimiento de los pesos o coeficientes de ponderación con que cada elemento contribuye a la calidad.
- Combinación de las fases anteriores para obtener un valor de la calidad visual global de la unidad.

Es muy importante la selección de los criterios los cuales en general deben de satisfacer las siguientes condiciones (Dunn, 1974):

Primero: Debe ser exhaustivo, es decir, debe de incluir todos los factores relevantes en la determinación del carácter y calidad del paisaje. La elección de factores es una elección clave, crucial para todos los métodos indirectos de evaluación que por ahora es totalmente subjetiva.

Segundo: Los criterios deben excluirse mutuamente para eliminar la posibilidad de medir dos veces el efecto de un factor determinado.

1.9.12 Métodos de Valoración a través de Componentes del Paisaje

De entre todos los métodos útiles para valorar el paisaje, este en particular resulta de especial interés para el caso que nos ocupa. Este tipo de método utiliza para la desagregación del paisaje sus elementos o características tales como el relieve topográfico, forma del terreno, vegetación, usos de suelo, espacios abiertos, agua, infraestructura, etc. Cada unidad de paisaje se valora en términos de cada componente agregando después los valores parciales de cada uno para obtener un valor final (Linton, 1968; Stevenson, 1970; Tandy, 1971; Lovejoy, 1973; Dunn, 1974; Gómez Orea, 1978; Ramos, 1980; Escribano *et al.*, 1978; Aramburu *et al.*, 1993).

El planteamiento general de un modelo de este tipo contempla, siguiendo el proceso metodológico desarrollado en la Cátedra de Planificación y Proyectos de la E.T.S. de Ingenieros de Montes (Universidad Politécnica de Madrid) recogido por Escribano y colaboradores (1987), tres elementos:

Las características del punto donde se encuentra el observador: Estas proporcionan la “calidad visual intrínseca” que se define como el atractivo visual que se deriva de las características propias de cada punto del territorio. Los valores intrínsecos visuales positivos se definen generalmente en función de la morfología, vegetación y presencia de agua entre otros.

La calidad de las “vistas directas” del terreno contiguo que desde un punto se divisan proporcionan la “calidad visual del entorno inmediato” que corresponde al paisaje externo inmediato a cada punto del territorio y se define en términos cuantitativos por un radio entre 500m y 700 m que tiene por centro aquel punto. La importancia del entorno inmediato se justifica por la posibilidad de observación de elementos visualmente atractivos: el discernir árboles si se divisa una masa arbolada, las formas de modelado de la roca si se divisa un afloramiento lítico o el espejo de agua. Trata de averiguar y luego valorar lo que se ve a una distancia inferior o igual a 700 m.

El horizonte visual, fondo escénico o calidad de las vistas escénicas: Su análisis proporciona la “calidad del fondo escénico”, entendida como la calidad del fondo escénico al conjunto que constituye el fondo visual de cada punto del territorio. Los elementos básicos del territorio para evaluar la calidad del fondo escénico son la intervisibilidad, la altitud, la vegetación, el agua y las singularidades geológicas.

Cada uno de estos elementos proporciona matices diferentes y puede verse afectado o modificado de distintas maneras por una actuación sobre el territorio.

1.9.13 Fragilidad del Paisaje

La fragilidad visual del Paisaje puede ser definida como “la susceptibilidad de un territorio a sufrir cambios cuando se desarrolla un uso sobre él” (Cifuentes, 1979). En otras palabras, es la función inversa de su capacidad de absorción de las alteraciones sin pérdida de su calidad. La calidad y la fragilidad son conceptos complementarios y todo estudio que contemple el desarrollo de cualquier actuación humana sobre el territorio estaría incompleto si no incluye ambos.

Este concepto se designa también como vulnerabilidad; “la vulnerabilidad visual es el potencial de un paisaje, para absorber o ser visualmente perturbado por las actividades humanas” (Litton, *et al.*, 1974). La fragilidad visual de un paisaje es la función inversa de su capacidad de absorción de las alteraciones sin pérdida de su calidad.

La calidad visual de un paisaje es una cualidad intrínseca del territorio que se analiza, la fragilidad depende del tipo de actividad que se piensa desarrollar. El espacio visual puede presentar diferente vulnerabilidad según se trate de una actividad u otra. Esta es una observación importante cuando se trata de realizar un estudio sobre un territorio de extensión reducida. En este caso habría que especificar su fragilidad para cada una de las actividades posibles. Cuando se trate de un estudio donde la superficie del territorio sea grande y el planeamiento tenga como objetivo proporcionar un marco de decisiones, la fragilidad ha de tomar también carácter genérico y considerarse como fragilidad intrínseca (Aramburu *et al.*, 1993).

La mayor parte de los métodos de estimación de la fragilidad visual del paisaje se han desarrollado para hacer frente a problemáticas concretas. Cuando la fragilidad visual es considerada como una cualidad intrínseca del territorio puede ser evaluada siguiendo esquemas metodológicos similares a los desarrollados en la valoración de la calidad del mismo. En la mayoría de los modelos de evaluación se tienen en cuenta factores como: visibilidad (magnitud y complejidad de lo observado), pendiente, efecto pantalla de la

vegetación, morfología del terreno, accesibilidad del paisaje, etc. La mayor parte de los estudios sobre la fragilidad del paisaje abordan el tema desde el enfoque de la fragilidad visual del punto, misma que depende de factores como pendiente del terreno, orientación, cubierta del suelo, tipo de suelo, erosionabilidad y potencial de regeneración (Aramburu *et al.*, 1993; Tetlow y Sheppard, 1979; Jacobs y Way, 1969; Iverson, 1975).

Aguiló en 1981 valora la fragilidad visual y clasifica a los elementos y características del paisaje que utiliza para ello en tres grandes grupos:

- Factores Biofísicos
- Factores de Visualización.
- Factores Histórico - Culturales.

Este enfoque también es aplicado por la Escuela Americana del Análisis de la VAC (Visual Absortion Capability), que justifica la utilización de este tipo de factores en su constancia y por tanto su mayor facilidad para ser inventariados y analizados (Yeomans, 1979).

En el modelo propuesto por Aguiló (1981) la fragilidad visual de un punto del territorio es función de los elementos y características ambientales que definen el punto y su entorno. Así se define la fragilidad visual intrínseca, independientemente de la posible observación, a la que es necesario añadir ciertas condiciones referentes a la posibilidad real o pragmática de visualizar la futura actuación por parte de un observador. Así, la fragilidad visual intrínseca se hace independiente de la observación. Esta es la razón por la que se considera un valor adquirido de la fragilidad visual cuando a la caracterización intrínseca se le añade el matiz de la accesibilidad potencial a la observación.

La mayor parte de los estudios de la fragilidad visual del territorio tratan el tema bajo el enfoque de la fragilidad visual del punto dependiente de los factores biofísicos tales como la pendiente del terreno, su orientación, el tipo de cubierta del suelo, el tipo de suelo, su erosionabilidad y potencial de regeneración. Aguiló (1981) basándose en estos

razonamientos seleccionó las siguientes variables para calificar la fragilidad visual de un paisaje.

1.9.14 Fragilidad Visual del Punto

Factores Biofísicos:

La Densidad de la Vegetación: La densidad de la vegetación está inversamente relacionada con la fragilidad visual. A mayor densidad de la vegetación, expresada por el porcentaje del suelo cubierto por la proyección horizontal de las especies leñosas se presentará una menor fragilidad visual intrínseca. A mayor densidad, mayor facilidad de integración de una obra.

Altura de la Vegetación. La altura de la vegetación se relaciona en razón inversa con la fragilidad visual. No tienen la misma fragilidad visual una vegetación densa y estratificada de pequeña altura que otra más elevada con la misma caracterización de densidad (% de suelo cubierto) y estructura.

Diversidad de Estratos de la Vegetación: La diversidad de los estratos de la vegetación esta íntimamente relacionada con la estructura de la cubierta vegetal y con su diversidad global, crece en proporción inversa con la fragilidad visual (Schauman, 1979). La diversidad de los tipos fisionómicos incrementa la existencia de espacios bloqueados a la interpretación visual y en este incremento de organización se basa la capacidad de absorción visual que este elemento proporciona (Blau *et al.*, 1979). Cuando mayor es la complejidad de la estructura de la vegetación, mayor número y densidad de estratos, menor es el nivel de fragilidad visual.

El Contraste Cromático entre el Suelo y la Vegetación: Que en este caso favorece la visualización de las actuaciones, como ocurre con gran parte de las obras públicas, implicando, remoción del terreno-desmontes, terraplenes y movimientos de áridos. La fragilidad visual intrínseca crece con la magnitud del contraste de color entre suelo y vegetación.

Contraste Cromático dentro de la Vegetación. Su crecimiento hay que asociarlo a una disminución de la fragilidad visual. Las gamas heterogéneas de colores ofrecen una mayor posibilidad de integración que las manchas monocromáticas. El contraste cromático suelo - vegetación aumenta la fragilidad visual, en todos los trabajos en los que se trata la capacidad de absorción visual incluyen su evaluación (Yeomans, 1979; Blau *et al.*, 1979; Tetlow y Sheppard, 1979). La diversidad cromática dentro de la propia cubierta vegetal favorece el “camuflaje” de las actuaciones humanas, sobre todo si esa gama abundante de colores no obedece a un patrón claramente definido y se distribuye en forma caótica. Las situaciones de mayor fragilidad visual a este respecto, vienen definidas por las manchas monocromáticas.

También existen parámetros naturales que actúan en sentido negativo como:

La Estacionalidad de la Vegetación: La pérdida de opacidad, la disminución del “efecto pantalla” que supone la pérdida de hojas caducas es un factor que aumenta, aunque sea de forma temporal durante el otoño-invierno, la fragilidad visual de las zonas que sustentan aquel tipo de vegetación. Es decir, la pérdida de las hojas lleva consigo también una pérdida aunque sea temporal de la capacidad de absorción visual.

Pendiente: La pendiente es un factor fundamental y primero para los estudios con referencia a la capacidad de absorción visual del territorio. Condiciona el ángulo de incidencia visual del observador. Por lo tanto el incremento de la pendiente va intrínsecamente ligado con el aumento de la fragilidad visual. Para la evaluación de la fragilidad visual de este factor se efectúa una clasificación de los valores estimados de la pendiente en el sentido de atribuir una mayor capacidad de absorción visual a las pendientes más bajas.

Orientación: La orientación de las laderas constituye un factor influyente en la capacidad de absorción visual (Litton, 1974). Tiene mucha relación con la configuración del territorio y no es igual su magnitud en los paisajes accidentados de exposiciones nítidas que en las configuraciones alomadas suaves o a todos los vientos.

La relación orientación-fragilidad visual obedece a dos criterios. Existe una mayor fragilidad en las zonas más iluminadas normalmente para el observador. El sur y el

oeste son en este sentido más frágiles que las exposiciones al norte y al este. También existe una menor fragilidad en las zonas cuya orientación obliga al espectador a una visualización a contraluz durante un tiempo más prolongado.

1.9.15 Fragilidad Visual Intrínseca y del Entorno

Factores morfológicos de visualización:

Los factores de visualización son derivados de la configuración del entorno de cada punto, entran aquí los parámetros de la cuenca visual o superficie vista desde cada punto, tanto en magnitud como en forma y complejidad. Todos estos parámetros se agregan en un único valor que mide la fragilidad visual del entorno del punto. Los factores morfológicos de visualización más importantes son los siguientes:

Tamaño de la Cuenca Visual: Un punto es más vulnerable cuanto más visible es, cuanto mayor es su cuenca visual.

Forma de la Cuenca Visual: Las cuencas visuales más orientadas y alargadas son más sensibles a los impactos, pues se deterioran más fácilmente que las cuencas redondeadas debido a la mayor direccionalidad del flujo visual.

Compacidad de la Cuenca Visual: Las cuencas visuales con menor número de huecos y con mayor complejidad morfológica son más frágiles.

Altura Relativa del Punto respecto a su Cuenca Visual: Son más frágiles visualmente aquellos puntos que están por encima o muy por debajo de su cuenca visual y menos frágiles aquellos otros que tienen su cuenca visual al mismo nivel. Cuando los rayos visuales inciden con ángulos muy pequeños sobre la superficie a observar el detalle se aprecia mal. La visión desde distinta altura lleva unos ángulos de incidencia mayores y una mayor exposición a las vistas.

Fisiografía: Se contempla como la posición topográfica ocupada dentro de la unidad de paisaje y se consideran las zonas culminantes como las de mayor fragilidad, algo menor las laderas y por último las vaguadas y fondos de valle.

Fragilidad Derivada de las Características Histórico-Culturales: Los precedentes histórico-culturales se han empezado a introducir para los estudios y planes de ordenación territorial a partir de los trabajos de Scott (1979) y Firth (1980) tienden a explicar el carácter y las formas de los paisajes en función del proceso histórico que los ha producido y son por lo tanto determinantes de la compatibilidad de forma y función de futuras actuaciones en el medio. Es importante señalar que los elementos son particulares y de interés histórico, cultural, tradicional y arqueológico, que a modo de focos vivenciales estructuran y articulan la vinculación del hombre al medio, dotándole de ese particular sentido que transforma la naturaleza en paisaje (Perelman, 1980; Universidad de Santander, G. A. A., 1980).

Accesibilidad de la Información: La accesibilidad representa a los puntos del territorio a los que se puede llegar, siendo más importante el considerar las áreas que desde allí se pueden ver.

1.9.16 Capacidad de Absorción Visual

La Capacidad de Absorción Visual es una herramienta para determinar la susceptibilidad del paisaje ante los cambios visuales producidos por las actividades del hombre (Anderson *et al.*, 1979). Puede ser definida como “la capacidad física de un paisaje para absorber las actividades propuestas para ese territorio manteniendo éste su calidad visual” (Yeomans, 1979). A mayor fragilidad o vulnerabilidad visual equivale una menor capacidad de absorción visual; a menor fragilidad visual equivale una mayor capacidad de absorción visual. Los puntos del territorio con alta capacidad de absorción visual gozan de unas características específicas que permiten que los efectos de las acciones en ellos desarrolladas “se vean poco” o “destaquen poco” en la configuración paisajística del lugar. Lo contrario ocurrirá en los puntos del territorio con baja capacidad de absorción visual, que podrían describirse también como puntos de alta fragilidad visual. Fragilidad y capacidad de absorción son términos opuestos que se pueden llegar a medir simultáneamente (Smardon, 1986).

2.0 Los Sistemas de Información Geográfica

En los últimos 20 años las ciencias biológicas y medioambientales han experimentado una revolución en lo que se refiere a las herramientas que utilizan para adquirir y analizar los datos requeridos para sus estudios. Esto ha sido posible a causa del avance en las tecnologías de la comunicación e informática que permiten manejar mayor cantidad de datos y más complejos, los cuales pueden ser analizados rápidamente. Junto a estas tecnologías se han implementado instrumentos como los registradores de datos, así como los paquetes estadísticos. El resultado de este tipo de herramientas es la creación y la aceptación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como instrumento invaluable para los biólogos, pues hasta hace muy poco tiempo, en los estudios ecológicos y de planeación física, se tenía el problema de la heterogeneidad espacial y temporal porque se carecía de una serie de herramientas para el manejo de sus datos (Johnson, 1990), así como de los métodos de análisis necesarios para representar el volumen de datos que podían tomar y representar de forma fiable en los ecosistemas complejos. Las computadoras modernas, los SIG y los algoritmos estadísticos para el manejo de los datos espaciales nos permiten ahora un mayor rango de escalas espaciales dentro de estos sistemas.

En la década de los años sesenta se da la aparición de los primeros Sistemas de Información Geográfica (SIG). Desde su nacimiento, han pasado por distintas fases de desarrollo y diversidad, siendo actualmente muchos los programas informáticos que realizan los objetivos fundamentales de los SIG como la solución de los problemas espaciales complejos. En esta etapa de evolución de los SIG se ha conseguido que estos sistemas sean una potente herramienta para la gestión de información espacial de manera rápida y eficaz. Los SIG actuales son capaces de gestionar, almacenar, representar e incluso desempeñar papeles fundamentales en aplicaciones avanzadas como la planificación del territorio (Bosque, 1992; Barredo, 1996). Los Sistemas de Información Geográfica pueden considerarse como una caja de experimentación, lo que permite al gestor del territorio trabajar o plantearse diferentes escenarios virtuales de una determinada región, primero, los que se producirían con la ejecución de ciertas políticas y, segundo, lo que ocurriría siguiendo determinadas actuaciones. Esto hace de

los SIG una potente herramienta de planificación cuando se dispone de una base de datos suficientemente amplia para los fines que se plantean.

2.1 Definición de un Sistema de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica se puede definir como un sistema para el manejo, análisis y representación de datos geográficos espaciales. Estos se pueden representar por puntos, líneas y polígonos. Por ejemplo, los puntos pueden representar sitios de depósitos de algún desecho: las líneas pueden representar carreteras, ríos u otro tipo de característica lineal y los polígonos representan características de áreas como los diferentes tipos de vegetación o usos de suelo (Russell y Green, 1992).

Los Sistemas de Información Geográfica han sido definidos de distintas maneras dependiendo del punto de vista del autor. Cebrian (1988) los enuncia como una “base de datos computarizada que contiene información espacial”; Burrough (1986) los define como un “conjunto de herramientas para reunir, almacenar, recuperar, transformar y representar datos espaciales del mundo real para un grupo particular de propósitos”; Bosque (1992) propone que un SIG es “tecnología informática para gestionar y analizar información espacial”; la N.C.G.I.A. (1990) menciona que son un “sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente georeferenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión”; mientras que Aronoff (1989) menciona que se trata de un “sistema informatizado que provee los siguientes cuatro conjuntos de operaciones para tratar datos georeferenciados: 1) entrada de datos, 2) uso de los datos (almacenamiento y recuperación), 3) manipulación y análisis y 4) salida”.

Haciendo una revisión crítica de las principales definiciones de los Sistemas de Información Geográfica encontramos que Rodríguez (1993) propone la siguiente “un SIG es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la tierra, establecido para satisfacer necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas”.

En todas las definiciones anteriormente mencionadas, el elemento fundamental hace referencia a que son datos espacialmente georeferenciados. Este elemento diferencia a los SIG de otras bases de datos especializadas. El dato espacial contiene, en su componente más elemental, características de localización (X, Y) y tipo de característica temática (Z), en las cuales se asienta la base de todas las operaciones posibles que puede realizar un SIG. El dato espacial puede ser sintetizado, analizado y presentado cartográficamente a través de los SIG, por ello, debe ser introducido en la base de datos con una serie de requerimientos y características que hacen al dato espacial operativo en el Sistema de Información Geográfica pudiendo resolver problemas de toma de decisiones, lo que los acerca a los Sistemas de Apoyo a la Decisión (SAD) (Gutiérrez y Guold, 1994).

La denominación de SIG abarca dos aspectos distintos, pero complementarios: el programa informático diseñado para llevar a cabo las funciones propias de él y, por otro lado, la base de datos que contiene datos espaciales.

2.2 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica

Los datos espaciales contenidos en un SIG pueden considerarse como un conjunto de mapas de una porción específica de la superficie representando cada uno de ellos una variable temática como: red vial, hidrografía, usos del suelo, localización de pozos, entre otras. Cuando la variable temática está introducida en el SIG recibe el nombre de “capa temática”, en la que se representa una tipología específica de elementos del mundo real. Una capa temática es “un conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados y sus atributos temáticos” (Aronoff, 1989). También puede entenderse como la separación lógica de los datos espaciales de un mapa de acuerdo con un tema determinado; así, cada capa almacena un tipo particular y homogéneo de objetos espaciales. El término de mapa temático está ampliamente difundido y es muy usado. Hodgkiss (1981) lo usa no solamente para referirse a los mapas que tienen en general una información homogénea, como puede ser tipo de suelo o formas de la tierra, sino para propiedades mucho más específicas como, por ejemplo, la distribución de los valores del pH del suelo en una área de estudio, la variación de la incidencia de una enfermedad en una ciudad, o la variación de la presión atmosférica sobre un mapa

meteorológico. Los temas pueden ser cuantitativos, como la variación de la profundidad en la zona freática, o cualitativos, como en un mapa de clases de usos de suelo.

En un SIG los objetos espaciales pueden entenderse como la representación de los hechos espaciales en una capa temática. Los objetos se representan en función de los distintos tipos de unidades de observación que se pueden distinguir en la realidad (Bosque, 1992); a partir de las propiedades geométricas de un hecho real, obtenemos en un principio los datos geográficos contenidos en ella, con lo cual se lleva un proceso de abstracción y discretización de una información originalmente continua pudiendo luego, dependiendo del modelo de datos que utilicemos, representar los objetos por medio de puntos, líneas y áreas, en un modelo de datos vectoriales, o celdas en un modelo ráster.

La base de un Sistema de Información Geográfica es una serie de capas de información espacial en formato digital que representan diferentes variables (formato ráster), o bien, capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema información con orígenes y formatos muy diversos incrementando la complejidad del sistema (Gatrell, 1991; Moolenaar, 1998).

2.2.1 Modelo Ráster

El modelo ráster divide el área de estudio en una agrupación de celdas cuadradas ordenadas en una secuencia específica. Cada una de estas celdas recibe un único valor que se considera representativo para toda la superficie abarcada por la celda, por tanto se considera que el modelo ráster cubre la totalidad del espacio. Un conjunto de celdas junto con sus valores se denomina una capa ráster (Moolenaar, 1998).

En el modelo de datos ráster el espacio está representado por un conjunto de unidades espaciales llamadas píxeles (cuadrículas), las cuales representan unidades homogéneas de información espacial que establecen su localización por un sistema de referenciación en filas y columnas. Las celdas se encuentran unidas formando una malla, pero en realidad no mantienen una relación entre ellas, ya que las fronteras de las regiones o áreas están definidas implícitamente y no se reconocen a menos que se aplique un algoritmo de detección de fronteras, a diferencia del modelo vectorial, en el que cada

objeto espacial representa una unidad de información homogénea con una topología que define sus relaciones con los demás objetos espaciales de la capa temática.

En el modelo ráster, cada celda tiene un valor o código asignado correspondiente al tipo de información temática que presenta cada celda. Así, en la aproximación ráster el espacio es poblado por un largo número de celdas regularmente distribuidas, cada una de las cuales puede tener diferentes valores (Aronoff, 1989; Berry, 1993). Existen, del mismo modo que en el modelo vectorial, varias estructuras de datos para la organización ráster, las diferencias entre ellas están en cómo se almacena la información.

En el sistema ráster un factor esencial es el tamaño del elemento base, el píxel, y asociado con él, el número total de filas y columnas de cuadrículas. El tamaño del píxel establece la escala del mapa, es decir, la relación que existe entre una longitud o superficie de la realidad y su representación en el mapa. Por esta razón, cuanto más pequeño sea el píxel, más precisa será la representación de la realidad en el mapa, pero al mismo tiempo, cuanto más pequeño sea el elemento base, mayor número de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del terreno y, por lo tanto, más grande tendrá que ser el espacio del almacenamiento del mapa y más laborioso será su tratamiento y análisis.

Es fundamental desde el principio establecer el tamaño o la resolución que representará una región en la realidad. Para elegir el tamaño de un mapa ráster Star y Eestes (1990) proponen el siguiente criterio: “ la longitud del píxel o unidad base de la rejilla ráster debe ser la mitad de la longitud más pequeña que sea necesario representar de todas las existentes en la realidad”, esto quiere decir que si se tiene que crear, por ejemplo, un SIG ráster de un mapa de ocupación de suelo en una región, para determinar el tamaño del píxel adecuado se debe observar en el mapa real cuál es la parcela del terreno más pequeña que es necesario representar. Si se observa que se tiene un diámetro máximo de 30 m y uno mínimo de 10 m, en este caso la mínima unidad cartografiable es de 10 m y, por lo tanto, el tamaño del elemento base necesario para representarla es de sólo 5 m.

2.2.2 Modelo Vectorial

La estructura vectorial define objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos) mediante la codificación explícita de sus coordenadas. Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de objetos geométricos reales (carreteras, ríos, polígonos de usos del suelo). Mientras que la estructura ráster codifica de forma explícita el interior de los objetos e implícitamente el exterior, el formato vectorial codifica explícitamente la frontera de los polígonos e implícitamente el interior, aunque en ambos casos lo realmente importante es el interior. Esto significa que resulta fácil saber lo que hay en cada punto del territorio en un formato ráster, pero no en un formato vectorial. El formato vectorial incluye dos submodelos lógicos, el modelo “arco-nodo” y el modelo “orientado a objetos”. En este formato, generalmente las operaciones son más difíciles y exigen mayor tiempo de computación (Moolenaar, 1998).

En la información vectorial se pueden encontrar varias estructuras en la base de datos que corresponden a representaciones del mismo modelo de datos expresadas en términos de diagramas o listas de valores, entre otros.

