

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

PAISAJES DE LA CUENCA DEL RÍO SAN JOSÉ, REGIÓN  
ORIENTE, GUATEMALA

FERNANDO JOSÉ CASTILLO CABRERA

BIÓLOGO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007



## 1. RESUMEN

Paisaje es un término con muchos significados y ha sido abordado desde varias disciplinas. Su empleo en estudios científicos ha sido marcado por la geografía y la biología, en las cuales se ha analizado el territorio desde una perspectiva espacial y funcional, respectivamente. El estudio del paisaje ha sido importante en la planificación del territorio para diversas actividades e incluso para la predicción de la diversidad biológica. En este trabajo se utilizó la dirección geoecológica para caracterizar los paisajes locales en el territorio de una cuenca en el oriente de Guatemala, específicamente, la cuenca del Río San José, la cual se encuentra localizada entre los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Jutiapa. Se encontró que las unidades locales del paisaje que conforman la cuenca son 12 Localidades o unidades superiores y 63 Comarcas o unidades inferiores. La azonalidad, marcada principalmente por las condiciones geólogo-geomorfológicas, es la principal condición diferenciadora de los paisajes locales.

La heterogeneidad y complejidad del territorio se observa en la variedad de condiciones geológicas, geomorfológicas, edáficas y de uso del suelo presentes, así como en su marcado carácter montañoso. La relación naturaleza sociedad se lleva a cabo en los paisajes y la influencia de la segunda es diferente de acuerdo a distintas causas. Los efectos se pueden medir con el grado de antropización de la cobertura vegetal, siendo ésta la expresión visible del paisaje por excelencia. La antropización de la cobertura del paisaje en la cuenca del río San José es predominantemente baja con 62% aproximadamente del total del territorio, debido probablemente a la poca accesibilidad al agua, bajo potencial de fertilidad del área y al poco desarrollo de técnicas agrícolas mecanizadas, urbanización e industrialización.

Las áreas con mayor antropización son las que están caracterizadas por elementos urbanos en San Luis Jilotepeque, Ipala, Agua Blanca, San José la

Arada y la zona sur de la ciudad de Chiquimula, así como también las Localidades X y XII, con predominio de vegetación cultural. Este estudio realizó la identificación y levantamiento cartográfico de los paisajes locales, condición base para realizar análisis posteriores de funcionamiento y estado geoecológico que apoyarían técnicamente la planificación del uso del suelo, acorde a las restricciones que impone el territorio natural.

**Palabras Clave:** *paisaje, geoecología, cuenca, Localidades, Comarcas, antropización del paisaje, Guatemala, río San José.*

## 2. INTRODUCCIÓN

Paisaje es un término que ha sido utilizado en muchas culturas y épocas con una fuerte connotación territorial y con significados estéticos y simbólicos que los mismos grupos humanos le han ido otorgando con el paso del tiempo (Naveh, *et al.*, 2001). Esto ha permitido que el concepto de paisaje y sus significados culturales hayan sido evaluados desde el campo científico por geógrafos, biólogos y otros profesionales de las ciencias de la tierra. El resultado es una ciencia que estudia sistemas ambientales complejos y el efecto de ser el ámbito donde se produce la interacción naturaleza-sociedad.

La ciencia del paisaje se ha constituido como una disciplina que realiza el análisis del territorio desde una perspectiva integral. Tiene raíces en el materialismo dialéctico, la teoría de sistemas, la cibernética, la información, los sistemas complejos, jerárquicos y caóticos (Mateo, 2002; Rubio, 2001; Naveh *et al.*, 2001; Antrop, 1998; Pérez-Trejo, 1993; Bolós, 1992). Presenta una serie de herramientas teórico-metodológicas para conocer y analizar el uso del territorio de acuerdo a sus características naturales. Dichas características pueden favorecer las acciones de recuperación, planificación y ordenamiento ecológico para que puedan basarse en el todo y no sólo en algunas partes aisladas.

El enfoque geocológico es una de las aproximaciones de la ciencia del paisaje (Moss, 2001) en la cual se toman en cuenta los componentes biofísicos del paisaje en su totalidad para analizar los sistemas ambientales. De esta manera se realiza un estudio integral incorporando los efectos causados por el uso de los grupos humanos presentes en estos sistemas.

El presente estudio utilizó este enfoque para caracterizar los paisajes naturales de rango local de la subcuenca del Río San José localizada entre los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Jutiapa, en el Oriente de Guatemala. Los objetivos fueron

identificar y cartografiar las unidades locales del paisaje junto con la identificación del impacto humano (antropización) en las mismas. También se quiso comprobar que la formación de dichos paisajes era el resultado de los factores azonales y locales y no de la zonalidad. Las unidades locales del paisaje en el sistema taxonómico utilizado en el presente estudio fueron: a) Localidades que son las unidades superiores definidas por los tipos de mesoformas del relieve, la geología y el clima; y b) Comarcas que son las unidades básicas de la cartografía local y que se definen por una mesoforma que condiciona el drenaje y el desarrollo de suelos y vegetación (Mateo, 2002).

Este estudio se realizó en dos secciones. En la primera se trabajó una fase de gabinete utilizando herramientas de sistemas de información geográfica para elaborar la hipótesis cartográfica de las unidades de paisaje. También se distinguieron las condiciones de zonalidad y azonalidad. Posteriormente se hicieron visitas de campo para comprobar la leyenda. Se verificaron en las comarcas aspectos de litología, suelos y vegetación principalmente. En la segunda, se realizó el análisis de la antropización en las unidades de paisaje utilizando el índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (Shishenko, 1988). Estos resultados se presentan en un Mapa de Antropización del Paisaje.

En el territorio nacional existen pocos estudios geoecológicos y se han realizado en la región norte del país (Lachúa, Alta Verapaz, Avendaño, *et al.* 2005) con resultados importantes para entender la dinámica ambiental en dicha región. La importancia de este estudio se debe a su carácter pionero para el área oriente del país al generar información valiosa para el estudio de sus sistemas ambientales. Este análisis es importante además porque representa un avance en el uso de la perspectiva paisajística en Guatemala. La información que se genere puede aplicarse en diversas temáticas que puedan favorecer las políticas de ordenamiento ecológico o desarrollo sustentable en la región.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Fundamentos

##### 3.1.1 Definición de Paisaje

“Paisaje”<sup>1</sup> ha sido una palabra polisémica (Ortega, 1997) cuyo significado ha variado dependiendo del contexto en el que se le ha utilizado y probablemente como refiere Bastian (2004): “no tiene una definición final”. Su referencia se ha encontrado hasta en pasajes bíblicos (Naveh, *et al.*, 2001; Troll, 1968) en los cuales se denota un claro significado estético. Kremsa (2005) menciona que es en el Libro de los Salmos donde aparece la primera referencia al paisaje con la palabra hebrea “noff”. También tiene un sentido territorial al hablar acerca de un lugar donde habitaba un grupo humano en particular (Mateo, 1984).

De esto Mateo (1984) concluye que inicialmente “Paisaje” se refiere a un sentido estético (visual) y uno territorial pero sin ninguna concepción científica. García-Romero y Muñoz (2001) definen: “Una concepción percibida y valorada por el hombre además de otra entendida como un hecho real que existe en la superficie terrestre”. Podríamos afirmar que el término paisaje significa algo subjetivo (percepción individual como colectiva) y a la vez objetivo (realidad material presente en la Tierra) y que ambas características han servido para su inclusión dentro del ámbito científico.

Como un concepto científico, el término paisaje se empieza a utilizar dentro de la ciencia de la geografía, siendo introducido por Alexander von Humboldt en el siglo XIX (Bolós, 1992; Naveh, *et al.*, 2001; Troll, 2003). Durante ese siglo fue la geografía la que tomó como objeto de estudio los paisajes y posteriormente en el

siglo XX se introduce en las ciencia de la biología, más exactamente en la ecología, como una porción terrestre que se podía observar desde fotografías aéreas y nace el término ecología del paisaje definido por Troll (2003).

El término paisaje, luego de su inclusión a la terminología científica, ha sido definido de diversas formas y con evidentes influencias de la geografía y la ecología. Algunas definiciones en la literatura se presentan a continuación:

“Una región en las que las particularidades del relieve, clima, aguas, suelo, de la vegetación y de la actividad humana están organizados en un conjunto geográfico armonioso...” (Berg, 1913).

“territorio genéticamente homogéneo en donde la recurrencia regular y típica de la composición geológica, formas del relieve, aguas superficiales y subterráneas, microclimas, unidades de suelo, fitocenosis y zoocenosis toman parte“(Solntsev, 1948).

“ecosistemas complejos” (Klijn & Udo de Haes, 1994).

“un mosaico en donde la mezcla de ecosistemas y tipos de uso de la tierra se repiten de forma similar sobre un área de kilómetros de ancho” (Forman, 1995);

“sistema espacial donde se integran de manera dialéctica y cronológica todos los componentes de la naturaleza, ya sea en sus condiciones primarias o bajo cierto grado de modificación, debido a la incidencia de procesos naturales o a las propias actividades humanas” (Chiappy *et al.*, 2000).