El modelo de datos vectorial concibe el espacio de modo continuo (Cebrian, 1988), de forma que la representación de los hechos espaciales del mundo real se realiza de manera más realista que en el modelo ráster debido a que los objetos espaciales se representan de manera explícita, lo que indudablemente es un aspecto importante en la relación a procesos de planificación física en la cual la exacta localización y representación de los hechos espaciales es una condición requerida. El nivel de precisión en el modelo vectorial está limitado por el número de bits usados para representar un valor simple dentro de la computadora, siendo la resolución espacial mucho más fina en comparación al tamaño de celda generalmente utilizado en el modelo ráster (Aronoff, 1989).

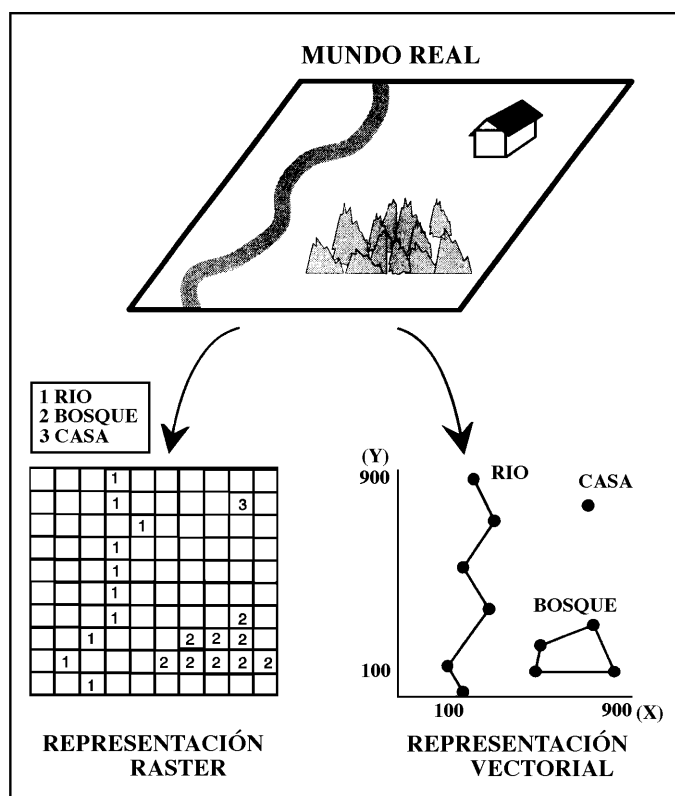


Fig. 7. Representación Ráster y Vectorial de la Información del Mundo Real (Barredo, 1996).

Los modelos de datos vectoriales y ráster presentan una serie de ventajas y desventajas en función de la utilidad que se pretenda dar al SIG. Por ejemplo, en el modelo ráster la idea de un espacio representado por un conjunto de celdas adyacentes sin relaciones establecidas hace que este espacio sea incompatible con la presencia de puntos o líneas (Cebrian, 1994), lo que puede dificultar ciertas operaciones con estos objetos espaciales. El modelo de datos vectorial concibe el espacio de modo continuo (Cebrian, 1988), de forma que la representación de los hechos espaciales del mundo real se realiza de manera más realista que en el modelo ráster.

Las dos aproximaciones conceptuales de representación de la información espacial, vectorial y ráster tienen características que las definen y diferencian notablemente. A pesar de estas diferencias, no está claro cuál de los dos modelos es mejor. Esta respuesta debe darla el analista del SIG en el momento de emprender la ejecución de un proyecto en estos sistemas. Por otro lado, algunas aplicaciones específicas encuentran una mejor respuesta en uno de los dos modelos, por ejemplo, los Modelos Digitales de Elevación

encuentran una representación más operativa en el modelo ráster. Sin embargo, la representación de variables discretas puede realizarse de manera más económica en el modelo vectorial, por ejemplo, una capa de ocupación del suelo. Por lo tanto se debería pensar en usar sistemas que integren ambos modelos en un sólo ambiente de trabajo (Barredo, 1996).

2.3 Funciones de los Sistemas de Información Geográfica

Las funciones de los Sistemas de Información Geográfica se pueden agrupar de la siguiente manera, quedando representada la totalidad de operaciones posibles para un SIG:

2.3.1 Entrada de la Información

Es una etapa fundamental para disponer de una base de datos operativa, correcta y versátil, lo que permitirá un adecuado funcionamiento del SIG.

Los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen de diversas fuentes y en distintos formatos. Entre las fuentes de información para los SIG están los mapas análogos, imágenes de sensores espaciales y fotografías aéreas, lo que implica que esta información debe ser homogeneizada y corregida para poder ser introducida en el sistema.

El proceso para la introducción de información espacial es la lectura a través de barredores ráster (scanners) de los documentos a digitalizar para, posteriormente, con programas de vectorización obtener las capas de datos en formato vectorial; también se pueden utilizar otros procedimientos, como la digitalización manual (Cebrian, 1992).

Las bases de datos ráster tienen una mayor simplicidad en la organización de la base de datos debido a que los aspectos espaciales y los temáticos se registran de modo simultáneo a diferencia de la base de datos vectorial que tiene una estructura más compleja y elaborada. La forma más habitual de organizar la base de datos ráster es mediante ficheros simples. Cada uno de los estratos temáticos se almacena en un fichero

separado, todos con el mismo número de filas y columnas y el mismo tamaño de píxel. El proceso posterior se realiza mediante la manipulación de uno o varios ficheros/mapas/estratos temáticos para generar un nuevo fichero/mapa/estrato temático resultado el cual se añade a la base de datos. Cada uno de estos ficheros individuales se puede codificar empleando alguna de las estructuras existentes para datos ráster.

Otra forma de obtener los datos espaciales es por medio de la teledetección. De esta manera, capas de uso y ocupación del suelo, entre otras, pueden ser eficazmente obtenidas a partir de imágenes de satélite y posteriormente introducidas en un SIG vectorial o ráster (Chuvieco, 1990). También con el uso de técnicas de altas prestaciones como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) se puede obtener información del terreno en formato digital con precisión de centímetros. Esta información es fácil de integrar en un SIG. Un ejemplo podría ser el trazado de una carretera realizando su recorrido con un vehículo y registrando la información de localización en coordenadas en instantes periódicos de tiempo; luego, el trazado ya en formato digital puede ser integrado en un SIG lo que facilita la actualización del mismo y permite el inmediato tratamiento digital y/o gráfico de los datos (Nuñez-García del Pozo *et al.*, 1992).

En la etapa de entrada de datos se incluyen también los procedimientos de corrección de errores, así como la generación de topología de los datos espaciales y su caracterización o identificación temática (introducción de atributos).

2.3.2 Gestión de Datos

Esta función abarca las operaciones de almacenamiento y recuperación de los datos de la base de datos, es decir, los aspectos concernientes a la forma en que se organizan los datos espaciales y temáticos.

2.3.3 Transformación y Análisis de Datos

Esta función es el aspecto fundamental de los Sistemas de Información Geográfica donde radica todo su potencial operativo. Las funciones de transformación y análisis de datos son las que proveen nuevos datos a partir de los existentes originalmente. Es aquí

donde el usuario define los datos que utilizará y cómo resolverá problemas espaciales determinados, estableciéndose así soluciones a través del SIG con las operaciones que utilizan los datos espaciales de diferentes maneras.

La transformación y análisis de los datos es el elemento más característico y más importante de un SIG. La combinación, reclasificación, superposición y otras aplicaciones sobre las capas de datos espaciales que permiten desarrollar e implementar el modelo espacial son realizadas aquí produciendo las posibles soluciones a los problemas planteados inicialmente.

2.3.4 Salida de Datos

En los Sistemas de Información Geográfica existen distintas formas de salida de datos, estas dependen de los requerimientos del usuario. Las más frecuentes son: mapas analógicos, tablas de valores, gráficos, representaciones tridimensionales, o bien mostrar el resultado de determinadas aplicaciones. La presentación se obtiene a través de impresoras, plotters o conversores fotográficos, o simplemente sobre los monitores gráficos.

2.4 Susceptibilidad de los Sistemas de Información Geográfica a Errores

Para hacer efectivo el uso de cualquier SIG es importante que el usuario comprenda los errores que se pueden encontrar asociados a la información espacial. Estos errores pueden agruparse en tres categorías:

- Errores propios del usuario
- Errores en la toma de datos
- Errores en el procesamiento y el manejo de los datos

Los errores del propio usuario son probablemente los más obvios. Son errores directamente relacionados por el manejo del usuario. Incluyen por ejemplo; la “edad de los datos”, la escala, la cobertura y su relevancia. Los errores resultan cuando la

información a usar no esta actualizada. Un buen ejemplo de esto corresponde al uso de fotografías aéreas viejas porque no se encuentran disponibles fotografías nuevas. El error también resulta cuando los datos corresponden a una escala muy diferente y se tienen que adaptar al resto de la información. Esta situación es especialmente importante cuando se tiene información a escala pequeña y es usada para conocer objetivos de proyectos a una escala mayor. Otro error puede ser introducido cuando los datos a usar no cubren totalmente el área de estudio. Algunas veces solamente se tienen actualizadas algunas áreas y el resto no. También pueden ser introducidos otros errores cuando se escanean o se digitalizan las capas temáticas.

2.5 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica

El medio ambiente ha pasado a ser una de los temas capitales dentro de las preocupaciones de la población mundial. En las últimas décadas se han ido incorporando al acervo popular conceptos y vocablos que nos hablan de la importancia del cuidado y conservación de lo que se ha dado en llamar “medio ambiente”. A veces puede ser difícil deslindar lo que podría ser catalogado como ambiental de lo que no lo es, por lo que investigaciones de muy diferente calado son tildadas de ambientales sin por ello cometer un error. Estas dos singularidades, es decir, la actualidad del tema y su gran diversidad semántica, provocan que las necesidades de información sean mayores que en otros campos. Además de todo esto, hay que añadir el enfoque sistémico, generalmente usado en el análisis ambiental, que hace necesario cubrir ámbitos muy diversos de la problemática a estudiar (Laín, 1999).

Como consecuencia de todo lo anterior es frecuente que la recopilación, tratamiento y análisis de la información para una investigación ambiental resulte laboriosa, compleja y costosa. Por ello es necesario dotar al investigador ambiental de las herramientas adecuadas para el tratamiento, análisis y difusión de la información. Aunque esto parezca sencillo no lo es tanto puesto que, aunque inmersos en lo que se ha dado en llamar “La Era de la Información”, carecemos en muchas ocasiones de un marco sistémico en el cuál poder ordenar y organizar las innumerables fuentes de información de las que disponemos (Arcilas, 2002).

Gran parte de la información ambiental que se maneja está muy vinculada con la información geográfica o espacial. En gran medida se puede afirmar que la información ambiental suele ser a su vez información geográfica. Los Sistemas de Información Geográfica se presentan como una herramienta muy eficaz en el manejo y análisis de toda aquella información que pueda ser georeferenciada de algún modo. Su amplia difusión en los centros de investigación, las administraciones públicas y organizaciones privadas prevé un uso intenso y creciente de este nuevo instrumento de análisis territorial. En conclusión debe pensarse que una de las principales aplicaciones de los SIG en la actualidad son los temas ambientales y que en el futuro este uso no sólo se mantendrá sino que tenderá a crecer de forma exponencial (Lain, 1999).

Johnson (1990), menciona que el uso de los SIG esta enfocado en general para estudios de:

- a) Caracterización espacial de datos como por ejemplo, la distancia, área y volumen.
- b) La intersección de datos geográficamente georeferenciados.
- c) Detección de cambios.
- d) Análisis de proximidad espacial.
- e) Integración con modelos.
- f) Análisis de simulación.

Dentro de las aplicaciones de los SIG en el campo ambiental podemos diferenciar cinco ejemplos globales principales (Arcilas, 2002):

- Realización de Cartografías e Inventarios Ambientales: En este grupo se incluyen aquellos trabajos cuya funcionalidad sea realizar un inventario de los recursos ambientales de un territorio concreto o la realización de la cartografía básica topográfica o temática.
- Estudios ambientales y de Análisis de Paisaje: Incluidos aquí aquellos proyectos que tienen como objetivo final conocer y analizar algún aspecto ambiental o paisajístico determinado sin tener como propósito final la predicción, planificación o gestión.

- **Análisis de Riesgos y de Impacto Ambiental:** Trabajos que usan un SIG para conocer, estudiar y predecir los factores de riesgo ambiental en cualquiera de sus formas, incluyendo los estudios de impacto ambiental. En este apartado pueden entrar, entre otros, los análisis de peligrosidad sísmica, predicción de movimientos de tierras, análisis de riesgos de inundación, etc.
- **Modelización Ambiental:** Comprende todos los trabajos cuyo objetivo sea el modelizar algún fenómeno ambiental o territorial. Por ejemplo el crear modelos digitales de terrenos o elevaciones, cuencas visuales, etc.
- **Planificación y Gestión Ambiental:** En este último apartado estarían incluidos todos los trabajos cuya finalidad sea la planificación y gestión ambiental tanto pública como privada.

Un aspecto muy importante de los SIG es la simulación. Conocidas las características de un medioambiente específico podemos hacer simulaciones sobre este. Se puede predecir o simular cómo un organismo va a ser afectado por los cambios que sean introducidos a ese medioambiente por alterar los procesos en su ecosistema (Johnston y Naiman, 1990; Moen y Pastor, 1990). En su uso se pueden simular fenómenos complejos utilizando una combinación de información espacial que dependerá de las características del estudio. Esta aproximación a la realidad generalmente requiere de un experto conocedor.

Otra aplicación muy común de los SIG es la detección de los cambios. Los patrones de cambios de los usos de suelo y de cubierta vegetal en los suelos, la distribución y la diversidad de las especies, las condiciones atmosféricas o climas, sus patrones de cambio entre otras cosas, pueden ser simulados y analizados usando los SIG. Por ejemplo, el análisis de los cambios que ha tenido el paisaje como una función de las actividades humanas o animales (Iverson, 1988). Todas las características del paisaje pueden ser representadas por los tres tipos de datos (líneas, puntos, y polígonos) usando las coordenadas X, Y. En los análisis del paisaje se selecciona la escala (por ejemplo, el tamaño del área de estudio), la resolución (por ejemplo, el nivel de detalle) de los datos que frecuentemente requieren de cierto nivel de confiabilidad y aceptación, basado sobre los aspectos de las capacidades de los usuarios, de las computadoras, de los

programas y aún más de los objetivos de los proyectos. Para hacer un análisis del paisaje se deben de tomar en consideración las características del tamaño de la cuenca visual, la forma de la cuenca visual, la pendiente, la orientación y composición (como por ejemplo la diversidad de las clases de uso de suelo). Posteriormente, se habrán utilizado los paquetes estadísticos para análisis de multivarianza para examinar los impactos sobre alguna característica como, por ejemplo, la calidad del agua de los ríos y lagos (Johnston *et al.*, 1990).

Una aplicación característica de los Sistemas de Información Geográfica es en el análisis de la capacidad del territorio. El objetivo en la evaluación de las capacidades de uso del territorio es la elaboración de planes de ordenación para determinar la o las capacidades de recibir algún tipo de actividad humana en cada punto de una región. Para ello se establece una valoración cuantitativa de la capacidad de cada punto de la región estudiada para recibir una actividad concreta. La metodología a seguir para su determinación puede aplicarse manualmente, pero el número de cálculos que se deben efectuar es tan elevado que, normalmente no resulta rentable. Un SIG proporciona una herramienta muy adecuada para acelerar y mejorar técnicamente su puesta en práctica.

Una más de las aplicaciones es el uso de los SIG en las evaluaciones de impacto ambiental donde se trata de establecer la sensibilidad de cada punto del territorio ante una intervención humana concreta y con ello medir el posible impacto ambiental de las distintas actividades localizadas por el hombre. Los valores cuantitativos de cada variable influyente se refieren al efecto que tendrá sobre el medio ambiente y más en concreto sobre un aspecto ambiental específico como, por ejemplo, la vegetación natural o la vida salvaje, entre otras. Una vez establecidas las puntuaciones de cada variante se puede formular una ecuación o utilizar otro procedimiento como, por ejemplo, una tabulación cruzada de dos variables influyentes para determinar la sensibilidad conjunta de algún aspecto del medio a la actividad considerada; repitiendo el proceso de tabulación cruzada se pueden hacer intervenir muchas variables influyentes y finalmente se obtiene un mapa de la sensibilidad de cada punto de la región a una intervención humana, de modo que es posible seleccionar la porción que, simultáneamente, reúne la mejor capacidad de recepción y el menor grado de impacto ambiental (Cátedra de Planificación, 1986).

El desarrollo de la tecnología moderna en lo referente a los SIG ha revolucionado la planeación física y su gestión. Los diseñadores del paisaje, los ingenieros, los gestores de los recursos naturales, los planificadores y los geógrafos, entre otros, cuentan ahora con sistemas donde pueden tener un mejor aprovechamiento del análisis de los datos con la finalidad de gestionar de la mejor manera posible los recursos naturales. Los Sistemas de Información Geográfica constituyen una excelente herramienta en la elaboración de análisis de capacidad y de impacto ambiental del territorio, manejando y ampliando la metodología existente hasta el momento.

Los Sistemas de Información Geográfica son una nueva tecnología que de forma rápida y precisa pueden ayudar a resolver problemas de gestión, planificación y ordenación de los recursos naturales. A través de los SIG se puede realizar una cartografía que ayude a prevenir y analizar los incendios forestales, los riesgos de erosión, de inundación y de contaminación. Así mismo, se puede elaborar una cartografía de impactos de las actividades realizadas por el hombre. La finalidad que tienen los SIG es dar a conocer que pasaría en un determinado territorio si se realizara una actividad, así como valorar y prevenir riesgos que afecten a la población y su entorno natural.

3.0 Los Estudios sobre el Paisaje

3.1 Enfoques de los Estudios sobre el Paisaje

A lo largo de los últimos veinte años los estudios sobre el paisaje han ido tomando forma para dar respuesta a problemas prácticos de gestión del territorio cuyas necesidades varían desde la valoración del paisaje como recurso para la protección y conservación de áreas naturales, hasta otras en las que es necesario considerarlo en combinación con otros factores del medio para planificar alguna actuación o diseñar alguna actividad. El paisaje es una realidad amplia y un concepto polivalente que requiere estudios de diversos tipos y ser tratado con flexibilidad. De hecho, el objeto del análisis es siempre el mismo, la realidad territorial, y lo que varía es el objetivo y la forma de aproximación y estudio obteniéndose, merced a lo anterior, aspectos distintos pero complementarios (M.O.P.T., 1993).

Existen dos grandes enfoques en el estudio del paisaje: uno que puede llamarse “paisaje total”, que identifica al paisaje con el medio, y otro que es el “paisaje visual”, cuya consideración corresponde más a la percepción de los elementos del territorio como indicadores o fuentes de información sintética del mismo. La delimitación del paisaje es, por tanto, distinta según el enfoque del estudio. En el primer caso la diferenciación entre paisajes está determinada por las características de los componentes territoriales y su distribución espacial. En el segundo caso, debe añadirse una nueva fuente de delimitación que viene determinada por el territorio que rodea y es apreciable por el observador cuando se sitúa en un punto del mismo o se mueve por él (Encinas, 2000; M.O.P.T., 1993).

Los dos enfoques parten de una base común, la realidad territorial, aunque sus objetivos sean distintos, lo que motiva que ambos análisis sean igualmente necesarios. La faceta territorial aparente del paisaje hace importante su consideración en la planificación del territorio en su doble vertiente: como síntesis de las potencialidades, limitaciones y problemática del mismo, y como elemento o recurso necesario para el aprovechamiento susceptible de transformación o alteración en ambos casos (M.O.P.T., 1993).

Los paisajes se consideran para su estudio desde el enfoque “total o ecológico” como compuestos por unidades elementales o ecosistemas distintos agrupados en configuraciones reconocibles que se concretan en un mosaico de usos de suelo, tipos de relieve, distribución de agua superficial, etc. que cubre la superficie del territorio. Responden a una estructura generadora determinada fundamentalmente por la geomorfología y el clima, pero también por las perturbaciones que han ido sucediendo a lo largo del tiempo. La combinación de factores produce una síntesis que determina un paisaje de características únicas con una estructura aparente particular. Lo que caracteriza a los paisajes es su relación y su estructura espacial (Forman y Grodon, 1986).

El análisis visual del paisaje parte también de su estructura espacial y considera al paisaje, también, como el entorno visual del punto de observación. Si el paisaje visual de un punto viene a ser lo que ve desde él, cada punto del territorio tendrá asignado una cuenca visual caracterizada a su vez por los elementos del territorio que la componen y que son percibidos visualmente. Dentro del análisis visual del paisaje pueden diferenciarse dos niveles de aproximación: El análisis visual del entorno de un punto concreto del territorio o de un número reducido de ellos o la extensión del análisis a la totalidad del territorio. El primer caso se plantea, por ejemplo, de forma aplicada al análisis de una actuación proyectada sobre el territorio para ayudar a su emplazamiento, ajuste y diseño. El otro nivel de aproximación tiene su aplicación en la ordenación del territorio facilitando la utilización de los criterios visuales espaciales en los modelos de asignación de usos (Aguiló, 1981; M.O.P.T, 1993; Ramos, 1980).

Tanto el paisaje total como el visual tienen cabida en los estudios del medio físico. Es evidente la necesidad de contar en las tareas de planificación y desarrollo con la información integrada de todos los factores que intervienen en el territorio, pero también es necesario poseer un conocimiento del paisaje visual de la zona que permita manejarlo y diseñarlo sin deterioro considerando las condicionantes, problemas y potencialidades de los elementos del medio.

El análisis del paisaje visual es el objeto de atención principal de este estudio. Se revisaron, en primer lugar, los aspectos básicos a tener en cuenta en los estudios del paisaje (componentes, características visuales y estructuración del territorio) para

abordar posteriormente los aspectos descriptivos, la obtención de unidades de paisaje y la valoración del paisaje en términos de calidad y fragilidad.

3.2 El Estudio del Paisaje y la Problemática Ambiental del Estado de México

El escenario probable a futuro para la mayor parte del territorio del Estado de México si las tendencias de transformación y degradación del paisaje natural continúan, es el de un vasto territorio modelado primordialmente por el uso humano de la tierra con la presencia de algunas extensiones de bosque natural. Las áreas de bosque y los hábitats naturales que persistan serán solamente aquellos que puedan permanecer gracias a su estatus de áreas declaradas como Parques o Reservas Naturales. Con el paso del tiempo, muchas perturbaciones van modelando el paisaje y esta es la forma más clara de indicar las modificaciones que en él se presentan, sean estas producidas por fenómenos naturales o intervenciones humanas como la deforestación y la conversión de bosques a otro tipo de uso de suelo. En el Estado de México, en lo particular, estas fragmentaciones han dañado a las comunidades vegetales, induciendo su conversión en islas forestales, lo que ha propiciado también un daño considerable a la fauna.

Los hermosos paisajes del Estado de México y sus áreas boscosas son ecosistemas que están en peligro de desaparecer debido a la extrema presión ejercida por el crecimiento explosivo de las zonas agrícolas, industriales y ganaderas, las cuales se extienden día a día gracias a las condiciones del terreno, por ser una zona con clima agradable y presentar un suelo de origen volcánico medianamente fértil. Aunado a lo anterior, debe considerarse que los bosques son ecosistemas frágiles, pues tienen una tasa de crecimiento absoluta y un proceso sucesional lento.

Actualmente el paisaje del Estado de México está dominado por áreas de cultivos. Los reductos de vegetación original sólo perviven en las cumbres, barrancas, cañadas y a lo largo del margen de los ríos, pero incluso estas zonas están siendo perturbadas para la obtención de madera, carbón, extracción de agua y para el uso agrícola del suelo.

La importancia ecológica del Estado de México radica principalmente en la gran variedad de su flora y su fauna; dentro de su territorio existe una gran cantidad de endemismos y su biodiversidad es extensa. El Estado de México aporta también una considerable cantidad de agua a la red hidrológica que alimenta a las principales ciudades del país y a las zonas industriales cercanas; posee un rico potencial para desarrollar actividades agropecuarias y forestales (mismas que en muchos casos son base del sustento de los pueblos de la región) y a esta caracterización se suman las amplias posibilidades que ofrece el Estado para el aprovechamiento turístico.

En la actualidad ocurre una rápida transformación de los ecosistemas naturales del Estado de México, esto debido principalmente al inadecuado manejo de los recursos naturales (florísticos, faunísticos, hidrológicos, etc.). La fragmentación de los bosques del Estado es el resultado del cambio de uso de suelo para la actividad agrícola, la implementación de zonas ganaderas y de actividades industriales, condiciones que afectan principalmente a las poblaciones naturales por la drástica reducción del tamaño de las mismas, por el incremento de las tasas de extinción local y por la distribución que genera la fragmentación al propiciar que la vegetación original quede dispuesta en extensiones o fracciones separadas entre sí lo que afectan la dispersión de las especies y por lo tanto las tasas de inmigración (Wiscove *et al.*, 1986).

Actualmente los fragmentos de bosques son de extensión variable y están inmersos en una matriz de áreas de cultivos. Si dichas áreas se convierten en una barrera infranqueable para las especies nativas, las tasas de extinción local en los fragmentos aumentarán, depauperizando con esto la fauna y flora del Estado de México. El mantenimiento de la diversidad local de estos paisajes depende fundamentalmente de la movilidad de las especies, determinada a su vez por la capacidad de sus individuos para moverse entre hábitats favorables aislados y separados por una matriz de hábitats desfavorables para ellos (Guevara y Laborde, 1993; Opdam, 1990).

La expansión de la agricultura, ganadería e industria a costa del cambio del uso de suelo “natural” ha transformado el paisaje forestal original en un mosaico de campos de cultivo, remanentes de bosques y matorrales. Las áreas de cultivos comparadas con la vegetación forestal original son florística y vegetacionalmente sencillas y presentan una estructura horizontal y vertical poco compleja. No obstante, los bosques abiertos por

actuaciones humanas, poseen una estructura compleja y son florísticamente ricos por la influencia de la vecindad de fragmentos forestales en buen estado de conservación.

Por otro lado, el desarrollo desmedido del potencial turístico del Estado de México es un riesgo para el paisaje; dado esto, se deben plantear estudios que marquen pautas o restricciones en una línea ecológica y de conservación a este respecto, ya que de lo contrario el desarrollo de infraestructuras para actividades turísticas en los lugares mejor conservados del territorio traerá, como consecuencia, un deterioro notable en la calidad del paisaje.

En el Estado de México existe una problemática derivada de la nula planificación de las actividades agropecuarias que tienen lugar en su territorio. Este tipo de desarrollo rural ha provocado impactos fuertes y negativos desde un punto de vista ecológico y ha ocasionando una reducción de la diversidad biológica del Estado. La alteración provocada sobre las comunidades vegetales lleva consigo un cambio de los usos de suelo y como consecuencia inmediata una alteración y cambio de los caracteres que componen la esencia del paisaje de esta región. Los problemas de sustitución de los bosques por áreas agrícolas, así como la aparición de nuevos asentamientos y el incremento de la superficie de suelo urbano ha adquirido una dimensión primero local y luego global y estos usos se han apropiado de los hábitats naturales y han introducido distorsiones en el paisaje. De no implementar y ejercer políticas de control ambiental y aprovechamiento racional de los recursos en el Estado de México se podría presentar una problemática compleja, que incluiría la conjunción de un conjunto de fragmentos de bosque, campos de cultivos y áreas industriales integrados por un elemento de conectividad como los árboles aislados, la vegetación riparia, las cercas vivas y plantaciones forestales como conformación dominante y casi permanente en el paisaje de su territorio. Otro escenario posible es un conjunto desintegrado, dominado por extensas zonas de cultivos desprovistas de árboles, en la que los elementos de conectividad sean eliminados limitando la disponibilidad de especies y aislando a las subpoblaciones nativas sobrevivientes, lo que provocaría a mediano plazo una serie de extinciones locales definitivas y la pérdida del patrimonio natural del Estado.

La problemática ambiental del desarrollo plantea la necesidad de construir una racionalidad productiva sobre nuevos principios. Ello implica pasar a una planificación prospectiva de modelos sustentables de desarrollo alternativos, fundados en un

ordenamiento ecológico de las actividades productivas y de los asentamientos humanos en cada región. Para asumir los retos presentes y de mediano plazo en materia de desarrollo y medio ambiente, y para aspirar a un futuro con mayor certidumbre, es necesaria la planificación del territorio en función del patrimonio natural, de los medios de transformación de los recursos naturales y de los costos y beneficios que estos aportan a la sociedad.

Los estudios de paisaje, históricamente, se han centrado en el análisis del mismo sin obtener determinaciones ni criterios que puedan servir para valorar la afectación sobre dicho paisaje de la futura implantación de nuevos elementos. De hecho, los análisis del paisaje se centran habitualmente en la calificación del mismo, siguiendo una filosofía que podríamos llamar “conservacionista”, en el sentido de valorar la situación existente pero no evaluar la afectación por nuevas actividades antrópicas al paisaje existente en el momento del estudio. Es decir, el paisaje se evalúa pero no se obtienen determinaciones de cómo puede influir en el mismo la realización de determinados proyectos (Arribas de Paz, *et al.*, 1999). Hoy día, los estudios sobre análisis del paisaje vinculados al desarrollo en nuestro país son una nueva línea de investigación entre los biólogos y profesionales del ambiente.

4.0 Objetivos

4.1 Objetivo General

- Realizar un estudio del paisaje del Estado de México.

4.2 Objetivos Particulares

- Elaborar un modelo que permita determinar unidades de paisaje para el Estado de México.
- Elaborar un modelo para evaluar la calidad del paisaje del Estado de México.
- Elaborar un modelo para evaluar la fragilidad del paisaje del Estado de México.
- Elaborar un análisis integrador de la calidad y la fragilidad del Paisaje en el Estado de México.
- Editar los resultados obtenidos en forma de cartografía ecológica.
- Obtener para el Estado de México una base de datos del medio físico y biológico actualizada y en formato digital para su uso en un SIG.

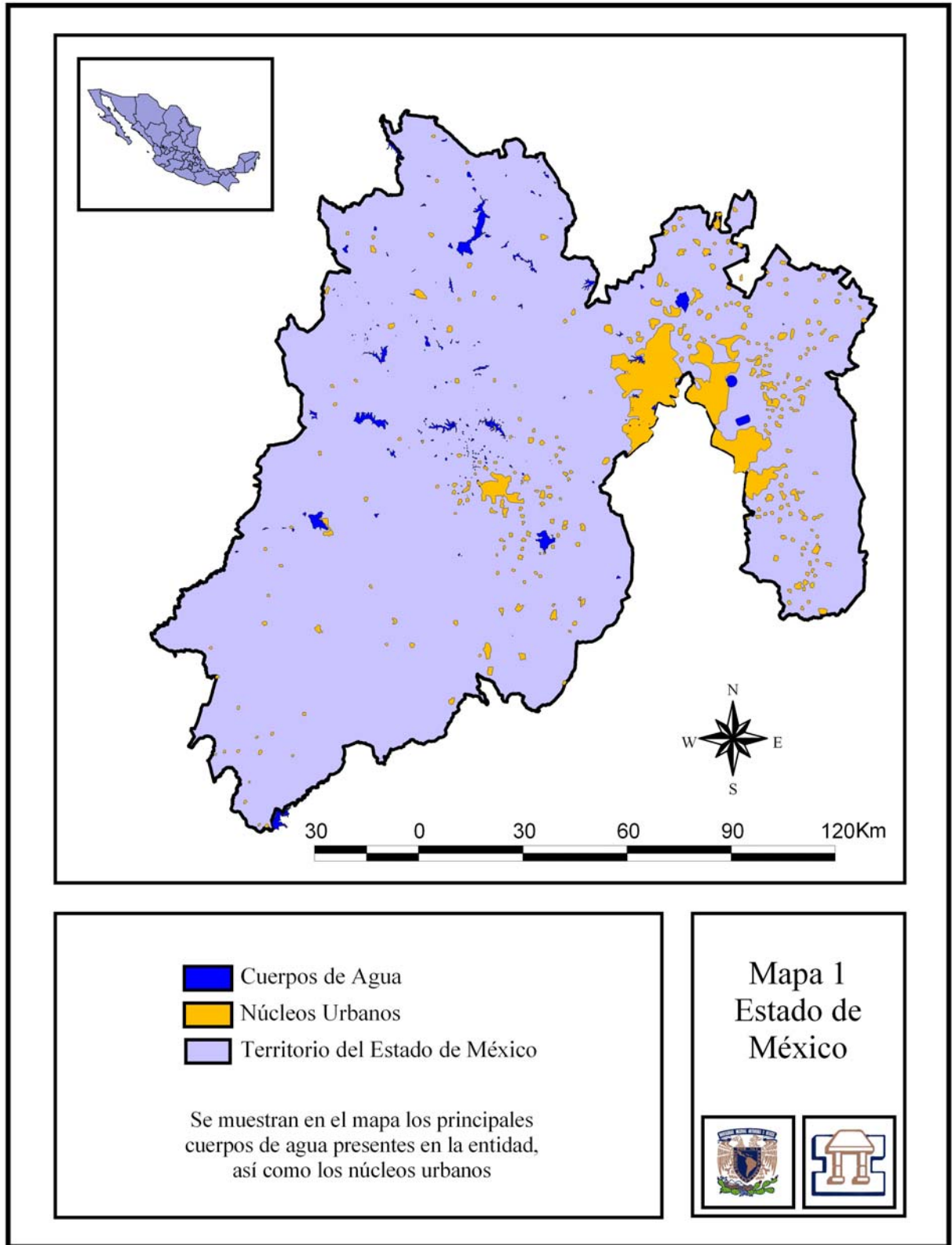
5.0 Descripción del Área de Estudio




El Estado de México (Mapa 1) se localiza en la porción central de la República Mexicana, en la altiplanicie. Está comprendido entre los meridianos 98° 35' y 100° 36' de longitud oeste del meridiano de Greenwich y los paralelos 18° 21' y 20° 17' de latitud norte. Tiene una superficie de 22,499.95 Km² y una población de 13,083,359 habitantes, lo que lo coloca como la entidad más poblada del país. El Estado de México está ubicado entre dos grandes provincias fisiográficas que son el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur y sus paisajes tienen el mismo origen geológico. El Eje Neovolcánico abarca la mayor parte del territorio estatal. La provincia de la Sierra Madre del Sur se extiende hacia las sierras y depresiones de la tierra caliente, en la cuenca del Balsas, desde Ocuilán y Zacazonapán hasta Santo Tomás de los Plátanos (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.1 Factores Abióticos

5.1.1 Clima

En el Estado de México se presentan cuatro grandes tipos de climas. El clima tropical agrupa el tropical lluvioso y al semicálido en el sur de la entidad. El clima templado (que agrupa al subhúmedo y al semifrío) predomina en los valles altos de Toluca, de México y en las montañas siendo además el de mayor extensión territorial. El clima frío se restringe a la cumbre de las montañas más elevadas como el Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, Sierra de las Cruces y Cerro de Jocotitlán. Finalmente, el clima seco, que agrupa el semiseco y al seco estepario, se distribuye hacia toda la sección norte del Estado y en su fracción oriente, en la parte plana de dicha región, lo que favorece la salinización de los suelos (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).



-  Cuerpos de Agua
-  Núcleos Urbanos
-  Territorio del Estado de México

Se muestran en el mapa los principales cuerpos de agua presentes en la entidad, así como los núcleos urbanos

Mapa 1
Estado de
México



5.1.2 Edafología

Los suelos predominantes se denominan técnicamente andosoles, esto es, suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas; se extienden en el 22% del estado y se consideran de baja calidad agrícola o para fines pecuarios. Le siguen los feozem que cubren el 21% del territorio estatal y se localizan en las partes intermedias y bajas de montañas (“pie de monte”), de buena aptitud para uso ganadero. Los vertisoles, suelos de zonas planas y los de mayor productividad agrícola, ocupan un 14% del territorio estatal. Siguiendo, tenemos con un 11% a los regosoles o suelos poco desarrollados y con pedregosidad ubicados mayormente en la Cuenca del Balsas; su rendimiento agrícola es limitado y depende del grado de desarrollo que tenga, así como de su exposición a laderas y pendientes que provocan su erosión. Con un 8% le siguen los cambisoles o suelos cambiantes que se encuentran en los valles, siendo productivos para la agricultura si cuentan con riego. El 24% restante se distribuye en otras unidades de suelo como planosoles (7%), litosoles (5%), luvisoles (4%) y un 9% para acrisoles, histosoles, fluvisoles, gleysoles y solonchak. Buena parte de los suelos de buen rendimiento agrícola (vertisoles y feozem) son los que más rápidamente están pasando de uso de suelo agrícola a urbano e industrial, con lo que se presiona a los suelos de vocación forestal provocando así una fuerte erosión y pérdida de la biodiversidad (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.1.3 Geología

En el Estado se encuentran los tres tipos generales de rocas, ígneas, metamórficas y sedimentarias, así como una amplia cantidad de variantes por su composición química, mineral y escala temporal. De acuerdo con su edad las rocas más antiguas corresponden a filitas y esquistos del Paleozoico ubicados al sur del Estado, en la cuenca del Balsas, en no más del 5% de la superficie estatal. Las rocas correspondientes a la era Mesozoica son las andesitas metamorfizadas y rocas calizas con lutitas y areniscas, cuyos representantes se ubican también entremezcladas con las anteriores en la parte sur del Estado con un 10% de la superficie territorial. Las rocas de la era Cenozoica son las que ocupan alrededor del 85% de la superficie estatal subdivididas en un 30% para las rocas volcánicas del periodo terciario y un 55% para las rocas del periodo cuaternario. Todos los tipos de roca, principalmente las ígneas, generan importantes recursos minerales para

la explotación minera y materiales de construcción (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.1.4 Orografía

La orografía o paisaje natural del Estado de México está dominada por montañas y valles. Las montañas se localizan desde la Cuenca del Balsas a menos de 500 m.s.n.m. y hasta más de 5,000 m.s.n.m. e incluyen dos de los cinco volcanes más altos del país: el Popocatepetl y el Iztaccíhuatl. En el altiplano se encuentran amplios valles que son de gran productividad agrícola (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.1.5 Hidrología

El Estado forma parte de cuatro importantes cuencas hidrológicas para el país: la cuenca del Río Lerma (Región Hidrológica 12), la Cuenca del Río Balsas (Región Hidrológica 18), la Cuenca del Río Pánuco (Región Hidrológica 26) y la Cuenca del Lago de Texcoco. En su territorio encontramos el origen de tres de estas cuatro cuencas (Lerma, Balsas y Pánuco). Sin embargo, la entidad tiene un déficit de agua por sobreexplotación de mantos freáticos y aguas superficiales, por el deterioro de las cuencas alimentadoras (deforestación, cambio de uso de suelo y erosión) y por la contaminación a ríos y arroyos por aguas residuales industriales y municipales no tratadas. Lo anterior compromete seriamente las posibilidades de abastecer de agua limpia a una población creciente, afectando también a la importante actividad pesquera del estado, misma que ocupa el primer lugar nacional en producción pesquera continental, alejando así las posibilidades de un sano desarrollo sustentable (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.1.6 División Político-Administrativa

El Estado de México fue erigido el 2 de Marzo de 1824. A lo largo del siglo XIX la creación de nuevas entidades federativas y su incorporación a la Federación motivaron que el territorio original estuviera expuesto a segregaciones tales como las que formaron los actuales estados de Guerrero, Morelos e Hidalgo hasta finalizar con la del año de 1917 cuando el Estado aportó parte de su territorio al Distrito Federal y se redujo a su

superficie actual (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000). Hoy día, cuenta con un total de 124 municipios, ya que en Enero del 2002 se oficializó la creación de los municipios de San José del Rincón y Luvianos.

5.2 Factores Bióticos

5.2.1 Diversidad Biológica

El Estado de México posee una alta diversidad biológica a pesar de su pequeño territorio, que equivale alrededor del 1% del territorio nacional. Esto se debe a su peculiar ubicación geográfica, topografía, relieve accidentado, historia geológica, variedad de climas y ecosistemas que le confieren una enorme complejidad ambiental. Asentado en el centro del país, el Estado es precisamente la frontera entre dos grandes regiones biogeográficas denominadas Neártica y Neotropical (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.2.2 Flora

De las 2,249,995 hectáreas del Estado de México el Programa de Desarrollo Forestal Sustentable 1995-2000 considera área forestal 894,613 hectáreas que corresponden al 41.7% de su territorio. Esta área se compone de 558,069 hectáreas de bosque, que según el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México representan el 26% de la superficie estatal y 87,789 hectáreas de selva (4.1%). La vegetación de zonas áridas ocupa 16,747 hectáreas (0.78%), la vegetación hidrófila y halófila cuenta con 6,034 hectáreas (0.28%) y lo que se considera como áreas perturbadas alcanza un total de 225,974 hectáreas que es igual al 10.53% (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

El Estado de México se encuentra en el reino neotropical dentro de dos regiones: la Región Xerófila Mexicana, la cual se ubica en las partes semiárida del norte y noreste de la entidad, y la Región Caribe hacia el sur del territorio estatal, abarcando las porciones cálida y semicálidas del mismo. Sin embargo, la flora de la porción montañosa del centro del estado queda incluida en la Región Mesoamericana de

Montaña, definida como la zona de transición mexicana que no es posible considerar dentro de los reinos neotropical o neártico. El territorio estatal cuenta con una gran riqueza biológica como consecuencia de las variadas condiciones de su relieve, clima y suelo que al interactuar dan origen a la diversidad vegetal existente que puede ser agrupada en grandes asociaciones llamadas biomas. Las principales características de éstos se describen a continuación (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosques de Coníferas: Vegetación predominante en los sistemas montañosos, con árboles pertenecientes a las gimnospermas, las cuales pueden tener hojas en forma de aguja, de escamas o lineares; se localizan masas puras de una sola especie o asociaciones y se distribuyen en diferentes áreas, generalmente en altitudes elevadas, como la Sierra de las Cruces, la Sierra Nevada, el Nevado de Toluca, etc. (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosque de Pino: Se caracteriza por la presencia de especies del género *Pinus sp.* en porcentaje mayor al 80%. Se localiza principalmente en las regiones montañosas del estado, en climas donde la temperatura media anual fluctúa entre 10° C y 18° C. La mayoría de las especies tiene afinidad con climas templados, fríos y subhúmedos, así como suelos ácidos y medianamente profundos. En el territorio se encuentran desde los 1,500 hasta los 4,000 metros sobre el nivel del mar en los siguientes municipios Ixtapaluca, Texcoco, Villa de Allende, Zinacantepec, Tepetlaoxtoc, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla, Xalatlaco y Tenango del Valle, entre otros. En las partes bajas de la Sierra Nevada es común encontrar al *Pinus montezumae* asociado con *P. rudis*, *P. teocote* y *P. leiophylla*, entre otros. En las zonas altas domina *P. hartwegii*. Una situación parecida se observa en el Nevado de Toluca y la Sierra de las Cruces donde crece el *P. patula* y *P. michoacana*, en Zempoala también habita el *P. ayacahuite*. En las tierras del sur y suroeste se localiza el *P. oocarpa* y el *P. pringlei*, por citar sólo algunos (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosque de Oyamel: Se encuentra formando masas puras de oyamel (*Abies religiosa*) y mezcladas con *Pinus sp.* y *Quercus sp.* localizado a una altitud que fluctúa entre 2,500 y 3,600 m.s.n.m. en climas húmedos sin estaciones frías ni calientes bien diferenciadas, con una temperatura que oscila entre los 7 ° C y 15 ° C y precipitación media anual de 1,000 milímetros. Este tipo de bosque se encuentra en forma de manchones aislados con

frecuencia restringidos a una ladera, cañada o cerro. Las áreas continuas de mayor extensión se presentan en la Sierra Nevada (Iztaccíhuatl-Popocatepetl) y Sierra de las Cruces que circundan al Valle de México en los municipios de Tlalmanalco, Amecameca, Jilotzingo, Huixquilucan y Ocoyoacac; también está presente en el Nevado de Toluca (Zinacantepec y Temascaltepec) y en los municipios de El Oro y San Felipe del Progreso, limítrofes con el Estado de Michoacán (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosque de Encino: Esta presencia vegetal se localiza en las zonas montañosas del estado en asociación con pinares y constituye la mayor cubierta vegetal de las áreas de clima templado frío y subhúmedo. Su distribución corresponde generalmente a la misma del bosque de pino-encino, aunque se observa una preferencia por cotas más bajas. Esta vegetación se observa sobre todo tipo de roca, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos; no tolera deficiencias de drenaje, escasa precipitación ni alta oscilación térmica. Se desarrolla en suelos de reacción ácida moderada (pH 5.5 a 6.5) con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial. Ocupa zonas extensas del norte y sur del Estado, en El Oro, Temascalcingo, Timilpan, Chapa de Mota y Tejupilco, entre otros, así como en valles y laderas de las principales elevaciones y barrancas. Las especies dominantes de encino en este tipo de bosque son: *Quercus rugosa*, *Q. macrophylla*, *Q. crassipes*, *Q. elliptica*, *Q. acutifolia* y *Q. castanea* (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosque Mesófilo de Montaña: Este tipo de bosque incluye comunidades vegetales clasificadas como “bosque caducifolio”, “selva nublada” y “selva mediana” en áreas de transición; es de tipo arbóreo, de hojas anchas y caedizas en época seca, se encuentra a la misma altitud que los encinares, ocupa las cañadas húmedas, con ejemplares que pueden sobrepasar los 25 metros y sostiene gran número de epífitas y enredaderas. Estos bosques se forman con especies afines a zonas templadas y tropicales localizadas en lugares como las laderas occidentales del Iztaccíhuatl, la Sierra de las Cruces, Mil Cumbres, Nanchititla y los montes de Ocuilán; Las comunidades están compuestas por árboles como mano de león (*Oreopanax sp.*), sauco (*Sambucus sp.*), sauce (*Salix sp.*), madroño (*Arbutus sp.*) y otras especies de los géneros *Clethra* y *Alnus*. Algunos de los municipios donde se observa este tipo de bosque son Tlalmanalco, Coatepec Harinas y Ocuilán. Las principales especies son *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Meliosma*

dentata, *Oreopanax xalapensis*, *Prunus spp.* y *Quercus laurina* (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Selva Baja Caducifolia: Se caracteriza porque sus componentes arbóreos varían en altura entre 4 y 15 metros, más frecuentemente entre 8 y 12 metros. Casi todas sus especies pierden sus hojas durante periodos largos del año. Se incluyen en esta clase las selvas bajas perennifolias, subperennifolias, subcaducifolias, caducifolias y las selvas bajas espinosas. Se observa en laderas de los cerros cuyas altitudes son menores de 1,700 metros sobre el nivel del mar y en ambientes cálidos de la Región Fisiográfica del Balsas al sur y suroeste del estado bordeando las sierras de Nanchititla y la Goleta. El clima favorable para esta comunidad vegetal se localiza principalmente en los municipios de Tejupilco, Amatepec, Tlatlaya y Malinalco. En esta asociación vegetal predominan los copales (*Bursera sp.*), tepehuajes (*Lysiloma sp.*), pinzanes o huamúchiles (*Pithecellobium dulce*), amates (*Ficus sp.*), cactus columnares (*Noebuxbamia sp.*); y en zonas alteradas son comunes plantas irritantes como el cuajote rojo y la tetlatia (anacardiáceas de los géneros *Pseudosmodingium*). Sus principales especies son: *Ipomoea sp.*, *Cordia dodecandra*, *Bursera sp.*, *Acacia farnesiana* y *Lysilloma acapulcensis* (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Bosques Mixtos: Resaltan en estos bosques las diferentes asociaciones de pino-encino y oyamel (*Pinus*, *Quercus* y *Abies*) en porcentajes diversos, lo que hace difícil separar un componente de otro. Presentan una gran cantidad de variantes, todas ellas adaptadas a las diversas condiciones del lugar donde se desarrollan, por ejemplo, en las zonas cálido-húmedas del sur del Estado se encuentra este tipo de bosque en las partes altas de los macizos montañosos entremezclados en ocasiones con especies propias de una vegetación tropical. Las asociaciones más frecuentes son: pino-encino, pino-oyamel, pino-oyamel-latifoliadas. La combinación de pino-encino se localiza en la parte central del Estado y se distribuye hacia el norte y noroeste; la mezcla de pino-oyamel se encuentra en las sierras de Monte Alto-Monte Bajo, enclavada en la zona de bosque puro de oyamel y/o de pino. El bosque de pino-oyamel-latifoliadas se halla en la parte suroeste, cerca de la zona de selva baja caducifolia, también al norte de la entidad y en la Sierra de las Cruces. Entre los municipios donde se localiza este tipo de bosque están Acambay, Aculco, Villa del Carbón, Nicolás Romero, Valle de Bravo y Ocuilán. Las combinaciones de las especies, tanto de pino como de encino varían de acuerdo con el

suelo y altitud de cada región. Las especies más importantes de pino en este tipo de bosque son: *Pinus leiophylla*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, *P. patula*, *P. pseudostrobus*, *P. pringlei*, *P. Teocote*, y en el caso de los encinos: *Quercus rugosa*, *Q. macrophylla*, *Q. crassipes*, *Q. platiphyla*, *Q. acutifolia* y *Q. castanea* (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Matorral Xerófilo: Son las comunidades naturales de climas semisecos del norte y noreste de la entidad. Se distinguen dos variantes: los matorrales crasicuales, caracterizados por tener especies de tallos carnosos capaces de retener agua en sus tejidos, y los matorrales inermes donde los arbustos dominantes no poseen espinas, como en la Sierra de Guadalupe en los municipios de Hueypoxtla y Apaxco (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Pastizales: Predominan diferentes clases de gramíneas o pastos. Algunos de ellos se consideran naturales, pues no han sido modificados por actividades humanas, ejemplo de éstos son los pastizales de la zona norte, los zacatonales alpinos circunscritos a las partes más altas de las elevaciones del territorio estatal y los pastizales halófilos, denominados así debido a su preferencia por suelos salinos de antiguos vasos lacustres como es el caso del ex-lago de Texcoco y Xaltocan (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Vegetación Halófila: La constituyen comunidades vegetales herbáceas y en menor proporción arbustivas que se desarrollan sobre suelos con altos contenidos de sales, cerca de algunos lagos o lagunas de la entidad. Se localiza en Zumpango, Tecámac y el ex-lago de Texcoco y Xaltocan. Son comunes las asociaciones de zacate salado (*Distichlis spicata*) con romerillo (*Atriplex muricata*) y romerito (*Suaeda nigra*) (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Vegetación Hidrófila: Está constituida por comunidades vegetales que viven en lugares pantanosos e inundables de aguas dulces o salobres poco profundas. Los municipios que presentan estas características son Lerma, Ocoyoacac, Atizapán, Texcalyacac y San Antonio la Isla. Se encuentran especies de tule (*Typha latifolia* y *Scirpus lacustris*), acompañadas por una planta sumergida (*Potamogeton sp.*) y la flotante lenteja de agua o chichicastle (*Lemna sp.*). En las riberas predomina el sauce (*Salix babilonica* y *S.*

bomplandiana); esta vegetación es común en la cuenca del Río Lerma, en cuyas presas el lirio acuático (*Eichornia crassipes*) llega a ser una plaga. Las presas importantes donde existe este tipo de vegetación son: Huapango, Villa Victoria, Valle de Bravo, Antonio Alzate y Guadalupe, así como el lago de Zumpango y los principales vasos reguladores distribuidos en el estado (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Plantaciones Forestales: Cuentan con una superficie de 37,325 hectáreas; son todas las áreas reforestadas con especies arbóreas en terrenos que en la mayoría de los casos se encontraban cubiertas con escasa vegetación. Los municipios que tienen mayor superficie reforestada son Texcoco, Chalco, Tenango del Aire, Acambay, Toluca, Villa Victoria, Ixtlahuaca y San Felipe del Progreso (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.2.3 Fauna