“parte de la superficie terrestre con estructura uniforme y un patrón funcional” (Neef citado por Bastian, 2001);

como un “sistema territorial compuesto por componentes naturales y complejos... formados bajo la influencia de procesos naturales y de la sociedad humana.” (Mateo, 2002).

---

<sup>1</sup> Los términos en otros idiomas son: landscape (inglés); landschaft (alemán); paysage (francés); paisagem (portugués); krajobrazu (polaco).

“porción del espacio geográfico con un tipo de combinación dinámica de sus componentes que al actuar dialécticamente hacen del paisaje un conjunto geográfico indisociable...” (Bertrand, 2004).

De estas definiciones se puede concluir que el paisaje es visto como un sistema complejo, jerárquico, con componentes bióticos y abióticos que toma en cuenta al factor humano como parte de su composición. Además, como menciona Priego-Santander (2004), se acepta la existencia objetiva del mismo. Siguiendo esta conclusión se tomarán algunas consideraciones de Mateo (2002) como el enfoque sistémico, la jerarquía, la dialéctica y como concepto transdisciplinario formado por significados culturales, sociales y naturales para definir los paisajes como: unidades complejas del territorio que tienen límites definidos y están integrados por componentes naturales que actúan dialécticamente y con presencia o no de elementos antropogénicos.

Cada definición apunta a dos aproximaciones (Bastian, 2001) en ecología del paisaje: una biológica y la otra geográfica. De esta manera se puede reconocer la existencia de una Ciencia del Paisaje en la que surgen diferentes formas de abordar el estudio de los paisajes o geosistemas.

### 3.1.2 Aspectos epistemológicos de la Ciencia del Paisaje

Al entender los diferentes conceptos de paisaje, así como la definición brindada en este estudio, se debe tomar en cuenta las contribuciones del *Materialismo dialéctico*, las Teorías: *General de sistemas*, *la Cibernética*, *de la Información*, *del Caos* y *la Jerárquica* al desarrollo de la Ecología del Paisaje o Ciencia del Paisaje. (Mateo, 1984, 2002; Bolós, 1992; Naveh, *et al.*, 2001; Forman, 1995).

Cuando se ha mencionado que se acepta la existencia objetiva de los paisajes estamos confirmando su materialidad. Con esto afirmamos que son reales y están

fuera de la conciencia de las personas. Es posible afirmar entonces que su estructura y las regularidades de su desarrollo se pueden conocer, pudiéndose modificar y transformar. Ante este hecho, las leyes de la dialéctica (Mateo, 1984) se manifiestan en los paisajes de diferente forma como:

- la interacción general de los fenómenos: los paisajes no se pueden comprender si no se relacionan sus componentes unos con otros en vez de estudiarlos aisladamente;
- movimiento, desarrollo y evolución de la materia que sirve para conocer las propiedades de los paisajes;
- unidad y lucha de contrarios que se manifiesta en los paisajes entre los componentes orgánicos e inorgánicos, entre la azonalidad y la zonalidad y otras;
- el tránsito de los cambios cuantitativos a cualitativos (proceso de desarrollo) que se observan en la aparición de nuevos paisajes debidos a diferentes procesos (ej. cambios en clima, procesos de modelado,) y es importante para definir los límites de los paisajes toda vez que constituyen saltos espaciales como resultado del desarrollo de los complejos.
- la negación de la negación que se da en tres etapas: La primera o tesis, da lugar a su negación o antítesis. El desarrollo ulterior conduce a una etapa similar a la primera o negación. Cualquier estado cualitativo ha resultado de la negación. (Mateo, 1984). Ej. Montañas plegadas, tesis, en el proceso de desarrollo se forma una llanura denudacional, negación-antítesis, y luego se forma otra montaña, negación de la negación o síntesis).

Al considerar a los paisajes como sistemas, se incorporan los elementos de la teoría general de sistemas así como la cibernética (sistemas de interacción) y la teoría de la información. Con sus aportes se puede comprender la estructura, funcionamiento y desarrollo de los mismos, evitando caer en una visión mecanicista y reduccionista (Naveh, *et al.*, 2001).

A partir de la teoría general de sistemas definida por Miller<sup>2</sup> (citado por Naveh *et al.*, 2001), podemos comprender que la jerarquía y organización de la materia y energía en los paisajes es un fundamento básico para su estudio tanto de la estructura como de la función. Es decir un paisaje es un sistema que tiene organización como lo es la estructura espacio-temporal de sus componentes así como de los flujos de energía y materia que se realizan entre ellos y entre paisajes.

Podríamos afirmar también según esto, que son sistemas complejos y que pueden presentar características caóticas al tener fluctuaciones en su funcionamiento llevándolos a un nuevo orden por ejemplo, cuando los componentes suelo y vegetación dependen menos de los controles impuestos por los componentes inertes (Khoroshev, 2004). Naveh *et al.*, (2001) caracterizan a estos sistemas con muchas fluctuaciones a partir de características de autoorganización, metaestabilidad y otras abiertas al intercambio de entropía con su alrededor. Todas estas características son propias de los sistemas complejos y están relacionadas a las leyes de la dialéctica (Prygogine, 1997; Woods & Grant, 2005).

La teoría jerárquica en la ecología fue planteada por Urban *et al.*, (1987) aunque ya se tenían antecedentes de utilizar una jerarquía para el estudio de diferentes sistemas no sólo los biológicos. El concepto jerárquico es importante además para relacionar los procesos a escalas espaciales (Klijn & Udo de Haes, 1994). Su importancia en el paisaje radica en la posibilidad de comprender la organización taxonómica de las unidades de paisaje en las cuales unas se encuentran dentro de otras de mayor rango. Se trata al ambiente como un sistema multinivel formado por unidades de diferente nivel taxonómico (Isachenko, 1973; Richling, 1996).

---

<sup>2</sup> “conjunto de definiciones relacionadas, supuestos y proposiciones que tienen que ver con la realidad, como una jerarquía integrada de organización de la materia y la energía.

### 3.2 *Enfoque del estudio*

El presente estudio utiliza la dirección geocológica de la ciencia del paisaje (Moss, 2001) específicamente la “Geoecología del Paisaje” o “Geografía de los Paisajes”. Esta dirección estudia los paisajes naturales desde el punto de vista geográfico y ecológico además de la relación de dichos sistemas con los humanos como una forma de resolver los problemas ambientales. Esta corriente tiene su antecedente en la geografía física compleja y es cercana a la geografía ambiental y la ecogeografía desarrollada especialmente en Europa Central, Rusia y Latinoamérica (Mateo, 2002; Bastian, 2001).

#### 3.2.1 Axiomas y Leyes Geoecológicas

Cada ciencia tiene un cuerpo de postulados que la define y que fundamenta los procedimientos y métodos a utilizar para el objeto de estudio. En la “Geoecología del Paisaje” los axiomas que se han aceptado obedecen a cinco aspectos como lo son el sistémico, el jerárquico, el temporal, el terrestre y el paisajístico (Preobrazhenski citado en Mateo, 2002).

Una noción importante para considerar las leyes geocológicas es la Esfera Geográfica (Mateo, 2002) la cual se concibe como el geosistema de mayor rango jerárquico y en el cual se organizan y subordinan los restantes geosistemas o paisajes. Las leyes se refieren a la estructura y desarrollo de esta esfera. Dentro de estas leyes, la de Diferenciación Espacial es importante puesto que en ella se encuentran las regularidades generales como lo son la zonalidad y azonalidad. Estas son quienes determinan las características de los paisajes que se forman dentro de la esfera geográfica.

### 3.2.2 Formación de los Paisajes

En la formación de los paisajes intervienen la zonalidad, la azonalidad y los factores diferenciadores, redistribuidores, diferenciadores-indicadores e indicadores. Todos estos factores geocológicos son los componentes que actúan dialécticamente para desempeñar un papel importante en la composición, estructura, función, evolución y dinámica del paisaje (Mateo, 2002). Los factores antropogénicos también dan lugar a la formación y modificación de los paisajes, especialmente en paisajes de rango local.

#### 3.2.2.1 Zonalidad y Azonalidad

La zonalidad geográfica se vincula a los diferentes paisajes y sus componentes con el ingreso de la energía solar. Los tipos de zonalidad corresponden con la radiación solar en diferentes puntos de la Tierra, determinados por la forma esferoidal del planeta (Isachenko, 1973; Mateo & Da Silva, 2002). En las zonas irregulares donde actúan la humedad y el calor, los procesos endógenos de la Tierra dan lugar a grandes formas de relieve que inciden en la estructura paisajística y finalmente en el funcionamiento entre unidades.

En el Cuadro 1 aparecen los tipos de zonalidad según Milkov (citado en Mateo, 2002) Latitudinal, Geográfica, Orogenética y Paradinámica; se describen sus características y los conceptos geográficos a los que dan lugar.