En el Estado de México se han registrado 117 especies de mamíferos silvestres que representan a 8 Órdenes (62% del total nacional), 18 Familias (49%) y 72 géneros (44%). A pesar de la reducida superficie territorial del estado estas especies constituyen el 26% del total de especies reportadas en el país. Diez especies (9%), que incluyen a cinco murciélagos, dos roedores, el coatí, el margay y el pecarí han sido recientemente registrados en la entidad. A pesar de su gran desarrollo económico el conocimiento de los mamíferos sólo ha recibido una atención adecuada en las últimas dos décadas (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

Existe, además, un gran número de especies de aves diferentes que habitan principalmente en las selvas bajas y en los bosques mesófilos de montaña. El Estado recibe una importante cantidad de aves migratorias que se resguardan durante el invierno en los diferentes humedales de la entidad, especialmente las Ciénegas del Río Lerma y las del Valle de México (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

A pesar de que no existe ninguna especie exclusiva del Estado de México en su territorio se encuentran alrededor de 27 especies que son endémicas del país y que representan el 6% del endemismo nacional. Estas especies incluyen al conejo de los

volcanes (*Romerolagus diazi*), a varias tuzas (*Cratogeomys merriami*, *Cratogeomys tylorhinus*) y ratones (*Neotomodon alstoni*, *Reithrodontomys chrysopsis* y *Peromyscus aztecus*) que son endémicas de los bosques templados del Eje Neovolcánico. En el Estado se encuentra la segunda región en importancia de géneros endémicos de México después de las tierras bajas y montañas de Jalisco y Colima. De los 11 Géneros endémicos del país, en el Estado de México habitan el 55% que incluyen a musarañas (*Megasorex*), al teporingo (*Romerolagus*) y varios ratones (*Neotomodon*, *Nelsonia*, *Hodomys* y *Osgoodomys*) (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

El Estado de México cuenta con una enorme variedad de especies de invertebrados, algunos de los cuales sirven de alimento, como el “marranito”, moscos, ahuahutle, caracoles y chapulines. El territorio estatal es el refugio invernal de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) llamada localmente “papalota de monte” que representa la unión de los países de Norteamérica (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

5.2.4 Cuerpos de Agua

A pesar de contar con pocos cuerpos de agua importantes el Estado de México mantiene 18 especies de peces dulceacuícolas. La distribución de estas especies abarca las cuencas de los ríos Balsas, Lerma - Santiago y Pánuco. Todas estas especies son endémicas del país y por lo menos siete, como el pescado blanco (*Chirostoma riojai*), son exclusivas de la entidad. Adicionalmente el Estado de México ocupa el primer lugar a escala nacional en volumen de pesca continental debido al adecuado aprovechamiento que los productores hacen de la acuicultura, disciplina impulsada en los diferentes manantiales y piscifactorías (Secretaría de Ecología del Estado de México, 2000).

6.0 Metodología

La metodología de este estudio es de carácter sistémico e integrador y considera al territorio como un sistema de relaciones entre un conjunto amplio de componentes de diferente naturaleza (física, biótica, económica y cultural). La interacción entre estos componentes fue estudiada a través de un análisis cartográfico y mediante el estudio de los ecosistemas implicados (análisis de su diversidad y procesos ecológicos). La caracterización y la división del territorio en unidades de paisaje y la valoración del paisaje en términos de calidad y fragilidad se realizó con el fin de lograr una gestión y conservación óptima de los espacios naturales. Los patrimonios de diversidad biológica y cultural se utilizaron como elementos de referencia esencial y como indicadores del grado de complejidad y organización de los ecosistemas naturales y de aquellos modificados por el hombre.

El análisis ambiental tuvo como resultado base la elaboración de una cartografía ecológica donde se identificaron diferentes unidades y sectores que reflejan la estructura de relaciones ecológicas entre un conjunto amplio de variables como lo son el sustrato, la vegetación, los usos del suelo, las infraestructuras presentes en el área, el agua y el relieve, entre otros.

La información de la que se dispuso para realizar este estudio sobre el paisaje (Modelo Digital de Elevación y mapas temáticos) proviene del Instituto de Geografía Estadística y Catastral del Estado de México (I.G.E.C.E.M.) (2003); de igual manera, se utilizó la carta de Cuencas Hidrográficas realizada por la Comisión Nacional del Agua (1998) a escala 1:250,000. Con base a los objetivos del proyecto y a la disponibilidad de la información cartográfica en formato digital, la escala utilizada en la cartografía fue de 1:50,000 para todos los mapas temáticos: cuerpos de agua, división territorial, límite estatal, edafología, hidrología superficial, núcleos urbanos, parques naturales, infraestructuras y vías de acceso, volcanes, vegetación y usos del suelo, geología, fracturas y fallas y forestal, excepción hecha del mapa de climas (1:250,000). A esta misma escala se generó la sectorización y cartografía ecológica resultantes del estudio. El Modelo Digital de Elevación utilizado en este estudio presenta una escala de

1:25,000 con una resolución de malla de 25 x 25 m y también se utilizaron ortofotos a esa misma escala e imágenes de satélite con 7 bandas para digitalización de elementos. Dado el gran volumen de datos que se manejaron en este estudio y la gran extensión del área de interés el tratamiento de los datos fue automático y para ello se hizo necesario el uso de computadoras que permitieran el almacenamiento y procesamiento automático de la información. Para el análisis de los datos se utilizó el programa Arc-View Ver.3.1 (Sistema de Información Geográfica), mientras que para el tratamiento, manejo y digitalización de elementos como cumbres, infraestructuras, volcanes y manchas de vegetación utilizando imágenes de satélite se recurrió al programa ERDAS Imagine Ver. 8.2.

6.1 Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica como una Herramienta Útil para el Tratamiento Automatizado de la Información en Estudios sobre el Paisaje

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una tecnología muy potente en el manejo y gestión de datos espaciales y una herramienta válida para la evaluación del paisaje. El fundamento de la cuantificación de los parámetros paisajísticos se encuentra precisamente en la estructura regular (formada por cuadrados iguales: píxeles) de la malla que organiza la base de datos en un Sistema de Información Geográfica; cada una de estas celdas de la malla tiene una resolución específica y recoge información sobre las diferentes variables digitalizadas a la vez que facilita nuevas informaciones sobre ésta, por ejemplo, la extensión superficial de los elementos de interés. El interés de la aplicación de los SIG a la evaluación paisajística reside en que ésta se puede llevar a cabo de una manera rápida y económica, lo cual facilita el estudio de grandes áreas. Los métodos tradicionales empleados en el estudio del paisaje requieren mucho tiempo y obligan a realizar un análisis visual del área de estudio y un inventario de la ocupación del suelo, incluyendo vegetación, núcleos urbanos, elementos artificiales, etc. para poder investigar su rareza paisajística, su diversidad o su naturalidad. Para ello, además de lo citado, se precisan trabajos de campo y sobre todo un amplio y costoso material. La previa digitalización de las capas temáticas (variables con especial incidencia paisajística: áreas de vegetación, láminas de agua, altura del terreno, como ejemplos) hace menos necesario todo el proceso anteriormente descrito

ya que los SIG permiten la integración de las múltiples variables que configuran el territorio, su almacenamiento, combinación y manipulación (Bosque, 1992). Además, el tratamiento automático de la información permite una constante actualización de la base de datos espacial tras cualquier modificación, mejorando las posibilidades de los estudios paisajísticos encuadrados dentro de una óptica temporal.

Los SIG ofrecen para el diagnóstico y valoración paisajística la posibilidad de integración de elementos georeferenciados. Esta prestación facilita la capacidad de estudio del espacio geográfico y consecuentemente, contribuye a racionalizar el proceso evaluativo de un paisaje. (Bosque *et al.*, 1992).

La primera fase de este estudio consistió en la codificación y almacenamiento de la información cartográfica básica creando una base de datos fácilmente manejable, ampliable y compatible con otros estudios que incluyó datos sobre el tipo de elemento, su clasificación, descripción, georeferenciación, superficie, perímetro y longitud. La segunda fase consistió en la realización y aplicación de los modelos y cálculos de evaluación para cada uno de los objetivos propuestos.

6.2 Unidades de Paisaje

Siendo el área del Estado de México muy extensa y de acuerdo a los objetivos del estudio el área se dividió en las cuatro grandes cuencas hidrográficas presentes en su territorio utilizando el modelo digital de elevación y las curvas de nivel como elementos definitorios de ellas. Hecho esto, se observaron aquellas que tienen áreas con muy pocas infraestructuras (carreteras y pequeños núcleos urbanos o caseríos aislados sin servicios públicos) y, consecuentemente, donde se encuentra mejor conservada la vegetación original y también aquellas donde existe un mayor número de parches o islas de bosques, aspecto que repercute directamente en una mayor diversidad biológica y paisajística. Siguiendo las curvas de nivel del modelo digital de elevación y utilizando el mapa de hidrología superficial (cursos de agua) se subdividieron las cuatro grandes cuencas hidrográficas en subcuencas. Hecho esto, se fraccionaron estas unidades hidrográficas para obtener unidades de paisaje bajo dos criterios, el carácter edafológico

(M.O.P.T., 1992) y la caracterización de los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo presentes (M.O.P.T., 1993, Rzedowski, 1978).

6.3 Modelo de Valoración de la Calidad del Paisaje

Cuando se quiere evaluar la calidad paisajística de un territorio debe asumirse la existencia de posturas subjetivas respecto a esto. No obstante, el intento de objetivizar el análisis de lo que constituye lo visualizado con la finalidad de fijar aspectos y criterios sobre los que se puedan comparar situaciones distintas dentro de una misma región pretende, sino eliminar la parte subjetiva, al menos disciplinarla y someterla a un proceso de racionalización. Si se actúa de esta forma el proceso de evaluación tendrá sentido para el público en general y no solamente para el especialista que evalúa el territorio.

Como tantos otros conceptos, la calidad puede estimarse fácilmente en los casos extremos; de ordinario, convendría buscar su valoración mediante el estudio de algunas características como la topografía (vistas panorámicas, diversidad morfológica) y la vegetación (diversidad de colores, estacionalidad). Para la valoración de la calidad del paisaje se utilizó una metodología basada en la desagregación de las características físicas, biológicas y culturales del paisaje como la topografía, la vegetación, los usos del suelo y la presencia de agua.

Al plantear el modelo de calidad en el territorio del Estado de México se ha tenido presente cuáles son las características visuales más llamativas de este paisaje y cuales atraen más al observador, hacen la escena más agradable y reflejan la conservación natural de la zona.

En su aplicación se utilizaron procedimientos informáticos (los datos son mapas básicos almacenados en soporte magnético) y en el proceso de aplicación del modelo, la información parcial se integró secuencialmente hasta alcanzar la integración final de todos los factores que son contemplados.

El valor de la calidad del paisaje se basa en la integración de los factores y elementos característicos de cada cuadrícula, es decir, la calidad de la cuadrícula es el resultado de la conjugación en el punto de un tipo de los caracteres mencionados.

El planteamiento general del modelo a seguir para la determinación de la calidad del paisaje sigue un proceso metodológico que abarca los siguientes aspectos (Modelo General de Valoración de la Calidad Visual del Paisaje, Escribano *et al.*, 1987) (Ver Fig. 8):

- Las características intrínsecas del punto.
- El entorno inmediato.
- El horizonte visual o fondo escénico.

Cada uno de estos elementos proporciona matices diferentes y puede verse afectado o modificado de distinta manera por una actuación.

Calidad Visual Intrínseca: Con este elemento se quiere reflejar el atractivo visual que se deriva de las características propias de cada punto del territorio. Los valores intrínsecos visuales positivos se determinan generalmente en función de la geomorfología, vegetación, y presencia de agua.

Calidad Visual del Entorno Inmediato: El paisaje externo inmediato a cada punto del territorio se define, en términos cuantitativos, por un círculo de radio entre 500 y 700 metros que tiene por centro aquel punto. La importancia del entorno inmediato se justifica por la posibilidad de observación de elementos visualmente atractivos; el discernir árboles si se observa una masa arbolada, las formas de modelado de la roca si se percibe un afloramiento lítico o el espejo del agua. Se trata, en definitiva, de averiguar y luego valorar lo que se ve a una distancia inferior o igual a 700 metros. Los valores de la calidad del entorno inmediato se determinan en función de la vegetación, afloramientos rocosos, presencia de ríos, arroyos y embalses.

Calidad del Fondo Escénico: Por fondo escénico o “vistas escénicas” se entiende el conjunto que constituye el fondo visual de cada punto del territorio. Los elementos básicos del territorio para evaluar “la calidad de las vistas escénicas” son la

intervisibilidad, la altitud del horizonte, la vegetación (considerando la visión escénica de masas arboladas y la diversidad de las formaciones vegetales), la visión escénica de láminas de agua y las singularidades geológicas como la visión de afloramientos rocosos.

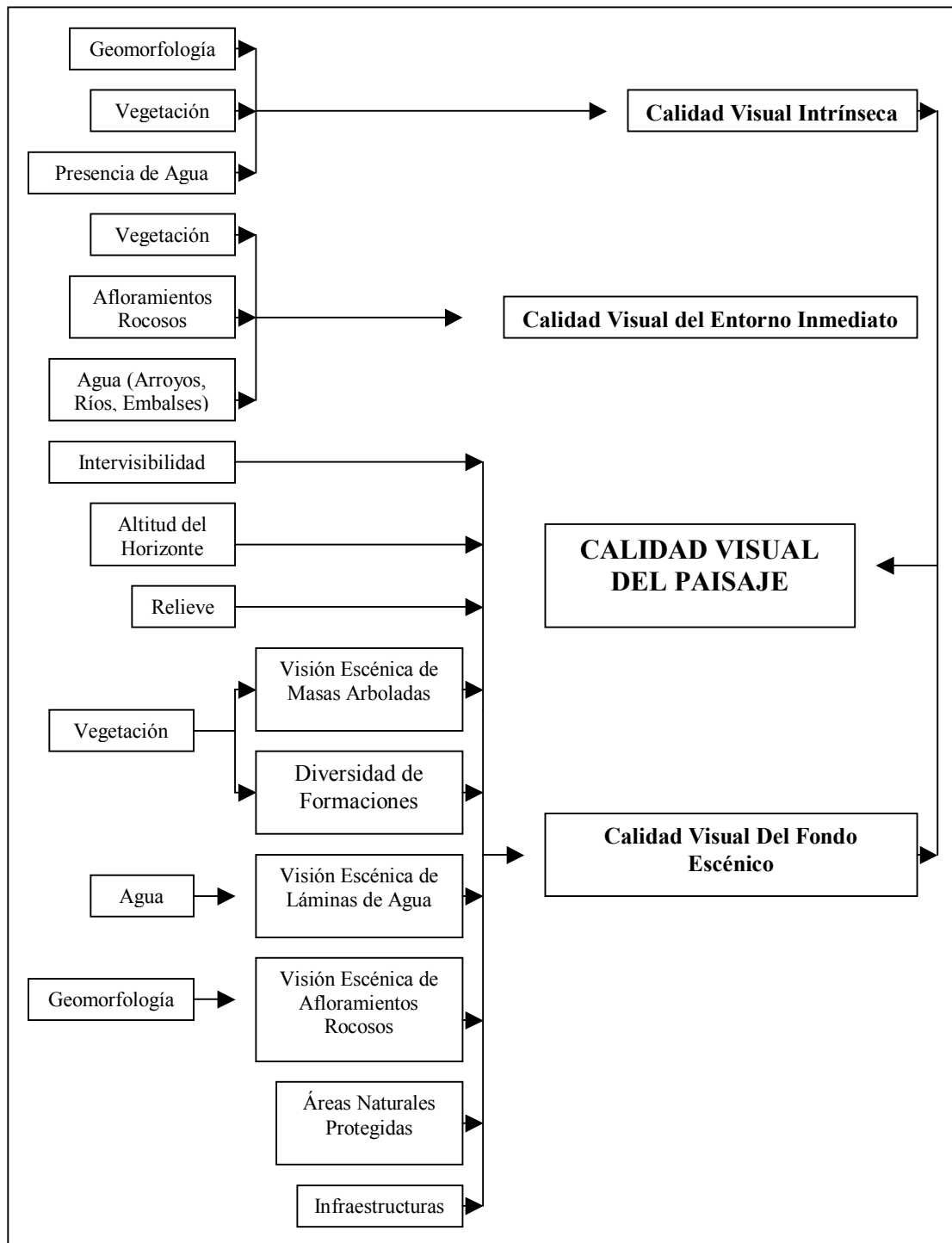


Fig. 8. Modelo General de Valoración de la Calidad del Paisaje (Escribano *et al.*, 1987).

6.4 Modelo de Valoración de la Fragilidad del Paisaje

La metodología que se aplicó busca estimar el valor de un paisaje valorando la fragilidad del mismo, la cual se define como la susceptibilidad de un paisaje al cambio cuando se desarrolla un uso sobre él. Expresa el grado de deterioro visual que experimentaría el territorio ante la incidencia de determinadas actuaciones (Ramos, 1979). Este concepto es similar al de "Vulnerabilidad Visual" y opuesto al de "Capacidad de Absorción Visual" (CAV) que es la aptitud que tiene un paisaje de absorber visualmente modificaciones o alteraciones sin detrimento de su calidad. Según lo señalado, a mayor fragilidad o vulnerabilidad corresponde menor capacidad de absorción y viceversa.

La información proporcionada por un estudio de fragilidad sirve especialmente si el objetivo del estudio trata de decidir la mejor localización de varias actividades posibles (planificación del territorio). La fragilidad es pues una cualidad intrínseca del territorio que puede expresarse en impactos más o menos graves ante las distintas actividades.

En este modelo se tomaron en cuenta factores como visibilidad (tanto en magnitud como en complejidad de lo observado), efecto pantalla de la vegetación, pendiente, morfología del terreno y accesibilidad del paisaje (Modelo General de Valoración de la Fragilidad del Paisaje, Escribano *et al.*, 1987) (Ver Fig. 9). Los elementos y características que se analizan en los estudios de paisaje pueden incluirse en tres grandes grupos: factores biofísicos derivados de los elementos característicos de cada punto (entran aquí la pendiente, orientación y vegetación considerada en diversos aspectos como altura, densidad, variedad cromática, estacionalidad, contraste cromático con el suelo y contraste cromático de la vegetación con otros tipos de vegetación); la integración de estos factores da lugar a un único valor que mide la fragilidad visual del punto. Otros factores físicos como la fisiografía, la compacidad, forma y tamaño de las cuencas visuales son elementos que se consideran para determinar la fragilidad visual intrínseca por valorar los elementos y características ambientales del punto y su entorno. Los factores de visualización derivados de la configuración del entorno de cada punto (la cuenca visual o superficie vista desde cada punto, tanto en magnitud como en forma y complejidad) son parámetros que se agregan en un único valor que mide la fragilidad

visual del entorno. Los factores histórico-culturales, mismos que tienden a explicar el carácter y las formas de los paisajes en función del proceso histórico que los ha producido son, por tanto, determinantes de la compatibilidad de forma y función de futuras actuaciones con el medio y entran aquí la presencia de los núcleos urbanos, carreteras y valores singulares de atracción, como volcanes y zonas arqueológicas (Aguiló, 1981); (Modelo General de Valoración de la Fragilidad del Paisaje, Escribano *et al.*, 1987).

La fragilidad visual es valorada por el punto, su entorno y su valor intrínseco; sin embargo, es independiente de la posible observación, a la que es necesario añadir ciertas consideraciones referentes a la posibilidad “real” de visualizar la futura actuación por parte de un observador. Un ejemplo llevado al extremo sería el de una actuación ubicada en una zona de máxima fragilidad visual intrínseca, pero totalmente inaccesible para cualquier espectador. Esta es la razón por la que un fenómeno así se considera un “valor adquirido” de la fragilidad visual cuando a la caracterización intrínseca se le añade el matiz de la accesibilidad potencial a la observación tal y como se hace en este estudio.

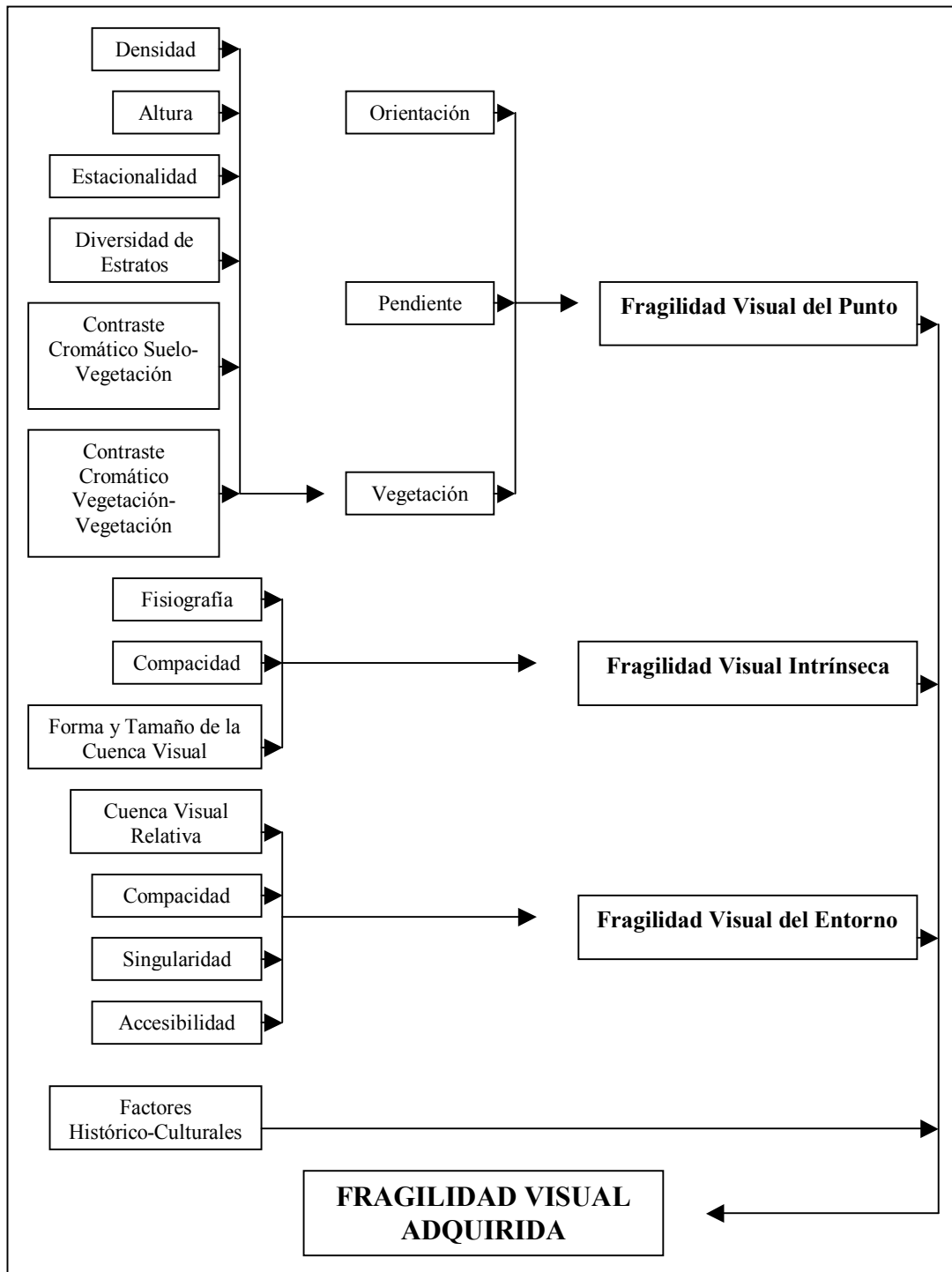


Fig. 9. Modelo General de Valoración de la Fragilidad del Paisaje, Escribano *et al.*, 1987.

El Estado de México se consideró como una unidad obedeciendo a razones de orden geográfico que lo definen como una zona natural con serranías volcánicas localizada en el centro del país. La secuencia metodológica general que se siguió para este estudio se muestra en el siguiente esquema:

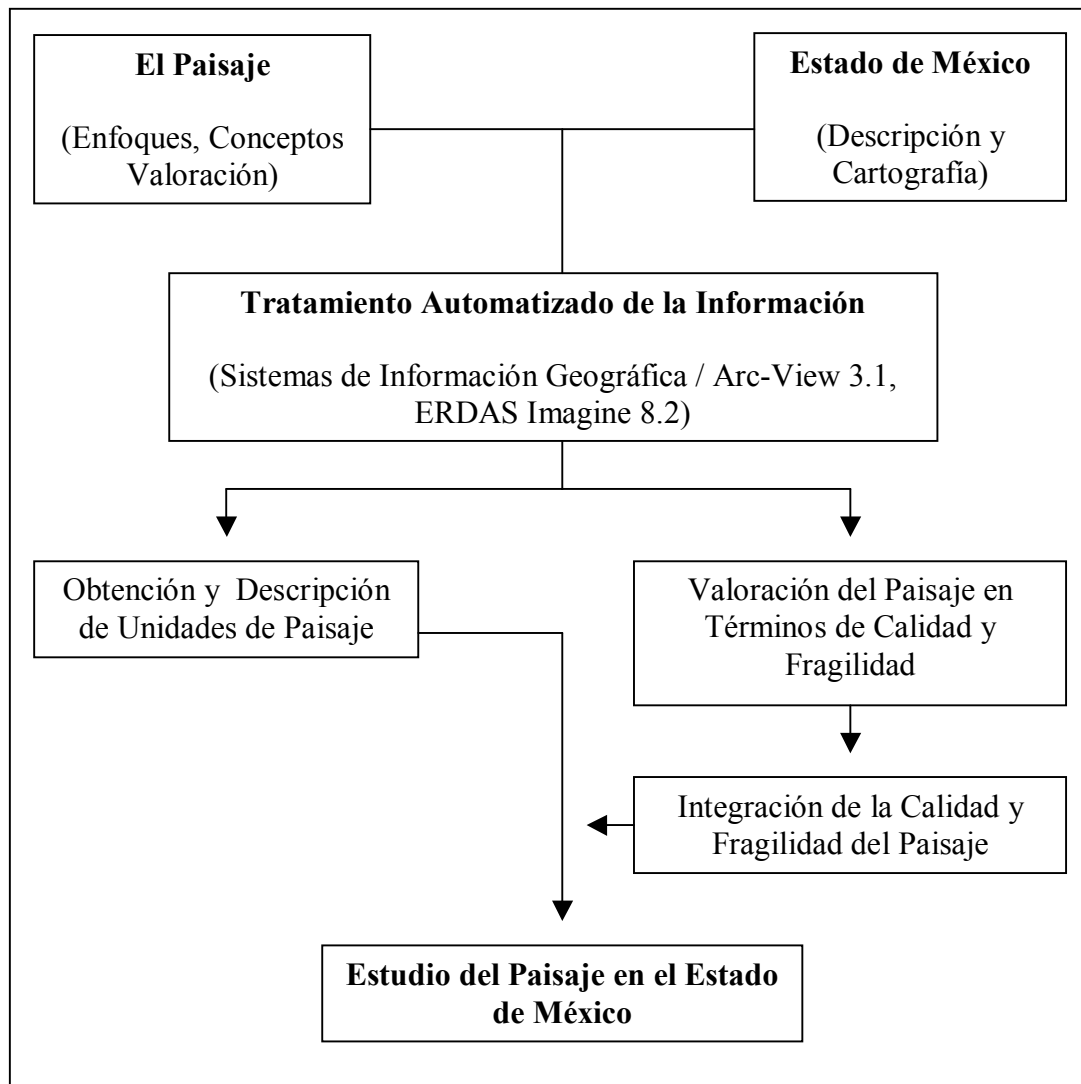


Fig. 10. Modelo General de Metodología.

7.0 Resultados

7.1 Unidades de Paisaje

Para la creación de las unidades de paisaje en el Estado de México se elaboró una subdivisión de las cuatro grandes cuencas hidrográficas (Mapa 2) en subcuencas, obteniendo de esta manera 42 subcuencas hidrográficas (Mapa 3). Posteriormente, se hizo una subdivisión más, la cual consistió en fraccionar las unidades hidrográficas en otras de marcado carácter edafológico, obteniendo, bajo este criterio, 210 unidades de paisaje (Mapa 4) (De Pablo, 1987; M.O.P.T., 1993). También se elaboraron unidades de paisaje tomando como criterio la caracterización de los diferentes tipos de vegetación y usos de suelo presentes en el Estado de México obteniendo 5,625 unidades de paisaje, en general mucho más pequeñas (Rzedowski, 1978; M.O.P.T., 1993) (Mapa 5).

Una vez obtenidas las unidades de paisaje, el siguiente paso fue caracterizarlas. El procedimiento más simple fue hacerlo siguiendo la definición una serie de elementos descriptivos como son:

Vegetación y Usos de Suelo: La vegetación y usos del suelo aportan al paisaje formas, texturas y colores muy diversos, los cuales poseen una inmensa importancia en cuanto a la forma en la que percibe el paisaje el observador (Mapa 6).

Clase	Tipo de Vegetación y Usos del Suelo	Frecuencia (píxeles 25 x 25 m)	Superficie en %
1	Áreas Perturbadas	3521130	0.14640
2	Áreas Desprovistas de Vegetación	67107	0.00769
3	Agricultura de Riego	3216769	3.89258
4	Agricultura de Temporal	4819048	0.25035
5	Pastizal	4881184	0.92830
6	Vegetación Halófila	9482	1.36377
7	Bosque Mesófilo de Montaña con otras Coníferas	114484	2.29967
8	Bosque Mesófilo de Montaña Abierto	22480	1.84760
9	Bosque de Encino	206905	3.42430
10	Bosque de Encino con otras Coníferas	579171	3.43862
11	Bosque de Pino y Encino con otras Coníferas	1839286	15.15440

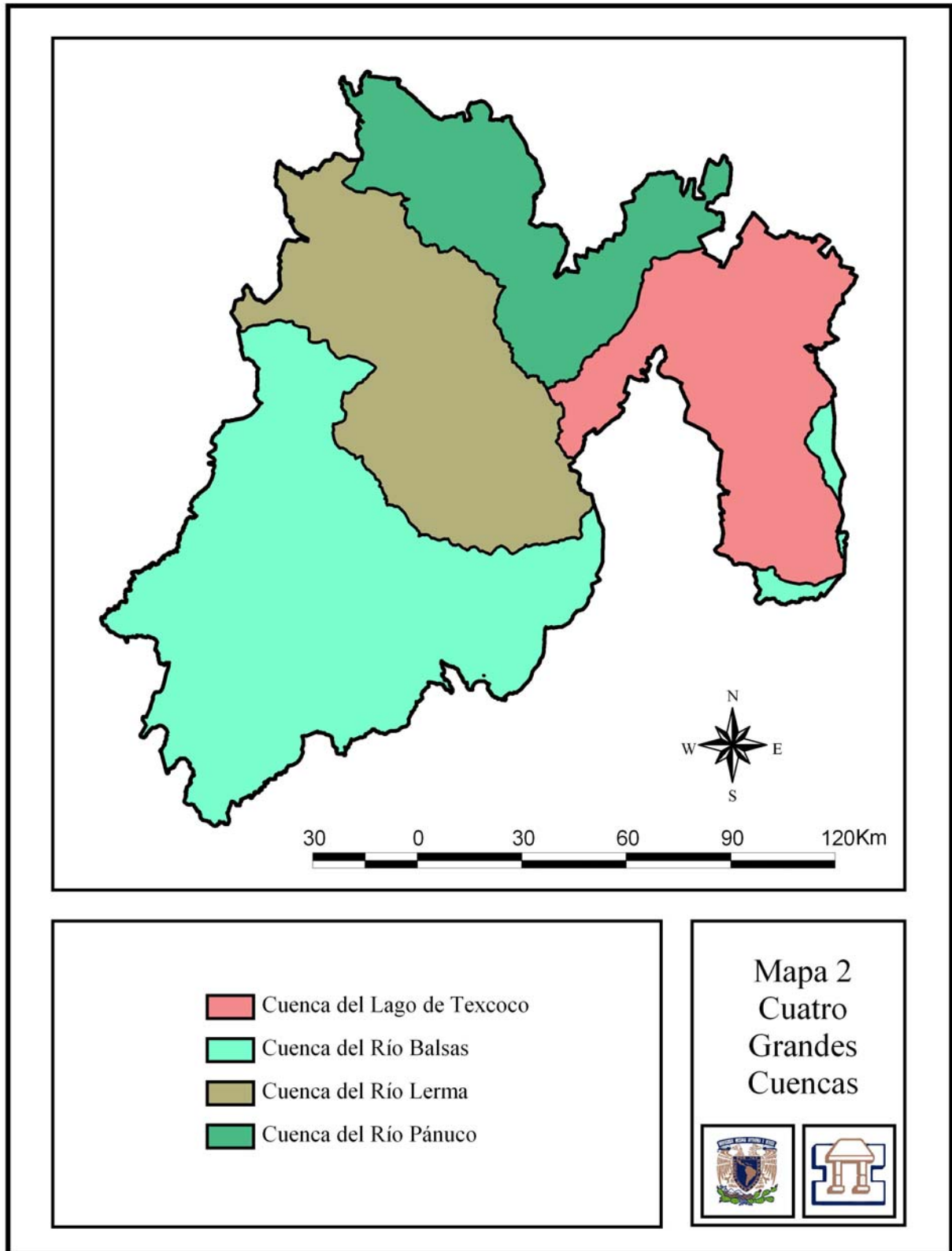
12	Bosque de Pino Fragmentado	141623	5.01354
13	Bosque de Pino con otras Coníferas	1140120	0.01046
14	Bosque de Pino	7751	0.34783
15	Bosque de Pino y Encino	52866	0.90274
16	Bosque Abierto de Encino	1357698	0.44444
17	Bosque Abierto de Pino y Encino	1118977	25.63821
18	Bosque Abierto de Oyamel	169551	2.61792
19	Bosque de Oyamel con otras Coníferas	847756	1.28213
20	Bosque Abierto de Pino	648816	0.93537
21	Matorral Xerófito	334484	7.46146
22	Selva Fragmentada	1371135	0.02145
23	Selva Baja	751025	15.20832
24	Vegetación Hidrófila	59348	0.00105
25	Bosque Fragmentado	6385163	0.00031
26	Zona Urbana	1697540	0.10828
27	Cuerpos de Agua	328172	0.11904
28	Bosque de otras Coníferas	26361	0.24453
29	Bosque Abierto de otras Coníferas	68162	6.88925

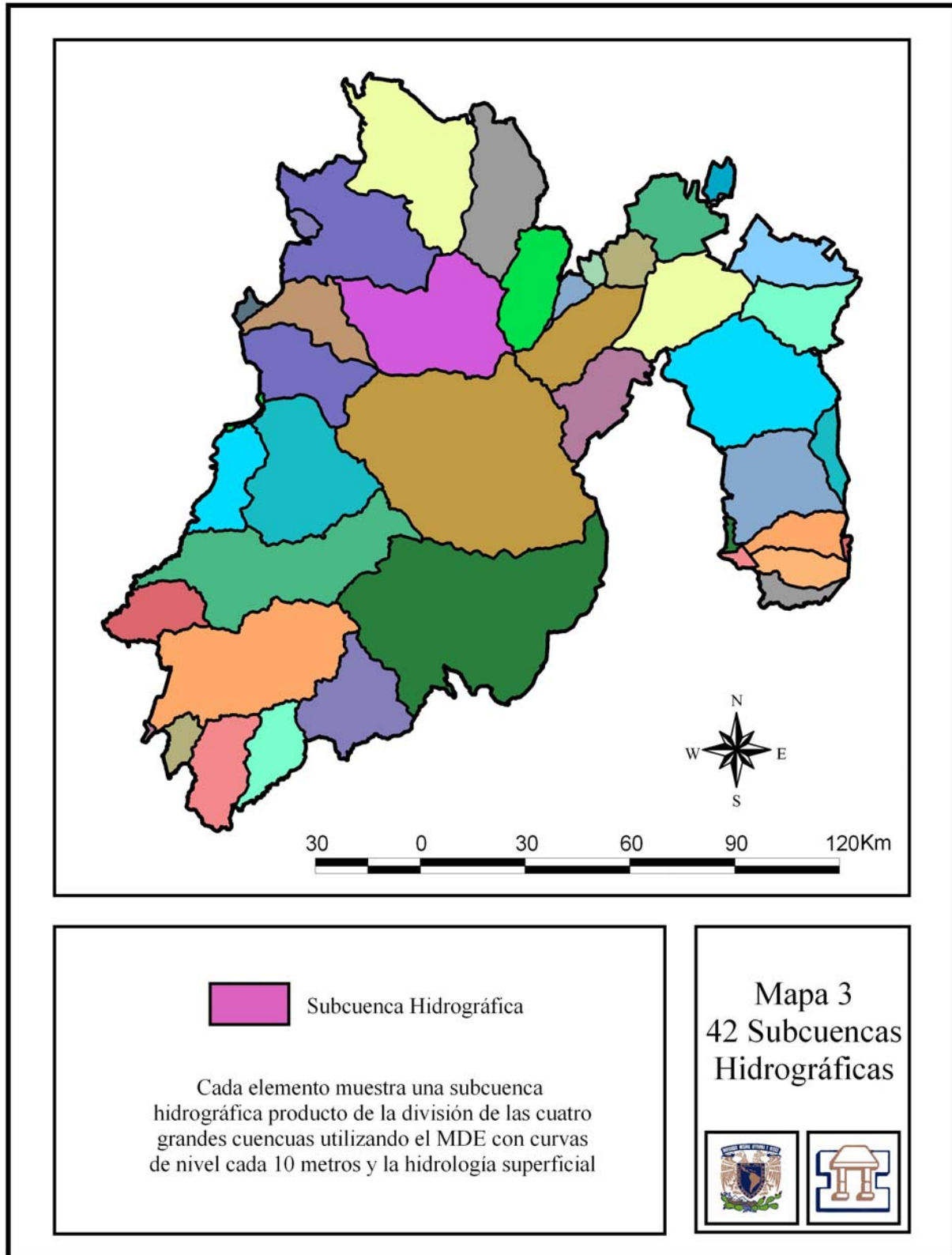
Tabla 3. Descripción para las Unidades de Paisaje en cuanto a Vegetación y Usos del Suelo en el Estado de México.

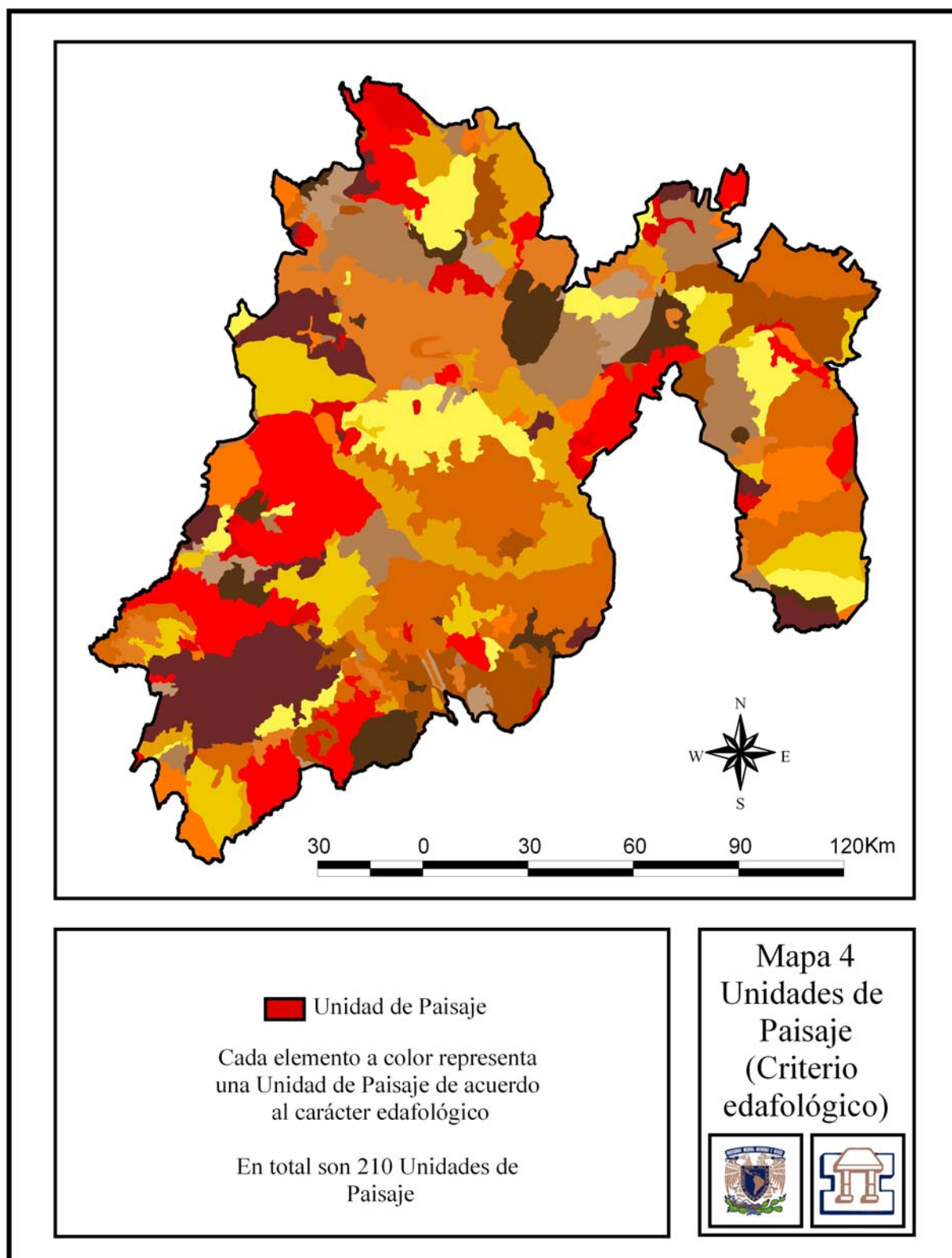
La pendiente dominante: La pendiente dominante en la unidad de paisaje contribuye con información acerca del ángulo de incidencia visual del observador. Generalmente, las zonas con mayor pendiente son más visibles, aspecto fundamental para la determinación de la calidad y fragilidad del territorio (Mapa 7).

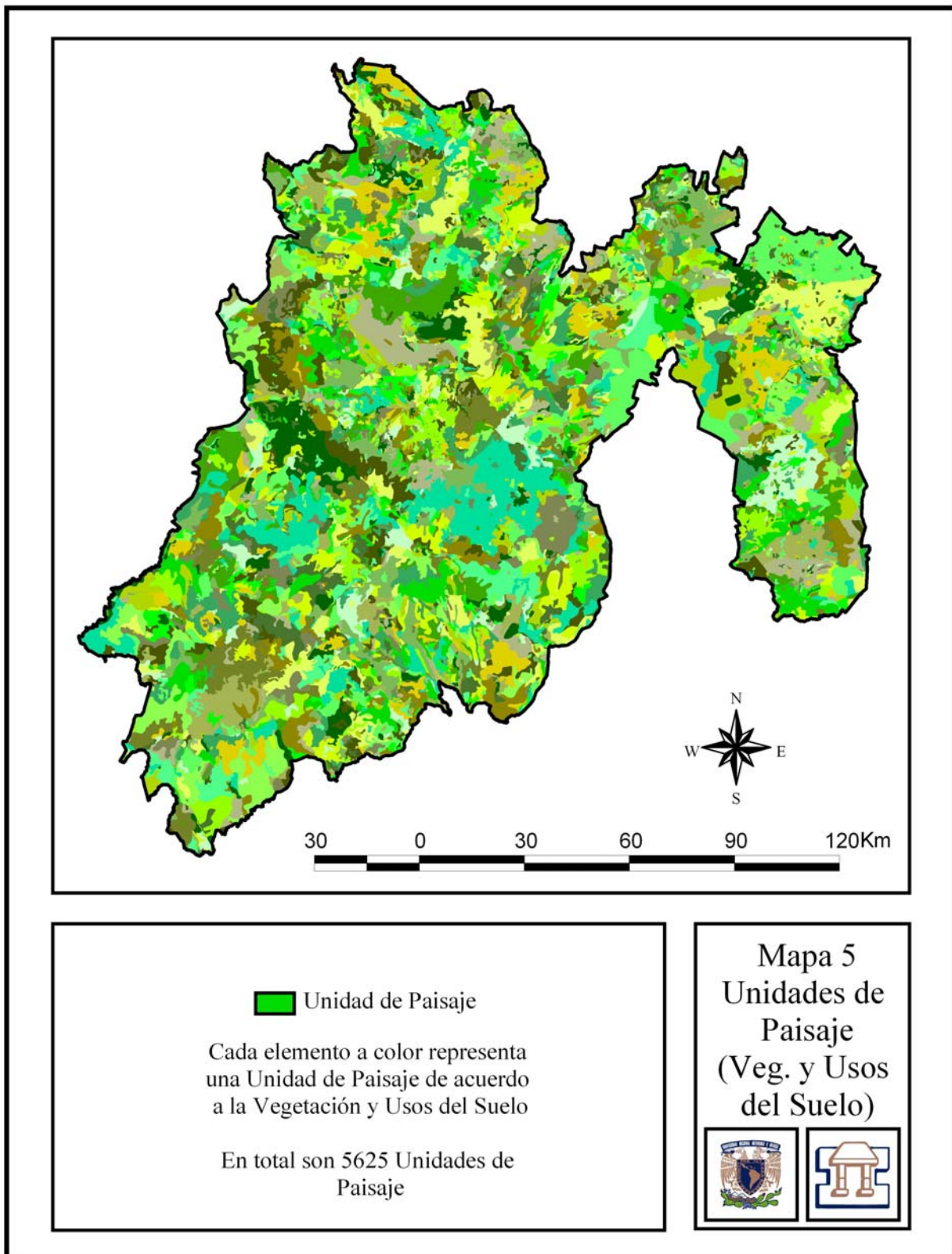
Intervalo de Pendiente (%)	Frecuencia (píxeles 25 x 25 m)	Superficie en %
0 al 3% (Todos los Vientos)	52914264	73.48825277
3 al 6 %	6148130	8.538630179
6 al 10 %	4780911	6.639812585
10 al 20 %	5621547	7.807302524
20 al 30 %	1863342	2.58784187
30 al 40 %	431065	0.598670591
> 40 %	244445	0.33948948

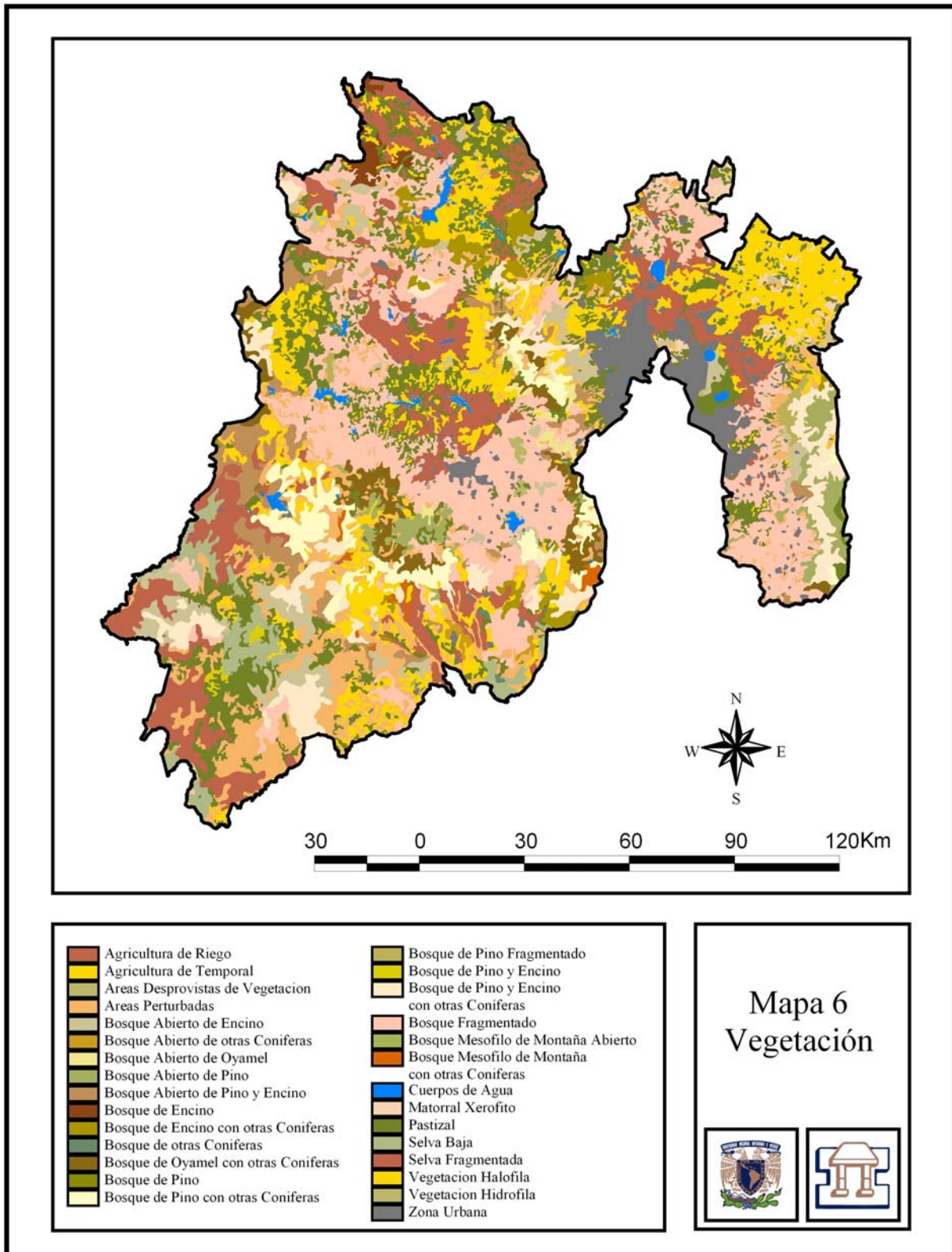
Tabla 4. Descripción para las Unidades de Paisaje en cuanto al Intervalo de Pendiente.