**Cuadro 1. Tipos de Zonalidad**

Tipo de Zonalidad	Características
Latitudinal o Radiacional	Crecimiento de la radiación en las diferentes latitudes, esta da lugar a la formación de las Fajas Geoecológicas.
Geográfica o Hidrotérmica	Determinadas por las irregularidades de la humedad y el calor en el interior de las fajas. Esta condición determina las Zonas geoecológicas.
Orogenética	Depende del relieve. Se encuentran cuatro tipos: la altitudinal que ocurre por la variación de altura absoluta en el territorio; la oceánica condicionada por la irregularidad del relieve oceánico; la exposicionalidad relativa a la exposición de los paisajes respecto del sol y de las masas de aire, lo cual refleja variaciones de las fajas y zonas altitudinales; y la microzonalidad de las vertientes que determina los cambios de los paisajes de acuerdo a los elementos y mesoformas del relieve.
Paradinámica	Influencia recíproca de los paisajes (de tipo funcional) dando lugar a un sistema de complejos paisajísticos.

Fuente: Mateo (2002)

La azonalidad generalmente altera las condiciones zonales, en particular la latitudinal y la hidrotérmica. Está determinada por las condiciones de energía interna relacionada con la formación de los componentes y los paisajes. Los factores azonales principales son: las condiciones geólogo-geomorfológicas, las diferencias entre el relieve y la posición de las aguas subterráneas, el carácter, régimen e intensidad del drenaje superficial y la edad e historia geólogo-geomorfológica (Mateo, 2002).

La manifestación de la azonalidad y la zonalidad en conjunto permiten la formación de las siguientes categorías de paisajes (Mateo, 2002):

**Paisajes Zonales:** cuando las unidades de paisaje corresponden por completo con las condiciones de las fajas y zonas geoecológicas en las que se encuentran.

**Paisajes Azonales:** paisajes cuya formación es determinada por las condiciones azonales, son paisajes variantes del tipo zonal dado.

**Paisajes Extrazonales:** paisajes que se relacionan con una faja o zona geoecológica que no corresponde con la situación geográfica dada.

#### 3.2.2.2 Factores Geoecológicos formadores del Paisaje

Los factores formadores son geológicos, climáticos, geomorfológicos, hídricos, edáficos y bióticos. Los geológicos y climáticos son considerados los factores diferenciadores, los cuales determinan las propiedades de los otros factores. Son los que proveen el calor y la humedad para el funcionamiento del sistema. Los cambios en estos factores tienen una manifestación a largo plazo siendo más inertes al impacto humano (Mateo, 2002; García-Romero y Muñoz, 2001).

El factor de redistribución es el geomorfológico, al redistribuir el calor y la humedad, además de controlar y determinar los patrones de formación y diferenciación de los demás componentes. Los diferenciadores-indicadores son los factores que aportan la base hídrica y material, pueden ser transformados aunque no de manera completa siendo éstos los factores hídricos y edáficos. Los factores geológicos y geomorfológicos son importantes factores ecológicos indirectos en los ecosistemas (Haase y Haase, 2002).

Los factores indicadores (vegetación) son la expresión visual del paisaje, indican las condiciones de hábitat, origen y evolución siendo los más sensibles a los cambios promovidos por el hombre (Mateo, 2002; Bertrand, 2004).

### 3.2.3 Sistema Taxonómico y Unidades Locales del Paisaje

En “Geoecología del Paisaje” la diferenciación y taxonomía de los paisajes obedece a la estructura de los mismos. Por estructura se entiende a la relación entre los componentes del paisaje o relación vertical; a la relación entre unidades de paisaje de diferente rango taxonómico o relación horizontal; y la funcionalidad de los sistemas paisajísticos o estructura funcional (Mateo, 2002). Estos componentes, en la estructura vertical, también se pueden clasificar como macroestructurales y mesoestructurales (incluyendo en los últimos a los antrópicos) a partir de la diversidad espacio-temporal que presenta cada componente (García-Romero & Muñoz, 2001).

Existen diferentes sistemas taxonómicos para la delimitación de las unidades de paisaje. En la mayoría se toma en cuenta la jerarquía, la dimensión espacio-temporal variando en aspectos muy puntuales y principalmente en el nombre de las unidades paisajísticas. El sistema taxonómico en este estudio es el propuesto por Mateo (1984,2002) también utilizado por Priego-Santander *et al.*, (2004), Salinas & Quintela (2001) para la planificación ambiental de la Cuenca Lerma-Chapala (México) y del Estado de Hidalgo (México) respectivamente, correspondiendo al campo de la clasificación morfológica del paisaje (Isachenko, 1973; Rougerie & Beroutchachvilli, 1991). Este sistema se caracteriza por presentar los principios genético, histórico-evolutivo y estructural-sistémico que garantiza una clasificación científica real general y universal (Mateo, 1984; Priego-Santander, 2004).

Las unidades locales de los paisajes de un territorio obedecen al predominio de la diferenciación físico-geográfica local llamada también estructura morfológica del paisaje (Isachenko, 2005). Estas unidades se originan en el proceso de erosión del relieve, al humedecimiento litogénico y a la acción biológica vegetal y faunística. Como sistemas naturales su autonomía no se puede considerar pues no existen independientemente unos de otros (Mateo, 1984).

Los paisajes de nivel local son parte de unidades mayores que se repiten y difunden en las unidades superiores de manera típica y regular. Las unidades de paisajes locales tienen un sistema taxonómico definido por una serie de características diagnósticas, dichas unidades son:

- Unidades Principales: Facies, Comarcas, Localidades
- Unidades complementarias: Eslabones, Subcomarcas (llanuras), Estrías, Sectores (montañas). Las unidades principales presentan cierta homogeneidad de las condiciones geoecológicas cuya diferencia es debido a la escala espacio-temporal en la que se asocian sus componentes. Así, la Localidad es la unidad mayor con asociaciones de mesoformas del relieve, suelos y vegetación. La Comarca es la unidad que le sigue y que se subordina a la localidad. Esta unidad está ubicada en una misma mesoforma, misma formación de suelos y misma cobertura vegetal. Finalmente la Facie, es la unidad más pequeña que tiene las mismas condiciones de sus componentes, es decir, mismo suelo, misma litología, mismo microclima. La Facie no será considerada en el presente trabajo, por ser la unidad básica de representación a escalas de máximo detalle, por ejemplo 1:10 000, lo cual escapa a los objetivos de este trabajo.

**Cuadro 2. Unidades Taxonómicas Locales del Paisaje**

Unidad	Características de Diagnostico	Definición	Ejemplo
Comarca	Ubicada en una misma mesoforma del relieve que condiciona el drenaje, la formación de suelos y la cobertura vegetal.	Unidad básica de la cartografía local. Constituidas por un sistema de facies genética, dinámica y territorialmente relacionadas entre sí.	Complejo de cimas y puertos ligera a medianamente inclinados (10°-15°) con bosque de encinos primario y secundario sobre Cambisol húmico y Phaeozem luvico
Localidad	Tiene un mismo basamento geológico, asociado con un determinado tipos de mesoformas de relieve y que tiene un mismo clima.	Complejo natural genéticamente homogéneo formado por una asociación de comarcas genéticamente relacionadas.	Montañas volcánico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100 - 500) formadas por basalto-andesitas, andesitas basálticas y toba andesítica, con clima árido templado seco y bosques primarios y secundarios, cultivos, pastos y matorral primario y secundario sobre Phaeozem, Vertisol y Leptosol

Fuente: Mateo, 1984; Priego-Santander, 2004;

<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/433/santander.html>

### 3.3 Aplicaciones de la Geoecología del Paisaje y estudios en Guatemala

Las diversas aplicaciones de los estudios del paisaje se han interesado en la planificación ambiental, el ordenamiento del territorio así como la planificación de espacios naturales y urbanos para industria, turismo, conservación entre otras. (Forman, 1995; Acevedo, 1996; Salinas *et al.*, 2001; Mateo & Da Silva, 2002; Priego-Santander, *et al.*, 2004a; Bastian *et al.*, 2006). Otra importante aplicación es la relativa a la predicción de la diversidad biológica a partir de la diversidad paisajística (Ramírez-Soto, 2002; Priego-Santander, 2004; Morales, 2006) la cual se encuentra en una fase incipiente y con resultados interesantes acerca de la relación diversidad biológica – diversidad paisajística.

En el país se han realizado estudios del paisaje principalmente con el enfoque de la escuela matriz-parche-corredor (Forman, 1995) y otros con el enfoque fisiográfico realizados principalmente por ingenieros agrónomos.

Un antecedente a este trabajo es el realizado por el Componente de Vegetación del Programa de Investigación y Monitoreo de la Ecorregión Lachúa–PIMEL de la Escuela de Biología (USAC). Fue realizado en la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa en donde se utilizó la dirección geoecológica para analizar las unidades de paisaje presentes en la zona norte del área de influencia (Avendaño, *et al.*, 2005). Otro estudio que utilizó el enfoque geoecológico es el realizado en la Reserva Natural Privada Chelemhá (Avendaño, *et al.*, 2007) y las comunidades aledañas para evaluar el manejo del uso comunitario de los recursos en función de las condiciones naturales de los paisajes de ese territorio. Estos estudios son innovadores al utilizar el enfoque geoecológico y brindarle un soporte teórico a este estudio para la aplicación del mismo enfoque en otros sistemas ambientales.

### 3.4 Zona de Estudio

La cuenca del Río San José pertenece a un sistema de cuenca más complejo como lo es la del Río Grande o Zacapa. Esta subcuenca se localiza al oriente del país entre los departamentos de Chiquimula, Jalapa y Jutiapa. Su extensión es de 650.6 km<sup>2</sup> correspondiendo al 0.6% del territorio nacional (MAGA, 2001).