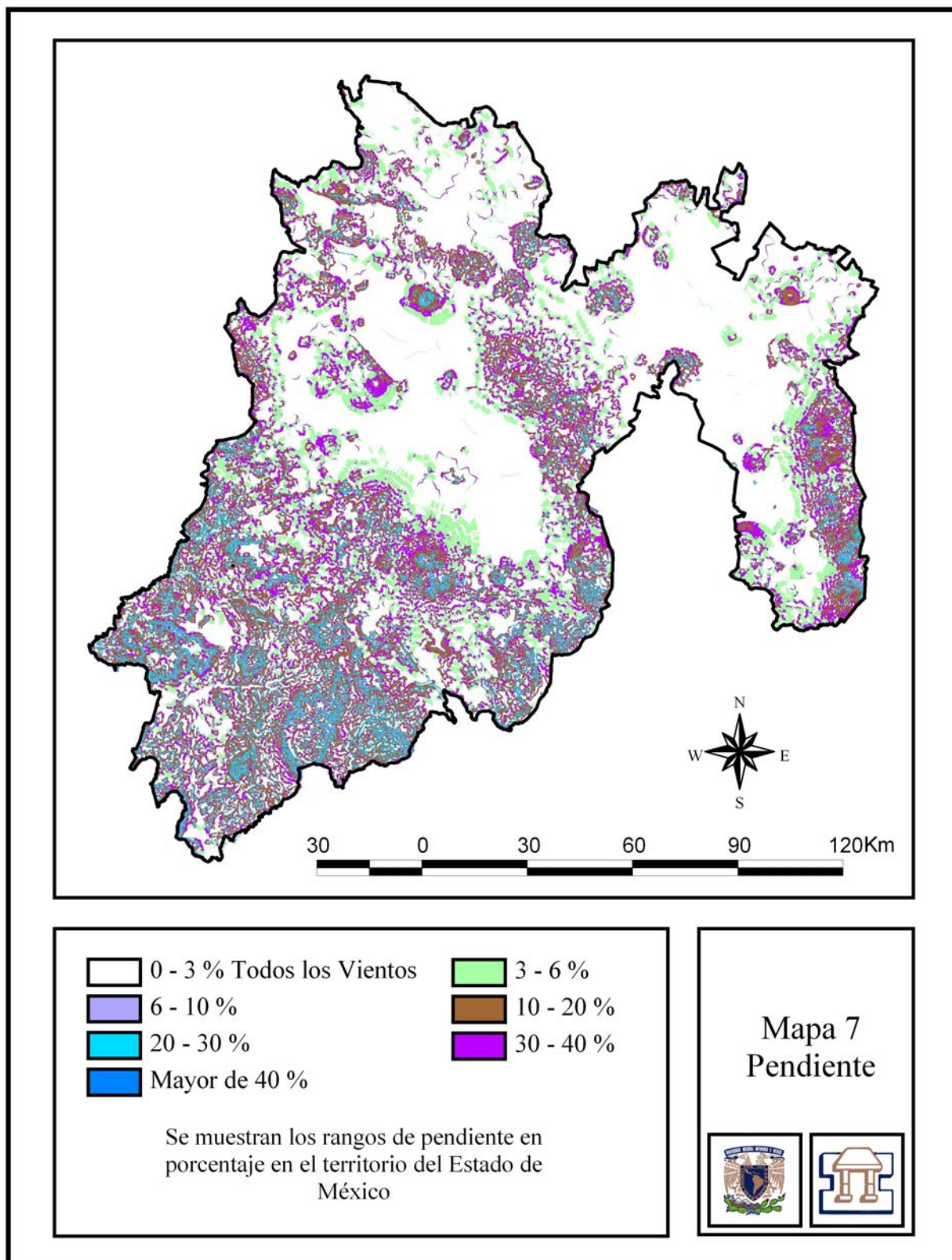












El tipo de orientación dominante: La orientación dominante en la unidad de paisaje aporta información acerca de la exposición al Sol de los diferentes elementos que la constituyen. La orientación determina las condiciones de visibilidad, ya que la forma en que está iluminado un paisaje puede llegar a modificar la percepción que se tenga de él, ya sea reduciendo o aumentando las sombras, o la intensidad y el brillo de los colores, entre otros fenómenos (Mapa 8).

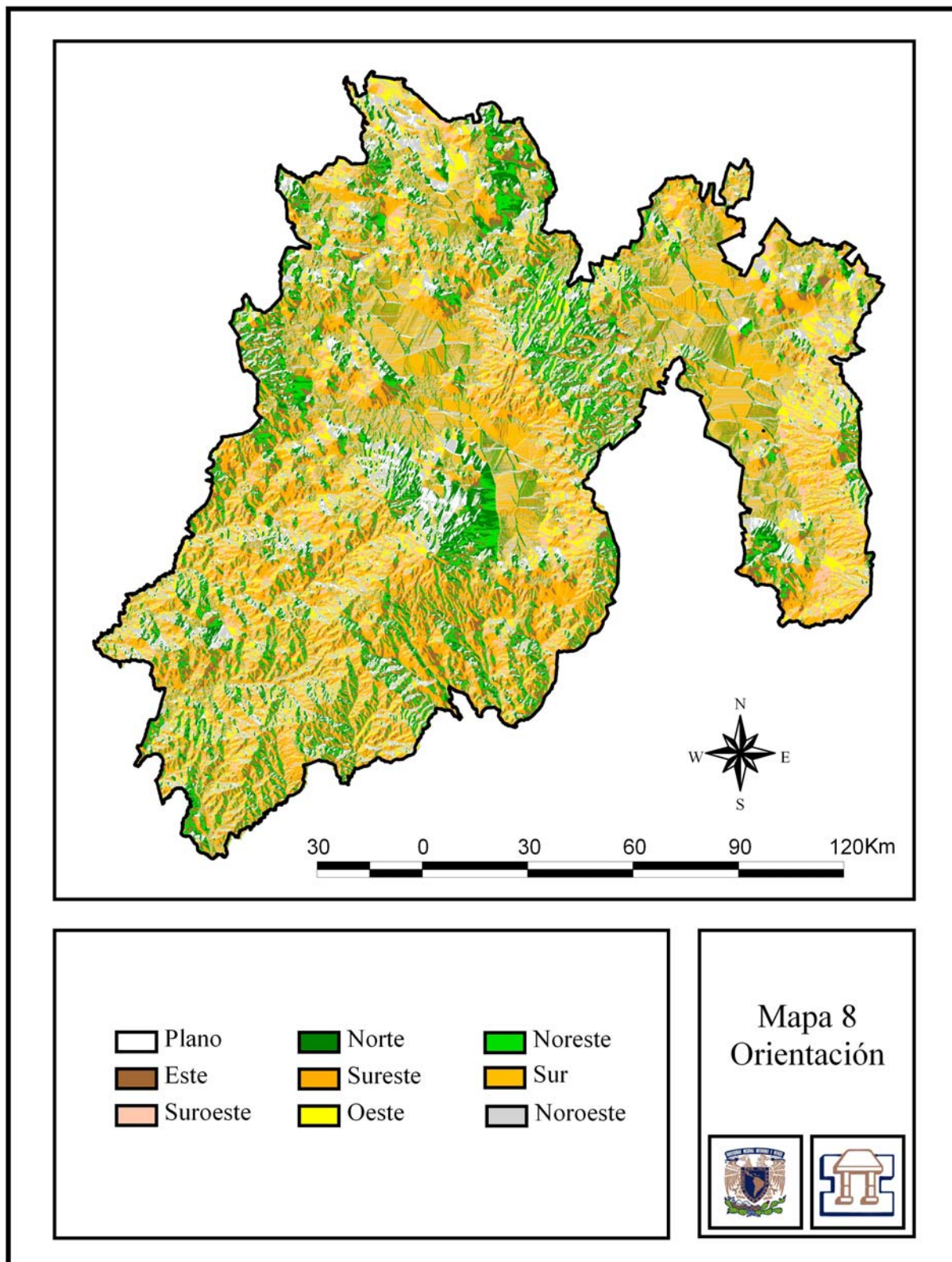
Clase	Tipo de Orientación	Frecuencia (píxeles 25 x 25 m)	Superficie en %
1	Plano	49321	0.137832591
2	Norte	3964118	11.07813418
3	Noreste	3630973	10.14712632
4	Este	3983252	11.13160611
5	Sureste	3657151	10.22028343
6	Sur	4086475	11.42007336
7	Suroeste	7614221	21.27872125
8	Oeste	3903817	10.90961685
9	Noroeste	4893936	13.67660591

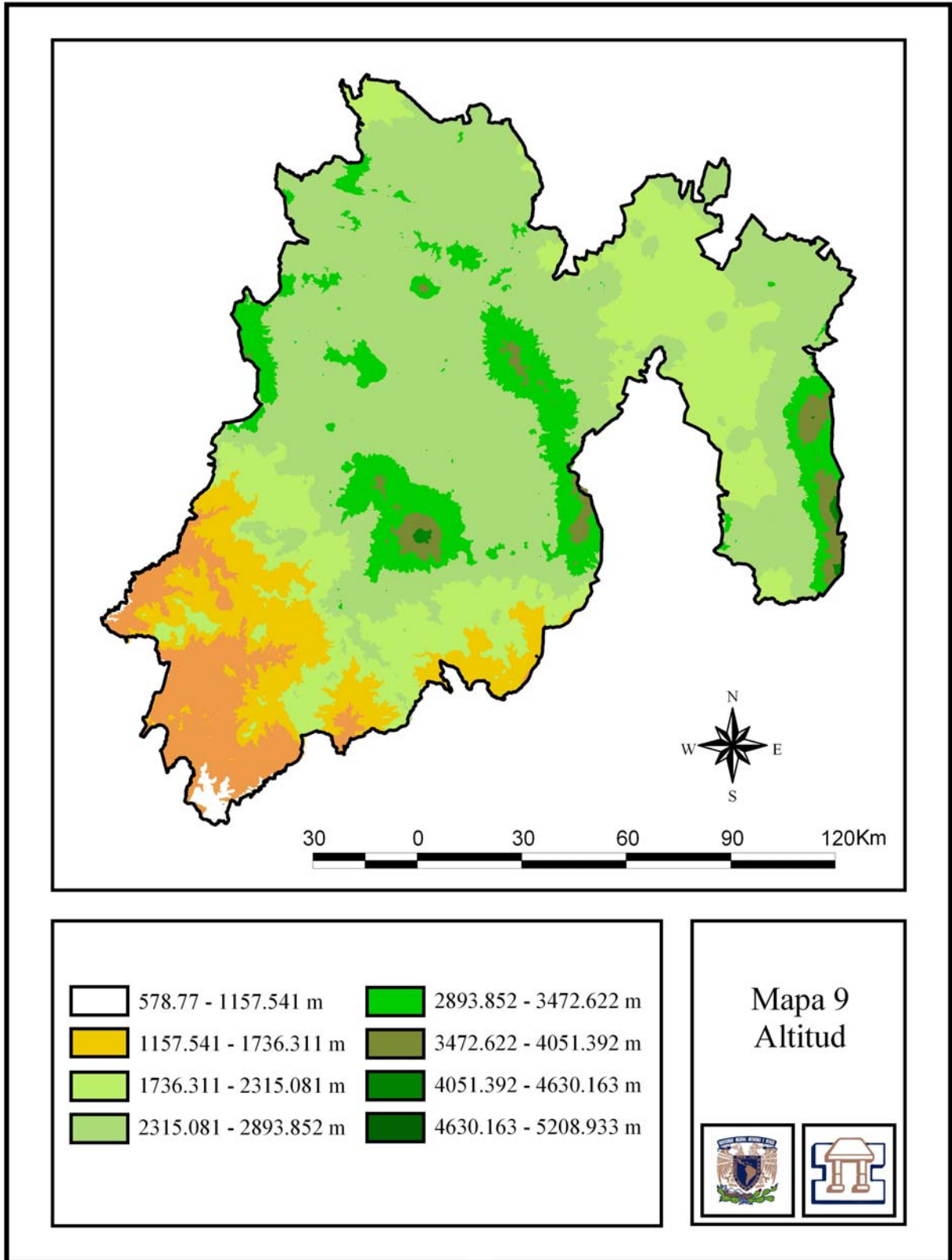
Tabla 5. Descripción para las Unidades de Paisaje en cuanto al Tipo de Orientación.

Altitud: La caracterización de la altitud se refiere exclusivamente a la diferencia de cotas entre la máxima y mínima altura existente en la unidad de paisaje considerada. Proporciona un aspecto más que puede describir lo complicado que puede llegar a ser topográficamente la unidad. Sin embargo, esta medida debe tomarse con cierta precaución dado que habría que relacionar esta diferencia con el tamaño de la unidad (Mapa 9).

Clase	Rango (m)	Frecuencia (píxeles 25 x 25 m)	Superficie en %
1	578.77-1157.541	2554360	7.145658575
2	1157.541-1736.311	3235828	9.052021679
3	1736.311-2315.081	7445469	20.82822288
4	2315.081-2893.852	17757599	49.6757464
5	2893.852-3472.622	3922262	10.97227685
6	3472.622-4051.392	763335	2.135380795
7	4051.392-4630.163	62371	0.17447888
8	4630.163-5208.933	5796	0.016213939

Tabla 6. Descripción para las Unidades de Paisaje en cuanto al Rango de Altitud.





antropización está ligado a una pérdida de naturalidad y además, será un índice de la accesibilidad visual de la unidad; por esta razón se considera necesario hacer mención de este elemento en la descripción de las unidades visuales de paisaje (Mapa 10).

Clase	Tipo	Frecuencia (píxeles de 25 x 25 m)	Superficie en %
1	Terracerías	26265	5.641532332
2	Federal Libre	546	0.117276857
3	Federal Cuota	13035	2.79982387
4	Federal de 4 Carriles	9896	2.125589338
5	Federal de 2 Carriles	49861	10.70978274
6	Federal Revestida	91367	19.62497181
7	Estatad Revestida	83876	18.0159591
8	Estatad Libre	186097	39.97229173
9	Estatad Cuota	4622	0.992772223

Tabla 7. Descripción para las Unidades de Paisaje en cuanto a Infraestructuras (Vías de Acceso) presentes en el Estado de México.

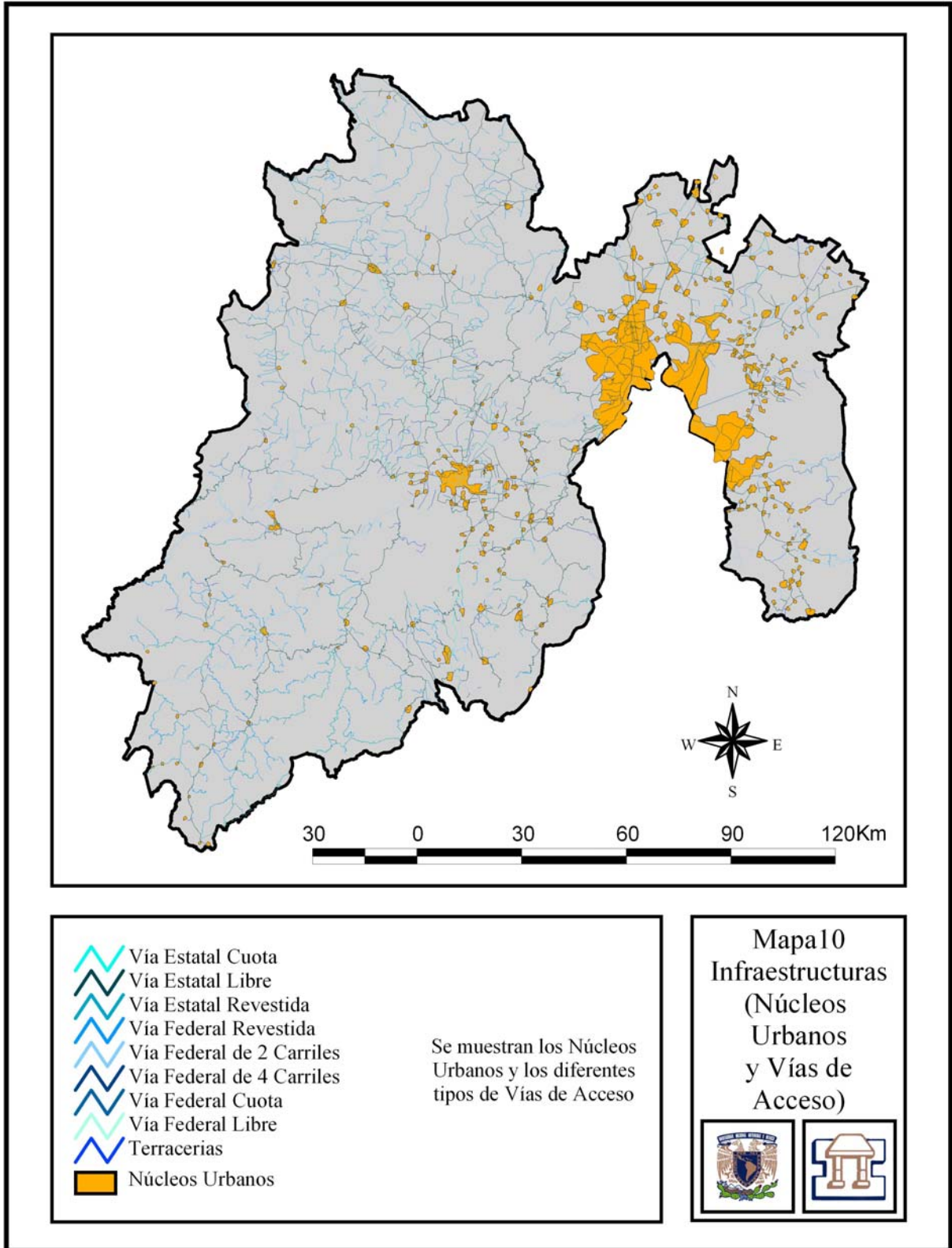
La porción suroeste del Estado de México presenta una topografía mas accidentada a igual que su parte oriental, siendo, por el contrario, en el norte y centro de su territorio menos accidentada con extensas llanuras dominadas principalmente por grandes extensiones de cultivos homogéneos que dan menor variedad y dinámica a sus paisajes.

7.2 Valoración de la Calidad del Paisaje

7.2.1 Factores Considerados para la Valoración de la Calidad del Paisaje

Geomorfología. Este parámetro nos indica características de pendiente, altitud y formas del terreno.

Vegetación y Usos del Suelo: La vegetación y los usos del suelo son los factores fundamentales para evaluar la calidad del paisaje en el punto, sobre todo por ser un elemento extensivo a todo el territorio y así mismo determinante a causa de la estructura. La determinación de la calidad visual intrínseca de la vegetación se ha llevado a cabo a través de la interpretación de ciertos aspectos que caracterizan a los categorías de vegetación y usos del suelo presentes como lo son la diversidad de formas (estructura de la formación, la cual refleja la variedad de especies vegetales, lo que de



alguna manera también proporciona información referente a los estratos presentes en la unidad; un tipo de vegetación tendrá mayor calidad visual cuanto más diverso sea), su textura (las texturas de grano grueso y elevado contraste interno tienden a dominar en la escena al contemplarlas con paisajes donde es la textura fina y homogénea la que domina; se le ha asignado una mayor calidad a las texturas que dominan visualmente) y el color de la misma (los colores brillantes contrastan más que los colores mates y los claros más que los oscuros; los colores cálidos, claros y brillantes tienden a dominar sobre los fríos, oscuros y mates en un paisaje; se les ha asignado un mayor valor de calidad visual a aquellos tipos de vegetación donde las combinaciones de colores son intensos y variados, con contrastes agradables entre la vegetación, suelo, agua y rocas, frente aquellas que presentan muy poca variación de color o contraste), así como su rareza (se le asigna mayor calidad a aquellos tipos de vegetación que tienen poca posibilidad de ser contemplados por ser poco frecuentes o raros en la región frente a la vegetación que es característica o bastante común).

La vegetación está fuertemente influenciada por las actividades humanas, estos usos asignados al suelo repercuten en la evolución natural de las comunidades vegetales e, incluso, muchas veces el aspecto que presentan se debe fundamentalmente a ello, pudiendo llegar a un cambio total la cubierta vegetal con la creación cultivos o por efecto de la repoblación. Los usos o influencias más comunes en el Estado de México son la forestal, el ganadero, la de agricultura de temporal y la de huertas y caza. En función de este factor también se consideró el parámetro de la naturalidad. Se entiende por naturalidad al estado de la formación o agrupación vegetal en función de la intensidad con que los aprovechamientos antrópicos se desarrollan en ella. En este aspecto se ha considerado a un tipo de vegetación con mayor calidad visual, en la medida que sea más natural.

Cuanta mayor sea la variedad y contraste en la estructura, así como en el color y textura, más atrae a la vista ese paisaje. La escasez de los usos, por no ser contemplado con frecuencia hace más llamativo el objeto a la visión. La naturalidad de las formaciones vegetales tiene más atractivo y hacen que el paisaje aumente su calidad. La valoración efectuada de acuerdo con estos criterios pone en evidencia la mayor calidad de los bosques y selvas, frente a la menor calidad de los cultivos.

Descripción	Clase
Carreteras de terracería o brechas transitables	0 (Mayor Calidad)
Carreteras asfaltadas	-1 (Menor Calidad)

Relieve: Por sus características morfológicas, el área de estudio se puede separar en grandes áreas; en cada una de las cuales predominan características fisiográficas distintas que ofrecen una respuesta visual diferente. Por otro lado, su situación geográfica condiciona generalmente el desarrollo de las actividades humanas.

Desde el punto de vista morfoestructural, que condiciona netamente la fisiografía, pueden establecerse en esta zona unidades como zonas montañosas (cumbres de volcanes y sierras), laderas con pendiente más acusada y movida, pies de laderas con menor pendiente, áreas deprimidas llanas con pendiente muy suave o nula.

La representación territorial del relieve se presenta a continuación:

Zona de cumbres: Corresponde a una zona de cimas con alternancia de crestas y depresiones. Generalmente se caracterizan por la presencia de un relieve muy quebrado y diferencias altitudinales importantes.

Laderas netas: Son zonas de morfología escarpada, más o menos continua, con pendientes superiores al 25%, bastante uniformes y rectilíneas.

Laderas suavizadas (pies de ladera): Corresponden a inclinaciones suaves, en las cuales las pendientes son menores del 20 % (generalmente no superan al 25 % de pendiente).

Planicies: Corresponden a las áreas llanas sin pendiente de morfología simple y que generalmente están cubiertas por cultivos.

La diferenciación morfológica tan marcada presente hace posible definir no sólo grandes áreas con distinta ubicación geográfica, sino diferenciarlas de acuerdo a distintos grados de atracción visual.

Intervisibilidad: Valora la presencia de panorámicas amplias en el horizonte visual de cada punto de territorio. Cuanto mayor sea el número de puntos que pueden divisarse

desde uno dado, su cuenca visual, mayor será la amplitud de la vistas escénicas y mayor su calidad.

Altitud del Horizonte: Sirve para diferenciar entre la presencia de zonas altas y cumbres.

Áreas Naturales Protegidas: Se valora de forma positiva la presencia de una zona en el territorio con estatus de Área Natural Protegida dadas las condiciones de protección y conservación del medio natural de las cuales goza merced a su estado.

El análisis se ha efectuado mediante un tratamiento ráster basado en la división del territorio en cuadrículas de 25 m x 25 m de lado.

7.2.2 Integración

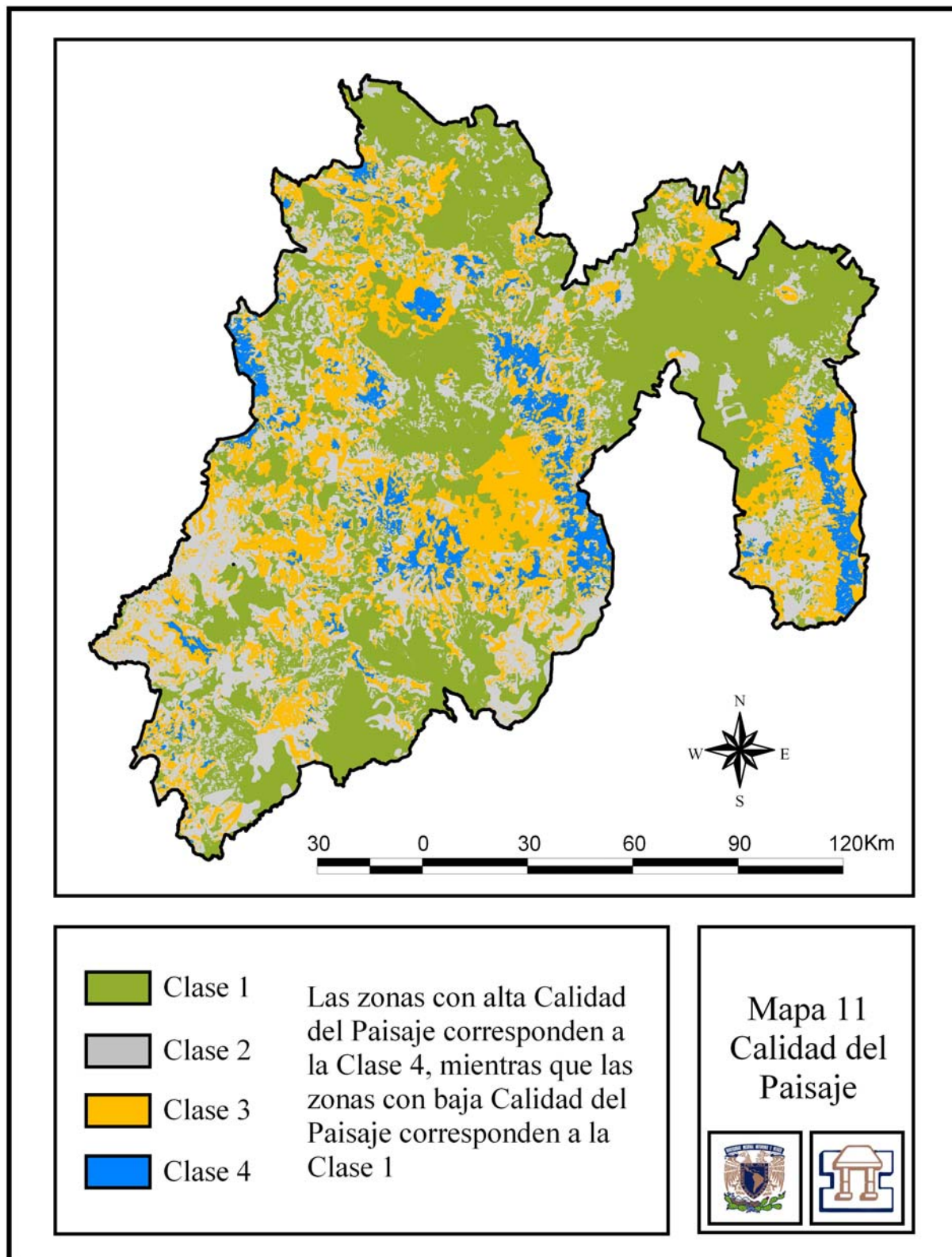
El valor de la calidad del paisaje es la adición de los aspectos anteriormente mencionados. El resultado se obtiene por la integración de los valores que posee cada punto del territorio según el tipo que cada cuadrícula tiene de los elementos elegidos como influyentes, ya sean positivos o negativos.

En función de lo anterior, el territorio se ha reclasificado en 4 clases de calidad que diferencian la menor o mayor calidad del paisaje (categoría 1 y 4 respectivamente) (Mapa 11). En la siguiente tabla se observa la distribución y frecuencia de la suma correspondiente a los elementos considerados para la calidad del paisaje, la clase 0 incluye a las áreas del territorio no valoradas y está formada por los núcleos urbanos.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje	Calidad Visual del Paisaje
Clase 0	1535496	4.291099884	No Considerado (Núcleos Urbanos)
Clase 1	14961464	41.81134398	Menor Calidad Visual
Clase 2	9073353	25.3564141	
Clase 3	8200013	22.91577593	
Clase 4	2012940	5.625366093	Mayor Calidad Visual

Tabla 8. Calidad del Paisaje en el Estado de México.

De acuerdo a esta clasificación, el valor asignado a cada punto del territorio se observa en el mapa de calidad del paisaje en donde se aprecia qué áreas como las cumbres y laderas de las regiones volcánicas, así como en las áreas con relieves accidentados se encuentran en las clases de mayor calidad (la clase 4, con 2,012,940 cuadrículas y la clase 3 con 8,200,013 cuadrículas). Las regiones de mayor calidad visual están cubiertas generalmente por masas boscosas de coníferas, presentan una ubicación topográfica elevada y además el relieve es fuerte y accidentado. Estas áreas de máxima calidad visual del territorio deben ser consideradas como zonas no propicias para la ejecución de proyectos, ya que esto afectaría en mucho su calidad paisajística.



7.3 Valoración de la Fragilidad del Paisaje

7.3.1 Factores considerados en el Modelo de Fragilidad del Paisaje

Densidad de la vegetación: A mayor densidad de vegetación expresada por el porcentaje de suelo cubierto por la proyección horizontal de las especies leñosas, menor fragilidad visual intrínseca.

Contraste cromático suelo-vegetación: La fragilidad visual intrínseca crece con la magnitud del contraste de color entre suelo y vegetación.

Altura de la vegetación: Cuanto mayor es la complejidad de la estructura de la vegetación, mayor número y densidad de estratos, menor es el nivel de fragilidad visual.

Contraste cromático dentro de la vegetación: La diversidad cromática dentro de la propia cubierta vegetal favorece el “camuflaje” de las actuaciones humanas, sobre todo si esa gama abundante de colores no obedece a una pauta claramente definida y se distribuye de forma caótica. Las situaciones de mayor fragilidad visual, a este respecto, vienen definidas por las manchas monocromáticas constantes en el tiempo (como las masas arboladas de coníferas) o variables (como la agricultura de temporal).

Estacionalidad de la vegetación: La pérdida de opacidad, la disminución del “efecto pantalla”, que supone la pérdida de las hojas caducas, es un factor que aumenta, aunque sea de forma temporal durante el otoño-invierno, la fragilidad visual de las zonas que sustentan aquel tipo de vegetación.

Pendiente: Para la evaluación de la fragilidad visual derivada de este factor se efectúa una clasificación de los valores estimados de la pendiente, en el sentido de atribuir una mayor capacidad de absorción visual a las pendientes más bajas.

Orientación: La relación orientación-fragilidad visual obedece a dos criterios. Existe una mayor fragilidad en las zonas más iluminadas normalmente para el observador. El sur y el oeste son, en este sentido, más frágiles que las exposiciones al norte y al este.

También existe una mayor fragilidad en las zonas cuya orientación obligue al espectador a una visualización a contraluz durante un tiempo más prolongado. Con esta evaluación, en el semicírculo superior de orientaciones (E-N-O) se da prioridad al primero de los criterios enunciados (tiempo de iluminación), sobre el segundo efecto a contraluz de la observación: la observación a contra luz en esas zonas se da sólo durante el amanecer. En el semicírculo inferior (O-S-E) se ha cambiado la prioridad de los criterios: la bondad de la observación domina ahora sobre la iluminación, siempre buena en esta gama de orientaciones. La mayor fragilidad corresponde a las áreas soleadas más puras, que conjugan una iluminación óptima y una carencia de situaciones de “Sol bajo” o contraluz que dificulten la observación.

Fisiografía: Se contempla como la posición topográfica ocupada dentro de la unidad de paisaje y se consideran las zonas culminantes como las de mayor fragilidad, algo menor las laderas y por último las vaguadas y fondos de valle.

Compacidad de la cuenca visual en la unidad de paisaje: Las cuencas visuales con menor número de huecos, con menor complejidad morfológica, son más frágiles.

Forma y tamaño de la cuenca visual en la unidad de paisaje: Las cuencas visuales más orientadas y alargadas son más sensibles a los impactos, pues se deterioran más fácilmente que las cuencas redondeadas, debido a la mayor direccionalidad del flujo visual. Un punto es más vulnerable cuanto más visible es, cuanto mayor es su cuenca visual.

Existencia y proximidad a puntos y zonas singulares: Los valores singulares, en cuanto constituyen puntos de atracción y focalizan la visión, añaden fragilidad visual, tanto a los propios puntos donde se sitúan, como a su entorno inmediato. La selección de estos puntos podrá regirse por criterios de unicidad (monumentos o parajes de carácter único, o por lo menos escaso), valor tradicional (parajes o formaciones morfológicas fuertemente enraizados en la vida local, utilizados como referencias cotidianas o constituidos, de alguna forma, como símbolos comarcales), interés histórico (monumentos importantes en la historia de la región, con trascendencia fuera del ámbito local)

Accesibilidad: Distancia a carreteras y pueblos. La fragilidad visual adquirida aumenta con la cercanía a pueblos y carreteras (aumento de la presencia potencial de observadores). La fragilidad visual de cada punto del territorio aumenta con la posibilidad que tiene cada punto de ser visto desde esos núcleos de potenciales observados. Cuanto mayor sea el número de veces que un punto es visto al recorrer una carretera, mayor será la fragilidad de aquel punto.

La integración global de la fragilidad visual del punto, del entorno, la fragilidad visual intrínseca de cada punto del territorio, y con la accesibilidad, proporcionan la valoración de la Fragilidad Visual Adquirida.

En la aplicación del modelo se han utilizaron procedimientos informáticos. Los datos estuvieron constituidos por mapas básicos y otros generados expresamente para el modelo almacenados en soporte magnético. En el proceso de aplicación del modelo, la información parcial se integró secuencialmente hasta alcanzar la integración final de todos los factores que comprenden el modelo de la Fragilidad Visual Adquirida. El análisis se ha efectuado mediante un tratamiento ráster basado en la división del territorio en cuadrículas de 25 m x 25 m de lado.

7.3.2 Integración

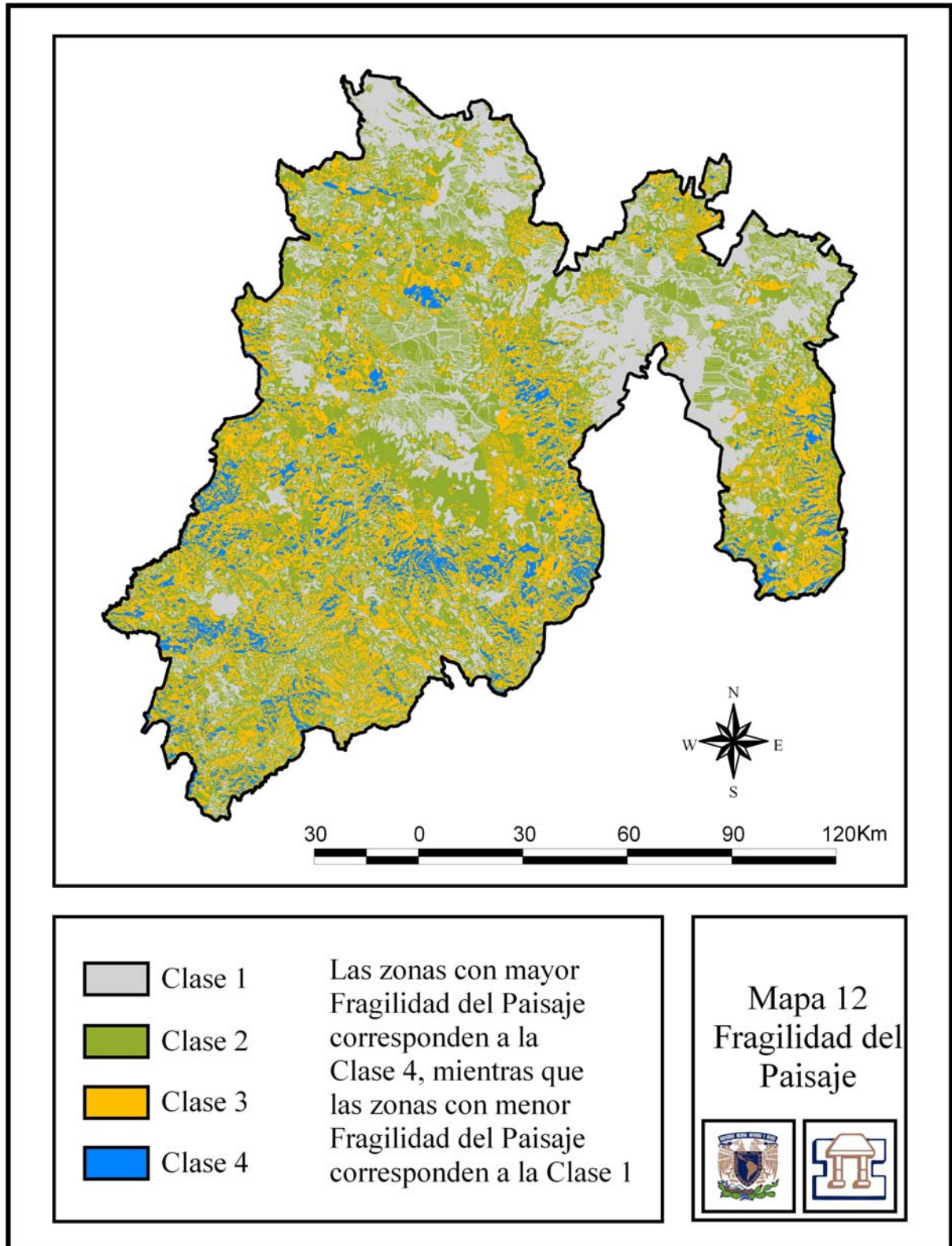
El valor de la fragilidad del paisaje es la adición de los aspectos anteriormente mencionados, el resultado se obtiene por la integración de los valores que posee cada punto del territorio según el tipo que cada cuadrícula tiene de los elementos elegidos como influyentes.

En función de lo anterior, el territorio se ha reclasificado en 4 clases de fragilidad que diferencian la menor o mayor fragilidad del paisaje (categoría 1 y 4 respectivamente) (Mapa 12). En la siguiente tabla se observa la distribución y frecuencia de la fragilidad del paisaje para el Estado de México, la clase 0 incluye a las áreas del territorio no valoradas y que corresponden a los núcleos urbanos.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje	Fragilidad Visual Adquirida
Clase 0	1535946	4.291099884	No Considerado (Núcleos Urbanos)
Clase 1	8493652	23.7363813	Menor Fragilidad
Clase 2	14817060	41.40905201	↓
Clase 3	9717874	27.1575952	
Clase 4	1218732	3.40587153	Mayor Fragilidad

Tabla 9. Fragilidad del Paisaje en el Estado de México.

En el mapa final que resulta de la valoración de la fragilidad del paisaje se observa el reparto territorial de las 4 clases de fragilidad. Las áreas del territorio con mayor fragilidad visual adquirida corresponden a la clase 4 con sólo 1,218,732 cuadrículas y a la clase 3 con 9,717,874 cuadrículas. Al momento de considerar la fragilidad de los alrededores de los núcleos urbanos más importantes destacan la parte este del Estado de México y los alrededores de las zonas volcánicas. Las partes como el oeste y suroeste del Estado de México, donde hay concentración de pequeños núcleos urbanos, entre lomas y cerros de laderas abruptas y barrancos, son otras de las áreas que por sus características fisiográficas y su accesibilidad, tienen alta fragilidad visual.



7.4 Integración de las Valoraciones de Calidad y Fragilidad del Paisaje

En los estudios del medio físico aplicados a la valoración del paisaje es necesaria la elaboración de un modelo que resulte de integrar la calidad y la fragilidad de cada punto del territorio.

Las combinaciones calidad-fragilidad son útiles cuando se desea tomar en cuenta los valores paisajísticos a la hora de tomar decisiones para conservar un área específica o promover acciones dentro de ella. Las posibles combinaciones calidad-fragilidad pueden agruparse e interpretarse de distinta forma según las características particulares del territorio estudiado. Para el estudio en el Estado de México se adoptó la siguiente clasificación:

Clase 1: Zonas de Alta Calidad y Alta Fragilidad, áreas cuya conservación resulta prioritaria.

Clase 2: Zonas de Alta Calidad y Baja Fragilidad, áreas aptas en principio para la promoción de actividades que requieren calidad paisajística y causen impactos de poca intensidad en el paisaje.

Clase 3: Zonas de calidad media o alta y de fragilidad variable que pueden incorporarse a las anteriores cuando las circunstancias lo aconsejen, y por lo tanto, se pueden promover actividades que requieren calidad paisajística y causen impactos de poca intensidad en el paisaje.

Clase 4: Zonas de Calidad Baja y de Fragilidad media o alta que pueden incorporarse a la Clase 5 cuando sea preciso pero en donde los impactos causados por las actividades son más fuertes.

Clase 5: Zonas de Calidad y Fragilidad Bajas aptas desde el punto de vista paisajístico para la localización de actividades poco gratas o que causen impactos muy fuertes.

En el mapa final que resulta de la integración de la valoración de la calidad y de la fragilidad del paisaje se observa un reparto de 5 clases (Mapa 13). Las áreas del

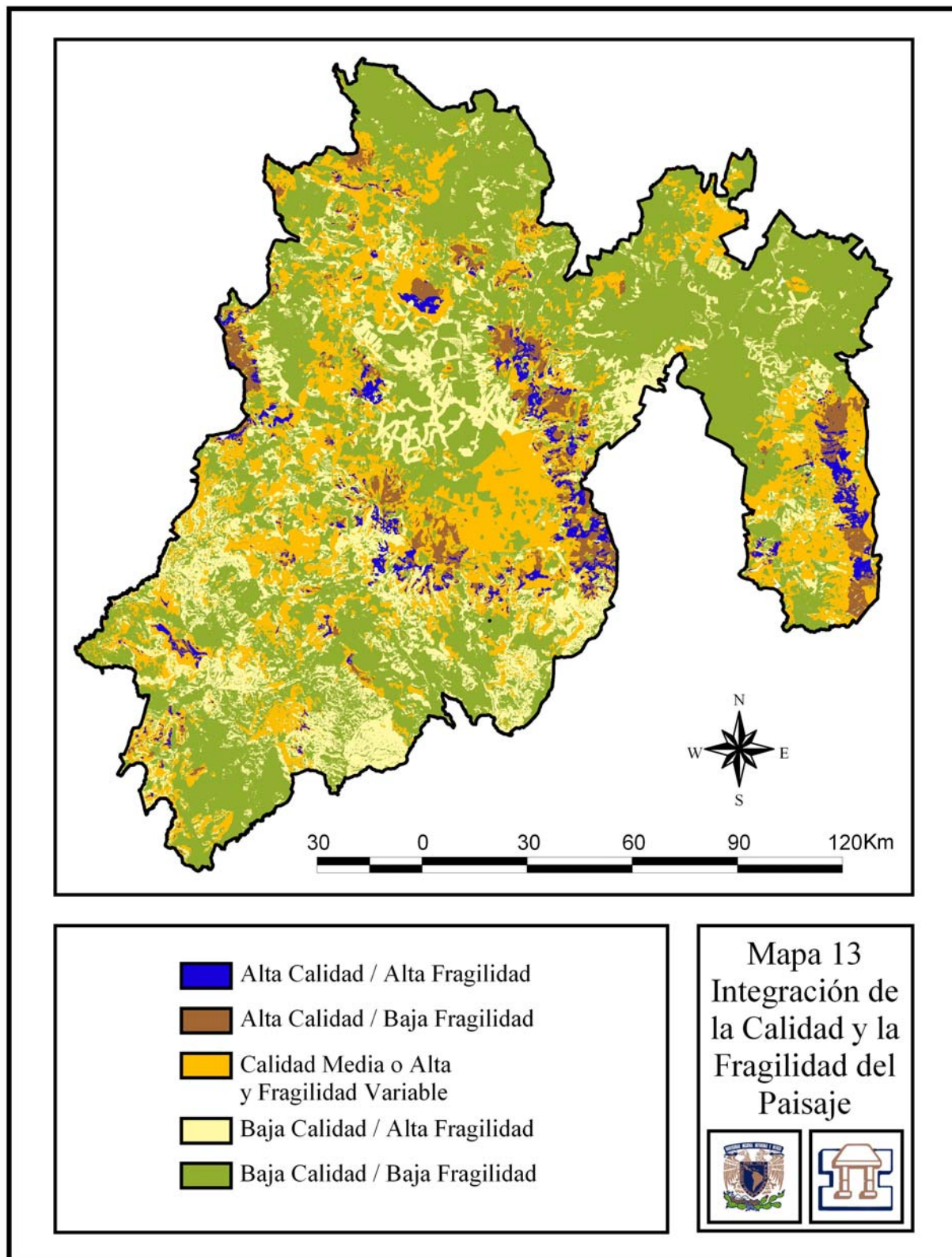
territorio con mayor calidad y mayor fragilidad corresponden a la clase 1 con una frecuencia de 1,038,019 cuadrículas y las áreas que presentan baja calidad y baja fragilidad corresponden a la clase 5 con una frecuencia de 17,988,860 cuadrículas.

Fragilidad		Calidad				
		Baja I	II	III	IV	Alta V
Baja ↑ ↓	I	5	3	2		
	II					
	II	4		1		
	IV					

Fig. 11. Clasificación para la Ordenación del Territorio (Clase 1: Máxima Conservación, Clase 5: Máxima Intervención). (Montoya, 1998; Ramos, 1980).

Clase	Frecuencia	Porcentaje	Integración
1	1038019	2.900849962	Alta Calidad – Alta Fragilidad
2	1382842	3.864493189	Alta Calidad – Baja Fragilidad
3	8591102	24.0087148	Calidad Media o Alta y de Fragilidad Variable
4	6782442	18.95422899	Baja Calidad – Alta Fragilidad
5	17988860	50.27171306	Baja Calidad – Baja Fragilidad

Tabla 10. Integración de la Calidad y la Fragilidad del Paisaje en el Estado de México.



8.0 Conclusiones

La importancia del paisaje como elemento que sintetiza y manifiesta los procesos que ocurren en el territorio es un hecho claro, aspecto que queda totalmente demostrado en el trabajo realizado. La descripción del paisaje depende muchas veces de la carga de información que posee quien lo observa y lo interpreta y de su interés en alguna o en todas sus características. Lo conveniente es, por el contrario, asumir una definición del paisaje como entidad que lo describa e interprete como la suma de los elementos que lo componen, tanto bióticos como abióticos.

Las variables que intervienen en la evolución del paisaje son todas las variables que lo constituyen; los patrones de relación de estos elementos generan procesos diversos que en su conjunto hacen del paisaje una estructura en cambio y movilidad permanentes. Las diversas actuaciones sobre el paisaje lo afectan, tanto en su contenido como en su forma, interviniendo en su capacidad para absorber el desarrollo de actividades humanas. Es importante detectar aquellas zonas en las que se considera oportuno algún tipo de protección y aquellas que permiten el desarrollo de algunas actividades en detrimento de otras.

Las investigaciones en torno al paisaje permiten un monitoreo real y eficaz de los cambios en la biodiversidad del territorio dados los componentes que lo integran (especialmente la flora). El análisis de la estructura y funcionamiento del paisaje es útil para zonificar las prioridades de gestión, ajustar los programas de monitoreo ambiental y provee además de bases claras para la evaluación de la biodiversidad. En el contexto del ordenamiento territorial, el análisis del paisaje es un elemento esencial en la planeación de proyectos al ubicar las actuaciones espacialmente en el territorio.

La utilización de modelos analíticos mediante la desagregación del paisaje en elementos significativos ha resultado ser un método operativo singular y eficaz para el análisis de las características del paisaje. La flexibilidad y rapidez en el tratamiento de la información que permite el manejo de técnicas automáticas (Sistemas de Información Geográfica) han propiciado esto en un estudio en el que se ha manejado un banco de datos de más de 800 mapas de 35,742,015 píxeles cada uno, con una resolución de 25 x

25 metros. Una vez con los datos en el formato adecuado, esta técnica permitió la introducción de cambios operativos, localizaciones exactas, correcciones y modificación de los criterios.