#### 3.4.1 Características Biofísicas

La cuenca contiene formaciones geológicas de origen volcánico con unidades litológicas de diferente edad geológica. El área se encuentra entre las regiones fisiográficas de Tierras Altas Volcánicas y Tierras Altas Cristalinas. Presenta diferentes tipos de relieve como colinas, conos volcánicos (Volcán de Ipala), valles aluviales, entre otros (MAGA, 2001).

Predominan las pendientes mayores a 16% y el territorio presenta condiciones de erosión medianas a severas. Se encuentran los biomas definidos por Villar (1998) como: Chaparral Espinoso y Selva de Montaña (en la cima del volcán). Existen dos zonas de vida, el Bosque Seco Subtropical (Bs-S) y el Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bh-St). Los tipos de clima según Thornwaite son: semi seco semi cálido; semi seco templado y semi seco cálido (MAGA, 2001).

Las condiciones de precipitación, temperatura y evapotranspiración describen un área donde las condiciones semi secas y de poca disponibilidad de agua de lluvia predominan, aunque con temperaturas templadas. En el Cuadro 3 se resumen estas condiciones.

**Cuadro 3. Datos de Evapotranspiración, Temperatura y Precipitación para la Cuenca del Río San José. Región Oriente, Guatemala.**

Condición	Máxima	Mínima	Media anual	Otros
Evapotranspiración	157.3 mm	63.1 mm	1,317.6 mm	
Precipitación	266.6 mm	1.0 mm	75.6 mm	Picos de caudales max. en Jun. y Sep.
Temperatura	28.0 °C	21.8 °C	24.8°C	Época seca de Nov. a Abr. y lluviosa de May. A Oct.
Agua superficial	Se localizan 15 microcuencas dentro del área y el agua superficial está catalogada como no potable.			

Fuente: MAGA (2001) Cuencas Estratégicas de Guatemala.

Algunas de las amenazas reportadas por el MAGA (2001) son los deslizamientos, actividad sísmica, inundaciones, granizo e incendios forestales.

#### 3.4.2 Características Socioeconómicas

La población estimada es de 74,067 habitantes cuya mayor concentración se da en Chiquimula, Ipala y San Luis Jilotepeque siendo un 40% de tipo urbana y un 60% de tipo rural. La cultura indígena está representada por los Chortí y los Pocomam en un 33.3% de los habitantes (MAGA, 2001).

La tasa de analfabetismo es de 39.8%. Las principales enfermedades son las respiratorias agudas, diarreas, cutáneas, neumonía y parasitismo intestinal que son atendidas por 6 hospitales, 7 centros y 15 puestos de salud ((MAGA, 2001).

La infraestructura vial consta de 60.5 km de carreteras asfaltadas, 302 km de terracería y 603.7 km de roderas y veredas. La cobertura de energía eléctrica es de un aproximado de 61.9% y la red de agua potable y drenaje de aguas servidas es deficiente con una mayor cobertura en las áreas urbanas (MAGA, 2001).

Las principales actividades económicas de los pobladores del área son la agricultura y la ganadería. Aunque ahora es importante señalar el envío de remesas por familiares en el extranjero (EEUU, principalmente) como obtención de recursos monetarios, lo cual es en general para el país. Dentro de la agricultura los cultivos principales son el tomate, chile pimiento, maní y en recursos pecuarios se reportan los tipos porcino, bovino y aviar (MAGA, 2001).

#### 4. JUSTIFICACIONES

Los paisajes desde un enfoque físico-geográfico, garantizan una unidad espacial óptima para el manejo integral de cuencas, ordenamiento ecológico o gestión ambiental (Cotler, 2004). Esto permite establecer la coherencia entre las actividades humanas con la vocación natural del territorio. La organización paisajística es el punto de partida para cualquier investigación geoecológica sea local o regional, en el caso de esta tesis constituye un estudio local en el que se incluye la clasificación y taxonomía de las unidades paisajísticas.

El estado geoecológico y el diagnóstico con miras a la planificación ambiental requieren la caracterización natural y cultural de los impactos humanos en las unidades de paisajes (Mateo, 2002). Para realizar esto en la cuenca del Río San José, es fundamental hacerlo en las unidades locales, debido a que son las que están asociadas a la actividad humana.

La cuenca es un área o unidad geomorfológica donde drena un sistema hídrico que tiende a mantener los procesos biofísicos estrechamente relacionados. Esto le confiere una dinámica ambiental propia conveniente para considerar los procesos que determinan la formación de paisajes específicos (Leopold, *et al.*, 1995). Es además un sistema complejo, abierto y dinámico pero que no encierra la idea de homogeneidad.

El análisis de paisaje permite obtener unidades relativamente homogéneas para el estudio de la totalidad de los componentes naturales. Con esto no se pierde de vista la heterogeneidad espacial y ofrece una visión integradora de la naturaleza en la superficie terrestre incluyendo las modificaciones antrópicas (Cotler & Priego-Santander, 2004).

En la cuenca, los procesos ambientales se relacionan directamente con los procesos humanos dando como resultado el enfoque de un sistema socio ambiental cuyo estudio podría orientar los usos potenciales del ambiente físico de la misma. A partir de lo anterior, es que se considera necesario hacer estudios paisajísticos en cualquier cuenca del país.

En Guatemala los estudios que han utilizado este enfoque para el análisis del territorio son escasos (Avendaño, *et al.*, 2005). Esto hace que el presente estudio sea pionero en aplicar los conceptos y métodos de la Geoecología de paisajes en la región oriente del país. De esta manera, se contribuye a obtener la información básica del estudio de los paisajes naturales locales y su grado de antropización en la cuenca del río San José para el fortalecimiento de la información ambiental de la misma.

## **5. OBJETIVOS**

### 5.1 General

Conocer y caracterizar la organización paisajística local de la cuenca del Río San José.

### 5.2 Específicos

5.2.1. Identificar los paisajes naturales locales de la cuenca del río San José.

5.2.2. Realizar el levantamiento, clasificación y cartografía de los paisajes naturales locales de la cuenca del Río San José.

5.2.3. Identificar el impacto humano actual en los paisajes naturales locales de la cuenca del Río San José, específicamente, en la cobertura vegetal de los mismos.

## **6. HIPOTESIS**

La organización local de las unidades de paisaje que se encuentran en la cuenca del Río San José están caracterizadas por la influencia de las condiciones azonales y locales del área y no por las zonales, teniendo un fondo de homogeneidad zonal.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *7.1 Materiales*

- Cartografía Temática del IGN Base Sunil y del MAGA (Atlas de Guatemala) Suelos, Vegetación, Clima, Geología, Curvas de Nivel, Hidrografía.
- Planillas para la verificación de campo.
- Instrumentos de geoposicionamiento global GPS.
- Equipo de computación con programas ArcView 3.2; ArcInfo 8.2 y ArcGis 9.1 (ESRI, 1994-2005).
- Brújula.
- Clinómetro.

### *7.2 Método*

El estudio consistió en dos secciones según los objetivos planteados en el trabajo: la del inventario de las unidades de paisaje y la identificación del impacto humano en las unidades de paisaje (ver Figura 1)