Cuando se utiliza un gran número de variables para la definición de las unidades de paisaje, la cantidad de posibles combinaciones de estas variables genera un elevado número de unidades de paisaje homogéneas en cuanto a su contenido y de pequeña superficie. En este estudio, los parámetros empleados fueron la topografía para generar las cuencas y subcuencas hidrográficas, que a la vez fueron subdivididas siguiendo criterios edafológicos y también por la caracterización de la vegetación y usos del suelo generándose dos tipos de unidades de paisaje. El resto de los parámetros (pendiente, orientación y altitud entre otros) son complementarios y aportan información importante para su caracterización.

El uso de la cartografía de vegetación, usos del suelo y edafología como insumos para realizar la determinación de unidades de paisaje es esencial. Esto sirve como sustituto de una clasificación de ecosistemas que es muy compleja, tanto en su definición como en su representación cartográfica. Para utilizar estos elementos se necesita crear una clasificación o caracterización de los mismos que sea compatible con la escala y objetivos del análisis.

De acuerdo a los criterios que se siguieron en este estudio para la determinación de las unidades de paisaje se obtuvieron 210 unidades de paisaje bajo el fraccionamiento de las unidades hidrográficas en otras de marcado carácter edafológico y 5,625 unidades de paisaje siguiendo la caracterización de la vegetación y de los diferentes tipos y usos del suelo concurrentes en el Estado de México, siendo estas últimas mucho más pequeñas y homogéneas que las obtenidas bajo criterio edafológico.

La cuenca visual y la intervisibilidad son parámetros clave para el estudio de las condiciones visuales del territorio y cumplen adecuadamente su papel de descriptores del entorno visual al considerar aspectos influyentes y determinantes como son la fisiografía, la vegetación y usos del suelo.

La cartografía y clasificación desarrolladas en cuanto a calidad y fragilidad del paisaje resultan de interés y de fácil aplicación en estudios de planificación física y de simulación de posibles actividades a desarrollar en el área. Los resultados obtenidos con la aplicación de los modelos descritos en este trabajo permitieron una rápida y confiable caracterización del paisaje en el Estado de México, adecuada para procesos de regionalización de su territorio y para estudios de ordenamiento ecológico.

La clasificación del territorio en términos de fragilidad y calidad visual permite tener un conocimiento más completo del Estado de México y sirve de base para estudios relacionados con el aprovechamiento integral de los recursos naturales, como pueden ser la recuperación de áreas de bosques nativos afectados, la creación de corredores ecológicos o la conservación y protección de flora y fauna. Además, la valoración de la calidad y la fragilidad visual del paisaje es útil cuando se desea considerar los valores paisajísticos del territorio para su conservación y promoción.

La valoración de la calidad del paisaje en el Estado de México arrojó que las áreas de cumbres y laderas y aquellas de relieve más accidentado son las de mayor calidad del paisaje, mismas que se ven reflejadas en las clases 3 y 4 del Mapa 11 con una frecuencia de 8,200,013 píxeles y 2,012,940 respectivamente.

De la valoración de la fragilidad del paisaje se obtuvo que estas áreas corresponden a gran parte de la porción oriente del territorio del Estado de México y las proximidades de las zonas volcánicas como se observa en el Mapa 12, específicamente en las clases 3 y 4 con frecuencias de 9,717,874 y 1,218,732 píxeles cada una.

En la integración de la valoración de la calidad y de la fragilidad del paisaje se observa un reparto de 5 clases (Mapa 13). Las áreas del territorio con mayor calidad y mayor fragilidad corresponden a la clase 1 con una frecuencia de 1,038,019 cuadrículas; las áreas que presentan baja calidad y baja fragilidad corresponden a la clase 5 y presentan una frecuencia de 17,988,860 cuadrículas.

Es importante destacar que aquellas áreas que presentan las combinaciones de alta calidad y alta fragilidad serán áreas de gran importancia para su protección; las de alta calidad y baja fragilidad serán zonas adecuadas para la promoción de actividades en las

cuales el paisaje constituya un factor de atracción, mientras que las zonas de baja calidad y baja fragilidad serán áreas que puedan ser utilizadas para actividades que causen impactos muy fuertes, aunque son también las que precisan medidas urgentes orientadas a su regeneración.

9.0 Bibliografía

Aguiló, M. y Col. 1980. “Contenido y Metodología de los Estudios del Medio Físico”. M.O.P.U., C.E.O.T.M.A. Madrid.

Aguiló, M. 1981. “Metodología para la Evaluación de la Fragilidad Visual del Paisaje”. Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Caminos, Univ. Politécnica de Madrid.

Anderson, L.; Mosier, J. y Chandler, G. 1979. “Visual Absorption Capability”. En: “Our National Landscape”. Department of Agriculture. Incline Village, Nevada. U. S.

Aramburu, M. M. P. y Escribano, R. 1993. “Golf: A Conflicting Recreational Activity in the Madrid Autonomus Area (Spain)”. *Landscape and Urban Planning*. 23:209-220.

Arcilas, G. M. 2002. “Técnicas de Desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica”. *Ciencias Ambientales - Área de Análisis Geográfico Regional*. U.C.A. España.

Arribas de Paz, R; Rodríguez, C y Ortiz, L. 1999. “Metodología para el Análisis del Paisaje. Aplicación a un Caso Concreto”. *Memorias del 1er Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente*. Escuela Politécnica Superior La Rabida - Universidad de Huelva. España.

Aronoff, S., 1989. “Geographical Information Systems: A Management Perspective”. W.D.L., Ottawa.

Arthur, L. M., y Col. “Scenic Assesment: An Overview. *Landscape Planning*”. 4:109-129.

Barredo, C. J. I., 1996. “Sistemas de Información Geográfica y Evaluación de Multicriterio en la Ordenación del Territorio”. RA-MA Editorial. Madrid.

Baxter, R. S. y Lenzi, G., 1975. "The Measurement of Relative Accessibility". *Regional Studies*. 9:15-26.

Berry, J. K., 1993. "The Application of GIS to Mammalogy: Basic Concepts". Pp. 4-10. En "GIS Application in Mammalogy" (S. B. McLaren and J. K. Braun, eds.) Special Publication of the Oklahoma Museum of Natural History, Norman. Oklahoma.

Blanco, A. A. 1979. "La Definición de Unidades de Paisaje y su Clasificación en la Provincia de Santander". Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Blau, D. H. y Bowie, M. C. 1979. "Visual Sensitivity of River Recreation to Power Plants. Proceedings of our National Landscape". Department of Agriculture. pp. 499-506. Incline Village. Nevada. U. S.

B.L.M. (U.S.D.I., Bureau of Land Management) 1980. "Visual Resource Management Program". Div. of Recreation and Cultural Resource. Stock no. 0224-011-00016-6. Government Printing Office. Washington, D.C. U.S.

Bosque, S, J. 1992. "Sistemas de Información Geográfica". Rialp. Madrid.

Bosque, S. J; Gómez, D. M; Rodríguez, D. A; Rodríguez, E. V y Vela, G. A. 1997. "Valoración de los Aspectos Visuales del Paisaje Mediante la Utilización de un SIG". *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 1997, nº 30.

Burrough, P. 1986. "Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment". Oxford Science, Oxford.

Cátedra de Planificación de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 1986. "Información Ecológica para el Plan General del Termino Municipal de Cuenca. España". Madrid.

Cebrian, J. 1988. "Sistemas de Información Geográfica". En J. Bosque *et al.* (Ed.) "Aplicaciones de la Informática a la Geografía y las Ciencias Sociales". Síntesis. Madrid.

Cebrian, J. 1992. "Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica". Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria. Santander.

Cebrian, J. 1994. "GIS Concepts". Infocarto, Madrid.

Chuvieco, E. 1990. "Fundamentos de Teledetección Espacial". Rialp. Madrid.

Cifuentes, P. 1979. "La Calidad Visual de Unidades Territoriales. Aplicación al Valle del Río Tiétar". Tesis Doctoral. E.T.S. de Ing. de Montes. Universidad Politécnica, Madrid.

Clark, D. B. 1970. "Hertfordshire Countryside Plan. Visual Assessment". En: "Landscape Research Group". Conference II.

Clark, D. B. y Col. 1976. "Assessment of Major Industrial Applications: A Manual". Department of the Environment Research Report. num. 13. London.

de Pablo, L. C. 1987. "Síntesis Ecológico-Cartográfica de un Territorio Extenso: Ensayo Metodológico Sobre la Variabilidad Espacial de la Provincia de Madrid". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

de Pablo, L. C. 1993 "Bases Teóricas de la Cartografía Ecológica". *Quercus*. 88: 32-35.

de Pedraza G. J. 1996. "Geomorfología; Principios, Métodos y Aplicaciones". Editorial Rueda. Madrid.

Díaz Pineda, F.; Escudero, J. C.; Hiraldo, F.; García-Novo, F.; González Bernaldez, F.; Merino, J.; Ramírez, L.; Ramos, A.; Ribero, J. C.; Sancho, F. y Saínz, H. 1973. "Terrestrial Ecosystems Adjacent to Large Reservoirs. Eco-survey and Diagnosis". Internal Commission on Large Dams. XI Congress.

- Dunn, M. C. 1974. "Landscape Evaluation Technique: an Appraisal and Review of the Literature". Centre for Urban and Regional Studies. University of Birmingham.
- Eastman, J. R. 1996. "Idrisi for Windows ver. 2.0". Clark University. Worcester, Massachusetts. U.S.A.
- Encinas, E. A. 2000. "Propuesta de una Metodología de Análisis del Paisaje para la Integración Visual de Actuaciones Forestales: De la Planificación al Diseño". Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Escribano, M. M.; Frutos, M.; Iglesias, E.; Matai, E; y Torrecilla, I. 1987. "El Paisaje". Ministerio de Obras Públicas. Secretaria General Técnica. Centro de Publicaciones. Unidades Temáticas de la Dirección General del Medio Ambiente. Madrid.
- Faurthorne, D. 1965. "The Distances Between Pairs of Points in Towns of Simple Geometrical Shapes". Proceedings 2nd Int. Symp. on the theory of Road Traffic Flow. London, 1963. París O.E.C.D.
- Fines, K, D. 1968. "Landscape Evaluation: A Research Project in East Sussex" Regional Studies. 2:41-55.
- Firth, J. J. W. 1980. "Landscape Management: The Conservation of a Capability Brown Landscape-Harewood, Yorkshire". Landscape Planning. 7, 2:121-151.
- Forman, R. R. T. y Godron, M. 1986. "Landscape Ecology". John Wiley and Sons. N.Y.
- Foster, D. R. 1992. "Land Use History (1730-1990) and Vegetation Dynamics in Central New England, U.S.A". Journal Ecology. 80:753-772.
- Gatrell, A. C. 1991 "Concepts of Space and Geographical Data" en Maguire, D.J.; Goodchild, M.F. and Rhind, D.W. (Eds.) Geographical Information Systems: Principles and Applications. John Wiley & sons pp. 119-134.

Gibson, J. 1950. "The Perception of Visual World". Houghton Mifflin, Boston. Editado en 1974 como "La Percepción del Mundo Visual". Ed. Infinito. Buenos Aires

Gómez Orea D. 1978. "El Medio Físico y la Planificación". Cuadernos del C.I.F.C.A. Madrid.

González Bernaldez, F. 1981. "Ecología y Paisaje". Ed. Blume. Madrid.

Groves, D. L. y Kahalas, H. 1976. "A Method to Determine Personal Values". Journal of Environmental Management. 4:303-324.

Guevara, S. y Laborde, J. 1993. "Monitoring Seed Dispersal at Isolated Standing Trees in Tropical Pastures: Consequences for Local Species Availability.". Vegetation. 107/108:319-338.

Gutiérrez, P. J. y Gould, M., 1994. "SIG: Sistemas de Información Geográfica". Síntesis. Madrid.

Haber, W. 1990. "Basic Concepts of Landscape Ecology and their Application in Land Management". *Physiol. Ecology*. 27:131-146.

Hansen, A. J.; Di Castri, F. y Naiman, R. J. 1988. "Ecotones: What and why". En Di Castri, F.; Hansen, A. J. y Hollans, M. M. (eds) "A New Look at Ecotones". pp 9-45. *Biology International*. IUBS, UNESCO, MAP SCOPE, special issue 17.

Hebblethwaite, R. L. 1973. "Landscape Assessment and Classification Techniques". In Lovejoy (Ed.) pp. 19-50.

Hills, G. H. 1974. "A Philosophical Approach to Landscape Planning". *Landscape Planning*. 1,4: 339-371.

Hodgkiss, A. G. 1981. "Understanding Maps". Dawson, Folkestone, UK.

Holroyd, E. M. 1966. "Theoretical Average Journey Lengths in Circular Towns with Various Routing Systems". Road research Laboratory. Rep. 43.

Holroyd, E. M. 1969. "Polar and Rectangular Road Networks for Circular Cities". *Transportation Science*. 3:86-87.

Iglesias, E. P. 1992. "El Paisaje. Métodos de Análisis Espacial". Tesis Doctoral. E.T.S Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Iverson, W. D. 1975. "Assesing Landscape Resources: A Proposed Model". En: Zube y Col. (Eds.) pp. 274-288.

Iverson, L. R. 1988. "Land Use Changes in Illinois, U.S.A.: The Influence of Landscape Attributes and Historic Use". *Landscape Ecology*. 1:45-61.

Jacobs, P. y Way, D. 1969. "Visual Analysis of Landscape Development". Graduate School of Design. Harvard University. Cambridge, Ma.

Johnson, L. B. 1990. "Analyzing Spatial and Temporal Phenomena Using Geographic Information Systems. *Landscape Ecology*. 4:31-43.

Johnston, C. A. y Naiman, R. J. 1990. "The Use of a Geographic Information System to Analyze Long Term Landscape Alteration by Beaver". *Landscape Ecology*. 1:5-19.

Johnston, C.A.; Detenbeck N. y Niemy, J. G. 1990. "The Cumulative Effect of Wetlands on Stream Water Quality and Quantity. A landscape Aproach". *Biogeochemistry*. 10:105-141.

Jones, G. R. y Col. 1975. "A Method for the Quantification of Aesthetics Values for Environmental Decision Making". *Nuclear. Landscape Planning*. 3:151-302.

Kotliar, N. B. y Wiens, J. A. 1990. "Multiple Scales of Patchiness and Patch Structure: a Hierarchical Framework for the Study of Heterogeneity". *Oikos*. 59:253-260.

Krummel, J. R.; Gardner, R. H.; Sagihara, G. y O'Neill, R. V. 1987. "Landscape Patterns in a Disturbed Environment". *Oikos*. 48:321-324. I.U.B.S., U.N.E.S.C.O, MAP SCOPE, Special Issue 17.

Litton, R. B. 1972. "A Esthetic Dimensions of Landscape". En: Krutilla, J. V. (Ed.) "Natural Environment Studies in Theoretical and Applied análisis". Johns Hopkins University Press. Baltimore and London. pp 262-291.

Litton, R. B. 1973. "Landscape Control Points: A procedure for Predicting and Monitoring Visual Impacts". U.S.D.A. Forest Service Research Paper PSW-91. Berkeley, California.

Litton, R. B. y Col. 1974. "Water and Landscape: An Aesthetic Overview of the Role of Water in the Landscape". Water Information Center. New York.

Laín, H. L. 1999 "Los Sistemas de Información Geográfica en los Riesgos Naturales y el Medio Ambiente". Madrid. Ministerio del Medio Ambiente.

Laurie, J. C. 1970. "Objetives of Landscape Evaluation". Lanscape Research Group. Conf II.

Laurie, J. C. 1975. "Aesthetic Factors in Visual Evaluation". In Zube y Col. (Eds.). pp. 102-117.

Linton, D. L. 1968. "The Assessment of Scenary as a Natural Resource in Scotland". *Geographical Magazine*. 84. 3:218-238.

Lovejoy, D. (Ed.) 1973. "Land Use and Landscape Planning". International Textbook Company. Leonard Hill. London.

Margalef, R. 1974. "Ecología". Ed. Omega. Barcelona.

Margalef, R. 1991. "Teorías de los Sistemas Ecológicos". Publicacions Universitat de Barcelona.

Martín de Agar, M. P.; De Pablo, C. L. y Díaz Pineda, F. 1995. "Mapping the Ecological Structure of a Territory: a Case Study in Madrid". *Environmental Management*. (19) 3:345-357.

Moen, R. y Pastor, J. 1990. "Effects of Moose Browsing and Behavior Foraging on a Simulated Landscapes". 52nd Midwest Fish and Wildlife Conference, Minneapolis, Minnesota, December 2-5, 1990.

Montoya, A. R. 1998. "Análisis del Paisaje en la Región de los Tuxtlas, Veracruz, México". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid. España.

Montoya, A. R. 2000. "Planificación Física con Base Ecológica del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México)". Facultad de Estudios Superiores Campus Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Estado de México. México

Moolenaar, M. 1998 "An Introduction to the Theory of Spatial Object Modelling for GIS". Taylor & Francis, Londres, 246 pp.

M.O.P.T. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes). 1993. "Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico". Monografías de la Secretaría de Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Madrid, España.

National Center for Geographical Information and Analysis. (N.C.G.I.A.), 1990. M. Goodchild y K. Kemp. (Eds.), vol. 1. Universidad de California, Sta. Barbara.

Núñez-García del Pozo, A.; Valvueda, J. L. y Velasco, J. 1992. "G. P. S. La Nueva Era de la Topografía". Ed. Ciencias Sociales. Madrid.

Opdam, P., 1990. "Dispersal in Fragmented Populations: The Key to Survival". En: R. G. H. Bunce y D. C. Howard (Eds.) "Species Dispersal in Agricultural Habitats". pp. 3-17. Belhaven Press. London, U. K.

Pennington-Roswell, E. C. 1974. "Landscape Evaluation for Development Plans". *Journal of the Royal Town Plann. Int.* 60:930-934.

Perelman, R. 1977. "Le Paysage dans l'aménagement du Territoire". Seminaire de Travail, Document n. 1. Comité MAB. Túnez.

Perelman, R. 1980. "Contribution to Reflections on Rural Landscapes". *Landscape Planning*. 7:223-228.

Phipps, M. 1991. "Diversity in Anthropogenic Ecological Systems: The Landscape Level". En Pineda, F. D.; Casado, M. A.; De Miguel, J. M. y Montalvo, J. (eds). "Diversidad Biológica/Biological Diversity", pp 63-70. Fund. Areces, ADENA/WWF and SCOPE, Madrid.

Polakowski, K. J. 1975. "Landscape Assessment of the Upper Great Lakes Basin Resources: A Macro-Geomorphologic and Micro-Composition Analysis". En Zube y Col. pp. 203-219.

Ramos, A. y Mantilla, P. 1976. "Natural Landscapes in Spain. Ideas and Real Concern for Landscape Planning". *Landscape Planning*. 3: 25-33.

Ramos, A. (Ed.). 1979. "Planificación Física y Ecología. Modelos y Métodos". E.M.E.S.A., Madrid.

Ramos, A. 1980 "El Estudio del Paisaje". Trabajos de la Cátedra de Planificación. E.T.S Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Rescia, A. J.; Schmitz, M. F.; Martín de Agar, P.; De Pablo, C. L. y Pineda, F. D. 1995. "Adscribing Plant Diversity Values to Historical Changes in Landscape: a Methodological Approach". *Landscape and Urban Planning*. 31:181-194.

Risser, P. G. 1987. "Landscape Ecology: State of the Art". En: Turner, M. G. (ed) "Landscape Heterogeneity and Disturbance". pp 3-14. *Ecological Studies* 64. Springer Verlag, New York, N.Y.

Robertson, I. M. 1976. "Accessibility to Services in the Argyll District of Strathclyde: a Locational Model". *Regional Studies*. 10:89-95.

Robinson, D. G. y Col. 1976. "Landscape Evaluation: A Report of the Landscape Evaluation Research". University of Manchester.

Rodríguez P. A. 1993. "Proposición de una Definición Profunda de SIG". En Actas del II Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (A.E.S.I.G.). pp. 127-142. Junio, 1993. Madrid.

Russell, G. C. and Green, K., 1992. "The ABCs of GIS. An Introduction to Geographic Information Systems". Journal of forestry. 15:13-20.

Rzedowski, J. 1978. "La Vegetación de México". Editorial Limusa. México.

Sanz Herraíz, C. 2000. "El Paisaje como Recurso". En Martínez de Pisón E y Sanz Herraíz, C. (Ed.). "Estudios Sobre el Paisaje". Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España.

Schauman, S. 1979. "The Countryside Resource. Proceedings of our National Landscape". Department of Agriculture. Incline Village. Nevada. U. S.

Scott, O. R. 1979. "Utilizing History to Establish Cultural and Physical Identity in the Landscape". Landscape Planning. 6, 2: 179-205.

Secretaría de Ecología del Estado de México. 2000 "Gestión de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México". Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología – Centro Geomático Ambiental. México.

Smardon, R. C. 1979. "Prototype Visual Impact Assessment Manual". State University of New York, Syracuse

Smardon, R. C; Palmer, R. F. y Felleman, J. P. 1986. "Foundations for Visual Project Analysis". John Wiley and Sons. N.Y.

Smith, R. L. 1980. "Ecology and field Biology". Harper and Row Publishers. New York. 835 pp.

Star, J. y Estes, J. 1990. "Geographic Information Systems; an Introduction". Englewood Cliffs, N. J.; Prentice-Hall.

Steinitz, C. 1979. "Simulating Alternative Policies for Implementing the Massachusetts Scenic and Recreational Rives Act: The North River Demonstration Project". *Landscape Planning*. 6:51-89.

Stevenson, J. 1970. "Aplication of Landscape Evaluation" In: *Landscape Research Group Conference II*.

Tandy, C. R. V. 1971. "A Land Use Evaluation Technique". Land Use Consultants. London.

Tetlow, R. J. y Sheppard, S. R. J. 1979. "Visual Unit Analysis: A Descriptive Approach to Landscape Assessment". National Landscape. U.S.A.D. Forest Service. General Technical Report PSN-35. Incline Village. Nevada. U. S.

Tevar, S. G. 1995. "Propiedades de la Cuenca Visual en la Descripción del Paisaje". Tesis Doctoral. E.T.S. Ing. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Travis, M. R. y Col. 1975. "Viewit: Computation of Seen Areas, Slope and Aspect for Land Use Planning". U.S.D.A Forest Service. General Technical Report PSW-11. Berkeley, California.

Turri, E. 1974. "L'antropologia del Paesaggio". Edizioni di Comunità. Milano.

Universidad de Santander, Grupo de Análisis Ambiental. 1980. "Environmental Survey along the Santander-Unquera Coastal Strip". *Landscape Planning*. 7:23-56.

Urban, O. L.; O'Neill, R. V. y Shuger, H. H. 1987. "Landscape Ecology: a Hierarchical Perspective Can Help Scientists Understand Spatial Patterns". *Bio Science*. 37:119-127.

U.S.D.A. Forest Service 1974a. "Visual Management System". Forest Service. Agriculture Handbook. Num. 462. Washington, D.C.

U.S.D.A. Forest Service. 1974b. "National Forest Landscape Management". Vol.2, Chapter 1: "The visual management system". USDA Handbook 462. Washington, D.C.: U. S., Government Printing Office.

Van der Maarel, E. 1990. "Ecotones and Ecoclines are Different". Journal. Vegetation. Science. 1:135-138.

Weddle, A. E. 1972. "El Estuario de Clyde y la Ciudad Nueva de Skemersdale". Conferencias en el Curso sobre Conservación de la Naturaleza. E.T.S. Ing. de Montes. Madrid.

Weddle, A. E. 1973. "Applied Analysis and Evaluation Techniques". En: Lovejoy, D. (Ed.) pp.53-82.

Weddle, A. E. 1975. "Landscape Evaluation". Department of Landscape Architecture. Faculty of Architectural Studies. University of Sheffield.

Wiens, J. A; Crawford, C. S. y Gosz, J. R. 1985. "Boundary Dynamics. A Conceptual Framework for Studying Landscapes Ecosystems". Oikos. 45: 421-427.

Wiscove, D. S.; McLellan, C. H. y DOBSON, A. P. 1986. "Habitat Fragmentation in The Temperate Zone." En: M. E. Soulé (Ed.) "Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity", pp. 273-256. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts.

Yeomans, W. C. 1979. "A Proposed Biophysical Approach to Visual Absorption Capability". Proceeding of "Our National Landscape". Incline Village, Nevada. U. S. A.

Zonneveld, Y. S. 1989. "The Land Unit. A Fundamental Concept in Landscape Ecology and its Applications". Landscape Ecology. 2: 67-89.

Zube, E. H. y Col. 1974. "Perception and Measurement of Scenic Resources in the Southern Connecticut River Valley". Inst. for Man and His Environ, Pub. R-74-1. University of Massachusetts. Amherst, Massachusetts.