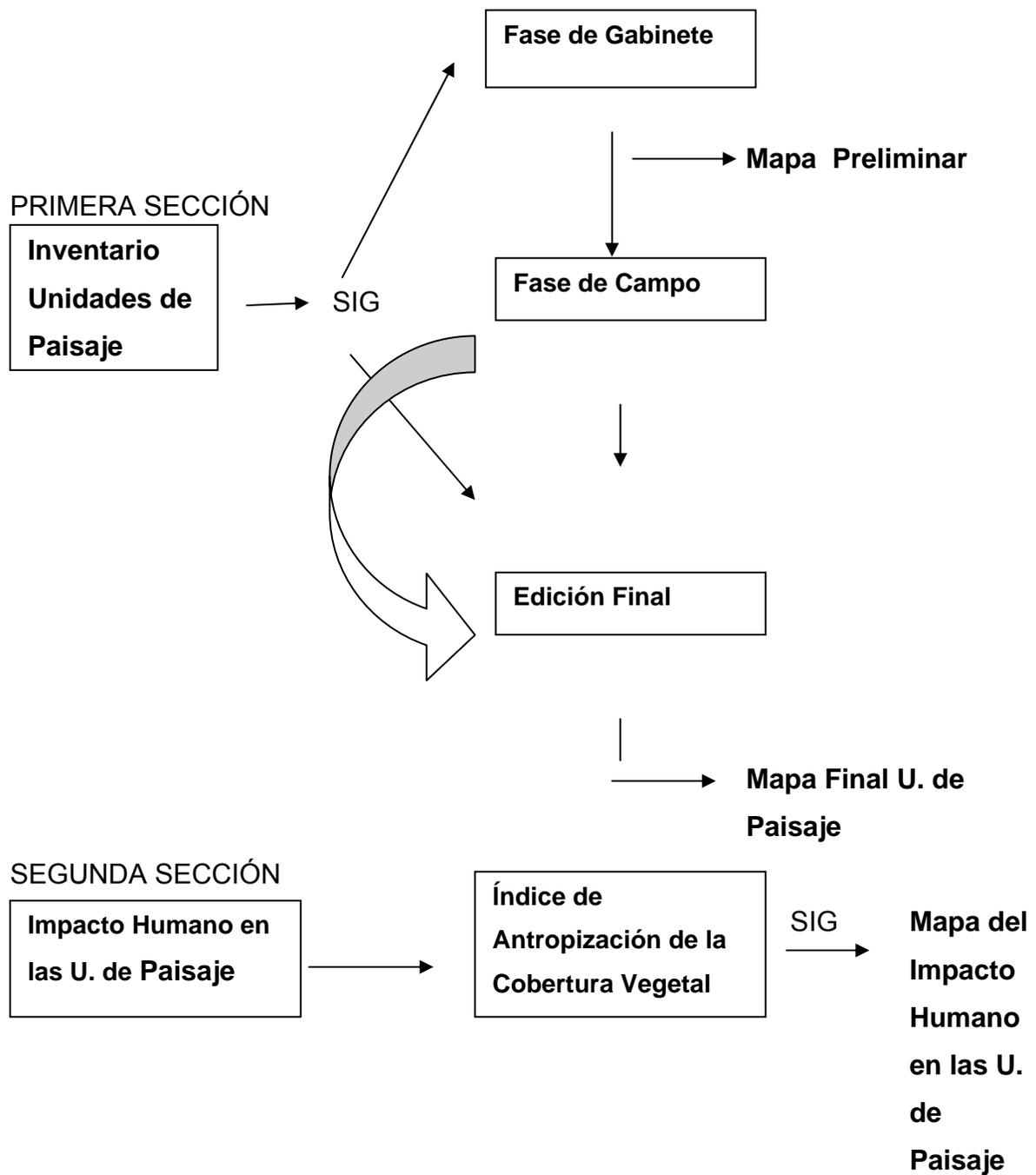


Figura 1. Esquema del Procedimiento utilizado en el presente trabajo.

### 7.2.1 Primera Sección: inventario de las unidades paisajísticas

El inventario se realizó en tres fases, la fase de Gabinete, la de Campo y la de Edición Final. Aquí se logró la identificación y cartografía de las unidades de paisaje locales.

#### Fase de Gabinete:

En esta fase se recopiló toda la información cartográfica existente en formato digital. Los datos que se obtuvieron fueron: Geología 1:250,000; Clima según Köppen 1:250,000; Curvas de Nivel 1:50,000; Ecosistemas vegetales 1:250,000; Suelos 1:60,000 y Uso del Suelo 1:50,000.

La geología se obtuvo del mapa geológico digital proveniente del Atlas Nacional, al igual que el Clima según Köppen (Maga, 2003). Las curvas de nivel fueron proporcionadas por el laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Centro Universitario de Oriente – SIGCunori - . Con la información de las curvas de nivel se obtuvo el mapa de disección vertical y de ángulo de la pendiente a 1:50,000 por medio del procedimiento indicado por Priego-Santander *et al.*, (2003). La disección vertical es un índice morfométrico que identifica la profundidad alcanzada por las corrientes superficiales de agua en su acción erosiva sobre la superficie (Seco, 2000). Los diferentes grados de disección vertical aquí empleados nos dan una clasificación morfométrica de los tipos de relieve. La clasificación del ángulo de la pendiente está basada en la clasificación hecha por Bocco, *et al.*, (2005).

Los suelos se digitalizaron a partir de un trabajo de Peña (1984) y el uso del suelo del mapa de Cobertura Vegetal y Uso del Suelo (Maga, 2006). En el caso de la vegetación se utilizó el mapa de ecosistemas vegetales del Instituto Nacional de Bosques –INAB- el cual tiene una leyenda que no es estrictamente una

clasificación de la vegetación y es confusa en cuanto a diferenciar los tipos de vegetación existentes. En el caso de la zonalidad altitudinal se utilizaron las grandes agrupaciones que presenta esta clasificación y en la leyenda se utilizaron modificaciones en su nomenclatura.

Utilizando los programas SIG ArcInfo 8.2, ArcView 3.2 y ArcGis 9.1 (ESRI, 1994-2005) se procedió a confeccionar el esquema cartográfico preliminar de paisajes. El método utilizado fue el de sobreposición cartográfica en donde se fueron sobreponiendo cada capa digital atendiendo a su jerarquía. Así, se empezó con la disección vertical y la geología, al resultado de esto se le sobrepuso la capa de clima, luego a este resultado, por separado, se sobrepusieron las capas de suelos y el de ecosistemas vegetales.

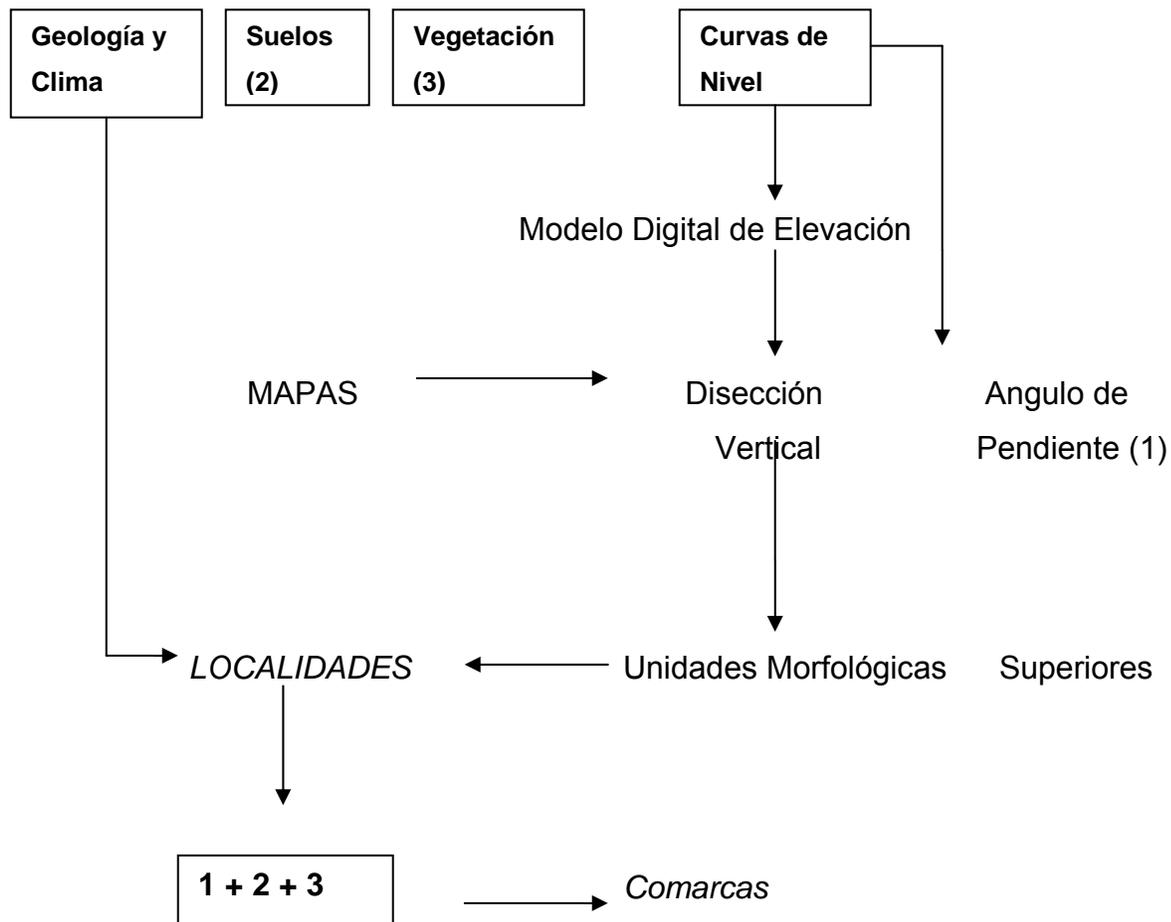
La leyenda se fue construyendo conforme cada paso que se iba efectuando, esta leyenda se iba escribiendo en un procesador de palabras, en este caso Word (Microsoft, 2005) la cual se agregó a la edición del esquema cartográfico de paisajes realizada con ArcGIS 9.1 (ESRI, 2005).

Al unir la geología con la disección vertical se generaron áreas que no eran susceptibles de ser cartografiables y se realizó la operación de generalización cartográfica (Salitchev, 1979) para eliminar las áreas que no cumplieran el mínimo cartografiable que en este caso se utilizó el de 40,000 m<sup>2</sup>. En el resto de sobreposiciones no se crearon nuevos polígonos y la leyenda iba recibiendo los atributos de cada geocomponente de acuerdo a la mayor área que ocuparan en la unidad y que cumplieran con el área mínima anteriormente mencionada.

El esquema que se obtuvo fue el de las unidades locales denominadas Comarcas y Localidades a escala 1:75,000. Es de hacer notar que debido a la utilización de información a diferentes escalas se consideró no elaborar un mapa, pues esto habría sido un error de cartografía por lo que se hizo en su lugar un esquema en el

cual no se presentan cuadrículas que indiquen coordenadas geográficas ya sea como sistema de grados y minutos o en el sistema universal transversa de mercator (UTM).

El procedimiento (con algunas modificaciones) que se observa en la Figura 2 fue el utilizado para realizar a cabo esta sección.



**Figura 2. Procedimiento en el SIG para la confección del mapa de paisajes locales. (modificado de Justo, R. et al., 2005)**

Durante esta fase se elaboró un cuadro para definir las condiciones zonales de la cuenca y determinar las fajas y zonas geográficas. Se determinó la tipología de paisajes en el área donde se mencionan los siguientes paisajes: tipos, subtipos, grupos, subgrupos, clases y especies. Así mismo se realizó un cuadro para identificar los tipos de vegetación según la zonalidad altitudinal (Ver Resultados, Cuadros 8 y 9).

#### Fase de Campo:

Durante esta fase se verificó la leyenda preliminar en 25 comarcas del total (39% del total de comarcas identificadas en este estudio). Se verificó el tipo de roca, la vegetación, los suelos, se tomaron datos de temperatura y humedad, altitud, posición geográfica. Los criterios tomados para ir a una determinada comarca fueron la representatividad de algunas comarcas, es decir aquellas que permitieran la revisión en cada Localidad, y que tuvieran más polígonos, la rareza (1 polígono forma la unidad), la facilidad para el acceso, el tiempo y los recursos económicos disponibles.

#### Fase Final:

Se hizo la corrección del mapa adjuntado las modificaciones que se observaron en el campo. Se editó el esquema final a escala 1:75,000. En el esquema se utilizaron elementos areales, de color, numéricos, lineales y otros fuera de escala para la representación cartográfica (Salitchev, 1979).

Se compararon los cuadros de zonalidad, zonalidad altitudinal y las unidades locales encontradas para analizar la hipótesis formulada (Ver Resultados, Cuadros 7, 8 y 9).

### 7.2.2 Segunda Sección: identificación del impacto humano

En esta sección se determinó el impacto humano o carga antropogénica en las unidades de paisaje. Se utilizó el Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal que se describe a continuación:

- Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (IACV)

Este coeficiente, propuesto por Shishenko (1988) determina cuantitativamente la carga antropogénica a la que una unidad de paisaje está sometida (Priego-Santander, *et al.*, 2004b). La información que brinda es que, a medida que el área del tipo de utilización de la naturaleza es mayor, mayor es el grado de transformación en el paisaje por la actividad humana y por lo tanto mayor la tensión geoecológica local (Mateo, 2002).

Se determina mediante la fórmula siguiente:

$$IACV = \sum_{i=1}^n (r_i * A_{ij}) / AT_j$$

Donde:

$r_i$  = grado de transformación antropogénica de los paisajes según el tipo "i" de utilización.

$A_{ij}$  = área dedicada al tipo de utilización "i" en el paisaje "j"

$AT_j$  = área total del paisaje "j"

En el cuadro siguiente se resume la ponderación que se utilizó y que se basó en el mapa y la información producida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Aquí se consideró un valor mayor cuando existen más elementos antrópicos y viceversa, menor el valor cuando es más natural el uso del suelo.

**Cuadro 4. Uso del suelo y su ponderación para calcular el IACV**

<i>Tipo de Utilización del Suelo</i>	<i>Ponderación</i>
Asentamientos Humanos	0.99
Granos Básicos	0.75
Hortalizas-ornamentales	0.75
Arroz	0.75
Café	0.60
Aguacate	0.50
Mango	0.50
Frutales deciduos	0.50
Arbustos y Matorrales	0.01
Pastos naturales	0.01
Bosque mixto	0.01
Bosque latifoliado	0.01
Bosque de coníferas	0.01

Fuente: Maga, 2003. Ponderación elaborada por el autor.

Para cada polígono de cada comarca se calculó el IACV multiplicando el área ocupada por cada uso del suelo en el área total del polígono con la ponderación correspondiente teniendo una clasificación de los grados de transformación antropogénica según los rangos de IACV que se observan en el cuadro siguiente.

**Cuadro 5. Transformación Antropogénica según los rangos de IACV.**

<i>Rangos</i>	<i>Grado de Transformación Antropogénica</i>
≤ 0.20	Muy Bajo
0.21 - 0.40	Bajo
0.41 - 0.60	Medio
0.61 - 0.80	Alto
≥ 0.81	Muy Alto

Fuente: Priego-Santander, *et al.*, (2004b).

Con esta clasificación de grados obtenidos se utilizaron las definiciones del estudio de Priego-Santander, *et al.*, (2004b) para la descripción de cada tipo de grado de transformación antropogénica derivada del IACV. Se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro 6. Definición de los Grados de Transformación Antropogénica**

<i>Grados</i>	<i>Descripción</i>
Muy Bajo	Geosistemas que mantienen la cobertura vegetal en estado natural o seminatural (secundaria) en más del 90% del área total. Menos del 10% del área total se usa para actividades agropecuarias y no se encuentran elementos urbanos o industriales.
Bajo	Geosistemas que mantienen la cobertura vegetal en estado natural o seminatural (secundaria) en 65-70% del área total. Presenta un 30% aproximadamente de uso del suelo para actividades agropecuarias y se encuentran elementos urbanos e industriales en menos del 1% del territorio.

Medio	Geosistemas que mantienen la cobertura vegetal en estado natural o seminatural (secundaria) en 45-60% del área total. Aproximadamente un 50-60% del área total se usa para actividades agropecuarias y se encuentran elementos urbanos e industriales en menos de un 1% del área total.
Alto	Geosistemas que mantienen la cobertura vegetal en estado natural o seminatural (secundaria) en un 15% del área total aproximadamente. Entre el 80-85% del territorio se usa para actividades agropecuarias y se encuentran elementos urbanos e industriales hasta en un 3% del área total.
Muy Alto	Geosistemas que mantienen la cobertura vegetal en estado natural o seminatural (secundaria) en un área menor a 0.30% del total. Más del 95% del área se usa en actividades agropecuarias o forestales y se encuentran elementos urbanos e industriales entre 2-3% del territorio.

Fuente: Priego-Santander, *et al.*, (2004b)

## 8. RESULTADOS

### 8.1 Localidades

Las unidades superiores presentan una variedad alta en sus geocomponentes y esto permite la diferenciación paisajística del territorio de la Cuenca del Río San José en 13 Localidades (unidades superiores) y 64 Comarcas (unidades inferiores). La localización y levantamiento cartográfico de dichas unidades se puede observar en el esquema cartográfico a escala 1:75,000 que se presenta en el Anexo 1.

Para la definición de las unidades superiores o localidades se utilizaron como índices diagnósticos las formas del relieve, la disección vertical del relieve, la génesis, los materiales geológicos y el clima predominante según Köppen. En el Cuadro 7 y Figura 3 se muestran las unidades superiores junto con el área que les corresponde dentro de la cuenca así como el porcentaje del territorio que cada localidad ocupa dentro de la misma, respectivamente.

**Cuadro 7. Localidades de la Cuenca del Río San José**

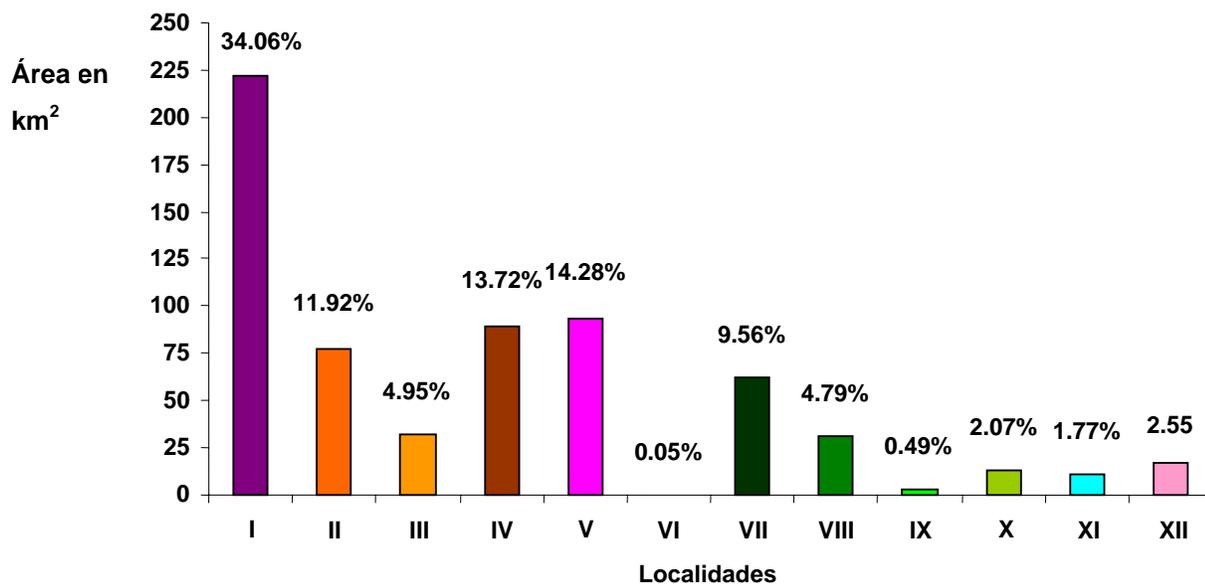
Unidad	Definición	Área (km <sup>2</sup> )
I	Montañas volcánico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km <sup>2</sup> ), formadas por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	221.62
II	Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km <sup>2</sup> ) formadas por granitos y dioritas en clima cálido húmedo.	77.58

III	Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km <sup>2</sup> ) formadas por calizas y dolomitas en clima cálido húmedo.	32.18
IV	Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km <sup>2</sup> ), formadas por complejo metamórfico de filitas, esquistos, gneisses y por partes, mármol y migmatitas en clima cálido húmedo.	89.26
V	Lomeríos volcánico-erosivos, ligera a fuertemente diseccionados (40-100 m/km <sup>2</sup> ), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	92.93
VI	Lomeríos tectónico-erosivos, fuertemente diseccionados (80-100 m/km <sup>2</sup> ), formados por calizas y dolomitas en clima cálido húmedo.	0.31
VII	Piedemontes volcánico-erosivos, fuertemente diseccionados (>40 m/km <sup>2</sup> ), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	62.19
VIII	Piedemontes volcánico-erosivos, medianamente diseccionados (15-40 m/km <sup>2</sup> ), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	31.18
IX	Piedemontes volcánico-erosivos, ligeramente diseccionados (<15 m/km <sup>2</sup> ) formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	3.16
X	Piedemonte fluvio-erosivo, mediana a fuertemente diseccionado (>15 m/km <sup>2</sup> ), formado por depósitos aluvio-coluviales en clima cálido húmedo.	13.46
XI	Valle tectónico-fluvial, formado por depósitos aluviales en clima cálido húmedo.	11.5

XII	Planicies acolinadas volcánico-erosivas, ligera a fuertemente diseccionadas (15-40 m/km <sup>2</sup> ), formadas por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.	16.58
-----	--	-------

Fuente: Esquema de Paisajes, elaborado por el autor.

**Figura 3. Áreas y Porcentajes del Territorio de la Cuenca del Río San José ocupado por las Localidades**



En el Cuadro 8 se observa la tipología de los paisajes según la zonalidad y azonalidad de la cuenca. Para la zonalidad se distinguen únicamente un tipo y un subtipo de paisaje, determinadas por el balance de radiación solar y por las condiciones climáticas respectivamente. La azonalidad clasifica a los paisajes en cuatro tipos: la clase identificada por el relieve; la subclase por la génesis; el grupo por la estructura geológica donde se encuentran los paisajes y el subgrupo por el tipo de rocas presentes. Aquí se observa que la azonalidad tiene el mayor peso para la diferenciación paisajística de la cuenca.

**Cuadro 8. Tipología zonal y azonal de los Paisajes de la Cuenca del Río San José.**

Zonalidad		Azonalidad			
TIPO (faja)	SUBTIPO (zona)	CLASE	SUBCLASE	GRUPO	SUBGRUPO
Sub tropical	Semi-húmeda	Montañas	Volcánicas	Zona de sutura entre fallas	Con rocas volcánicas extrusivas
		Montañas	Tectónicas	Zona de sutura entre fallas	Con rocas volcánicas intrusivas
		Montañas	Tectónicas	Zona de sutura entre fallas	Con rocas metamórficas
		Montañas	Tectónicas	Cuenca sedimentaria	Con rocas sedimentarias
		Planicie	Volcánica	Cuenca sedimentaria	Con rocas volcánicas extrusivas y depósitos fluviales
		Valle	Fluvial	Cuenca sedimentaria	Depósitos aluvio-coluviales

Fuente: Esquema de Paisajes; Pérez, 2000.

En el Cuadro 9 se encuentran los ecosistemas vegetales que se encuentran relacionados con los rangos de altitud. Estos están simplificados del trabajo realizado por el Instituto Nacional de Bosques en 2001 para favorecer la interpretación. Los arbustales son ecosistemas donde predominan las especies tipo arbustivo y que se dividieron en arbustales deciduos, dominados por mixto y otros arbustales con mixtos o coníferas. En los bosques tienden a predominar las especies de árboles: los bosques mixtos tienen los bosques semidecuidos mixtos con pino y en los bosques latifoliados los bosques semidecuidos latifoliados. Existen además ecosistemas vegetales donde predomina la vegetación cultural que existe a cualquier rango de altitud. Estos son los sistemas productivos dominados por pastizales y arbustos y los sistemas productivos dominados por mixto.

**Cuadro 9. Zonalidad Altitudinal**

Altitud (msnm)	Ecosistemas Vegetales
300-700	Arbustales
700-1000	Arbustales bosques mixtos
1000 a más	Bosque mixtos y bosques latifoliados

Fuente: datos de campo, INAB, 2001.

A continuación se ofrece una breve caracterización de las Localidades en la cuenca del río San José:

**Unidad I.** *Montañas volcánico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km<sup>2</sup>), formadas por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Ocupa la mayor parte de la cuenca, principalmente al este y sur de ésta. Sus 221.62 kilómetros cuadrados hacen que sea el Paisaje dominante de toda la cuenca (34% del territorio) y el que presenta más Comarcas al interior del mismo con 10. Su origen volcánico-erosivo se relaciona con la actividad volcánica del Terciario (Pérez, 2000) ya que incluye una zona donde se localiza el Volcán de Ipala y la laguna del mismo nombre cuyo origen se debe al colapso de la cima de este cono volcánico. En esta unidad se presentan algunas de las partes más altas de la cuenca siendo parte del volcán con 1640 m.snm. y el parteaguas de la cuenca cercano al pueblo de San Luis Jilotepeque con 1800 m.snm. Las comarcas presentes en esta unidad presentan una alta heterogeneidad en los factores indicadores: 6 tipos de suelos y diferente cobertura tanto natural, antropo-natural como cultural.

***Unidad II. Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km<sup>2</sup>) formadas por granitos y dioritas en clima cálido húmedo.***

Esta unidad se encuentra al norte de la cuenca junto con la unidad IV. Dada su posición cercana a la falla de Jocotán presenta un origen tectónico-erosivo con rocas intrusivas provenientes del Plutón de Chiquimula y de edad incierta (Pérez, 2000). Es una unidad con 3 comarcas y con un área relativamente grande ocupando un 12% del territorio. Las comarcas presentes están definidas por los complejos cumbrales y las laderas aunque con dos rangos de pendientes entre medianos y fuertemente inclinados. Los suelos presentes son los Entisoles y Mollisoles. Esto les confiere ciertas características únicas en toda la cuenca pues los primeros son poco desarrollados en sus horizontes genéticos y predominan en toda la unidad mientras que los segundos son más desarrollados, tienen más materia orgánica y se presentan en las partes medianamente inclinadas de la unidad en donde reciben los aportes de las partes altas. Aportes de materia orgánica, agua y materiales rocosos debido al efecto de la gravedad. La vegetación que predomina son los bosques de pino o mixtos pino-encino y en

menor proporción bosques latifoliados semidecíduos con especies propias de clima seco.

**Unidad III.** *Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km<sup>2</sup>) formadas por calizas y dolomitas en clima cálido húmedo.*

Es una unidad de origen tectónico-erosivo con afloramientos de rocas sedimentarias las cuales formaban parte de rellenos continuos antiguos (Pérez, 2000). Es la tercera unidad con mayor extensión territorial, presenta 6 comarcas. Los polígonos de esta unidad tienen su distribución en los extremos noreste y noroeste de la cuenca. Presenta pendientes que van desde las ligera a las fuertemente inclinadas y suelos que son poco desarrollados como Entisoles e Inceptisoles con mucha pedregosidad. La vegetación predominante son los bosques mixtos con pino y latifoliados semidecíduos.

**Unidad IV.** *Montañas tectónico-erosivas, ligera a medianamente diseccionadas (100-500 m/km<sup>2</sup>), formadas por complejo metamórfico de filitas, esquistos, gneisses y por partes, mármol y migmatitas en clima cálido húmedo.*

Se encuentra también al norte de la cuenca. Su origen es tectónico dada su cercanía con la falla de Jocotán y con el Plutón de Chiquimula. Las rocas presentes son de tipo metamórfico de edad paleozoica (Pérez, 2000). Tiene 6 comarcas y los rangos de pendiente son parecidos a la unidad anterior con predominio del tipo fuertemente inclinado. Los suelos con mayor distribución son los Entisoles y la vegetación en la unidad son los arbustales con mixto y coníferas, bosque semidecíduo mixtos con pino, bosques semidecíduos latifoliados y sistemas productivos.

**Unidad V.** *Lomeríos volcánico-erosivos, ligera a fuertemente diseccionados (40-100 m/km<sup>2</sup>), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Es la segunda unidad en extensión con casi 93 km<sup>2</sup> y la segunda que más comarcas en su interior tiene con 8; se le puede considerar el Paisaje subdominante de toda la cuenca. Al igual que la unidad I su origen es volcánico erosivo teniendo relación su litología a la actividad volcánica del Terciario (Pérez, 2000). Se encuentra en contacto con las unidades VII y I, diferenciándose de ésta por el predominio de una disección vertical menor que define el tipo de relieve en lomeríos. La unidad ocupa una posición al centro y sur de la cuenca. Tiene una alta variación de pendientes y la presencia de varias corrientes de agua favorecen la aparición de distintos tipos de suelos desde poco desarrollados hasta algunos propios de lugares mas o menos planos (pendiente <20°) y húmedos como los Vertisoles. La variación en la vegetación también es alta, dadas las condiciones de variabilidad geomorfológica como las cumbres, laderas y barrancos, superficies y cauces, además del grado de humedecimiento debido a las corrientes permanentes y temporales. Se encuentran desde arbustales mixtos hasta bosques latifoliados semidecíduos, bosques mixtos con pino y vegetación cultural.

**Unidad VI.** *Lomeríos tectónico-erosivos, fuertemente diseccionados (80-100 m/km<sup>2</sup>), formados por calizas y dolomitas en clima cálido húmedo.*

Es un paisaje único, es decir que se encuentra un solo polígono en un área reducida, que se encuentra dentro de la unidad III en su extremo este. Es la unidad más pequeña de toda la cuenca y su origen es tectónico-erosivo con rocas de tipo sedimentario. Se encuentran en su interior dos comarcas también de naturaleza única debido a estar representadas por 1 polígono y ser de área reducida. Los suelos son Entisoles solamente y la vegetación es en su mayoría de tipo cultural principalmente los sistemas productivos (maíz, frijol).

**Unidad VII.** *Piedemontes volcánico-erosivos, fuertemente diseccionados (>40 m/km<sup>2</sup>), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Su origen también es de tipo volcánico-erosivo. Su litología es igual que la de las unidades volcánicas descritas anteriormente. La posición que presenta es en forma de un anillo principalmente alrededor de la unidad I que se localizan juntas formando el Volcán de Ipala. Un polígono aparte se encuentra cercano a las partes aluviales al extremo noreste de la cuenca pero siempre en contacto con la unidad I. Presenta 6 comarcas con un predominio de pendientes ligeramente inclinadas. Los tipos de suelos en esta unidad son varios pero principalmente los Alfisoles. También presenta varios tipos de cobertura vegetal principalmente arbustales con mixtos.

**Unidad VIII.** *Piedemontes volcánico-erosivos, medianamente diseccionados (15-40 m/km<sup>2</sup>), formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Tiene un origen igual a la anterior unidad. La diferencia estriba en el rango de disección vertical el cual es menor. Su posición en la cuenca es muy cercana a la unidad VII con predominio de extensión cercana a la cabecera municipal de Ipala. Tiene 5 comarcas donde prevalecen las pendientes suavemente inclinadas. Las condiciones de pendiente y deposiciones coluviales gruesas determinan la abundancia de Vertisoles y Entisoles como suelos. La vegetación principal son los arbustales con mixtos o coníferas.

**Unidad IX.** *Piedemontes volcánico-erosivos, ligeramente diseccionados (<15 m/km<sup>2</sup>) formados por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Es el tercer piedemonte de origen volcánico erosivo. Es único y se encuentra rodeado por la unidad VIII al oeste de la cabecera de Ipala. Está formado por 3 comarcas, 2 de condición rara pues solo tienen un polígono y su extensión territorial es pequeña. Prevalecen las condiciones que favorecen el desarrollo de los suelos Vertisoles y Entisoles: pendientes planas y pedregosidad para los segundos y alto contenido de arcilla y humedad para los primeros. La vegetación es de arbustales con mixtos o coníferas y sistemas productivos, todavía se observan formaciones vegetales en condición secundaria en algunas partes.

**Unidad X.** *Piedemonte fluvio-erosivo, mediana a fuertemente diseccionado (>15 m/km<sup>2</sup>), formado por depósitos aluvio-coluviales en clima cálido húmedo.*

Es un piedemonte con origen fluvio-erosivo que se localiza al oeste del valle aluvial que forma el río San José. Su litología (depósitos coluviales) se ve influenciada por el contacto con la unidad II. Tiene 3 comarcas y una secuencia clara de pendientes desde la parte alta con pendientes medianamente inclinadas hasta las que están cercanas a la unidad XI que son suavemente inclinadas. En esta unidad se desarrollan los Entisoles y Mollisoles, estos últimos favorecidos por las condiciones de baja inclinación y del aporte de materia orgánica de las partes localizadas arriba. La vegetación va cambiando desde las partes altas y con pendiente fuerte hasta las menos inclinadas y bajas. De esta manera se desarrollan bosques semidecíduos con pino, latifoliados semidecíduos y sistemas productivos respectivamente.

**Unidad XI.** *Valle tectónico-fluvial, formado por depósitos aluviales en clima cálido húmedo.*

Es el valle formado por las deposiciones del río San José y con una fuerte influencia de la falla de Jocotán. Su origen es tectónico-fluvial formado por una diversidad de depósitos aluviales. Las comarcas son 5 debido a la diferenciación de distintos tipos de terrazas y su grado de inclinación. Los suelos formados allí son Entisoles desarrollados sobre coluvios gruesos y recientes en pendientes moderadas a suaves así como Inceptisoles y Vertisoles influenciados por el tipo de clima que los hace estar secos entre 90 y 180 días al año, presentando déficit de humedad. Debido a la dinámica de deposición de material por parte del río las terrazas cercanas al lecho presentan mejores condiciones de humedad, desarrollándose vegetación ribereña como *Salix*. En la unidad se observa con mayor predominio la cobertura vegetal tipo cultural de sistemas productivos dominados por pastos y arbustos y barreras vivas la cual es amplia y extensiva.

**Unidad XII.** *Planicies acolinadas volcánico-erosivas, ligera a fuertemente diseccionadas (15-40 m/km<sup>2</sup>), formadas por tobas, coladas de lava, material lahárico y depósitos piroclásticos en clima cálido húmedo.*

Es la unidad con menor grado de disección de relieve formando planicies con colinas que resienten en menor grado la intensidad de la acción erosiva. Su origen es volcánico-erosivo evidenciado por el contacto con otras unidades con origen similar y por la litología encontrada en ella. Se desarrollaron dentro de esta unidad 6 comarcas con alta variación de los rangos de pendiente y los suelos predominantes son los Entisoles y Vertisoles. La combinación entre los suelos y las pendientes favorecen la producción agrícola que representa la cobertura vegetal mayoritaria en toda la unidad con arbustos naturales diseminados en la misma. Es el sitio de centros urbanos importantes pues en esta unidad se asientan los pueblos de Agua Blanca y San Luis Jilotepeque.

## 8.2 Comarcas

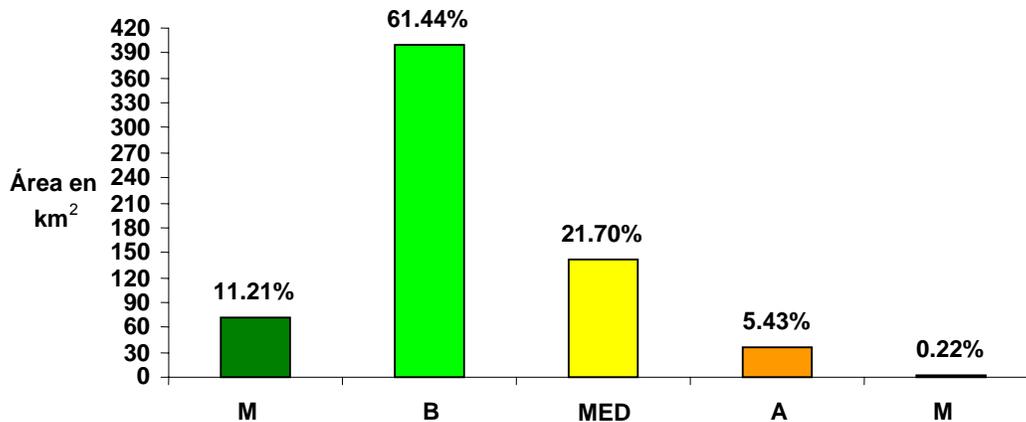
La caracterización de las comarcas de paisajes se puede apreciar en la leyenda que acompaña al esquema de paisajes, dado que la misma es explicativa y explícita en cuanto a composición y estructura de las mismas. Por esa razón, solo se indican a continuación las características generales de estas unidades.

Presentan una diversidad y heterogeneidad que determinan una estructura compleja dentro de las Localidades a las que pertenecen. Los relieves presentes son complejos cumbrales, complejos de laderas y barrancos con diferentes rangos de inclinación, complejos de colinas residuales, complejos de superficies y cauces planos a ligeramente inclinados, complejos de interfluvios y arroyos distributarios y complejos de terrazas y barrancos. Los componentes móviles: suelos y vegetación, están representados por los Entisoles, Inceptisoles, Andisoles, Alfisoles, Vertisoles y Mollisoles para los primeros (Peña, 1983) y para lo segundos bosques semidecídus mixtos con pino, bosques semidecídus latifoliados, arbustales deciduos, otros arbustales con mixto o coníferas, arbustales dominados por mixto, sistemas productivos dominados por pastizales y arbustos y sistemas productivos dominados por mixto (INAB, 2001).

## 8.3 Antropización del Paisaje

La siguiente figura (No.4) muestra los resultados del Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal para el territorio de la Cuenca. En la figura se observa que el grado bajo de antropización abarca más de la mitad de todo el territorio (61.44%, equivalente aproximadamente a 400 km<sup>2</sup>). El otro grado importante es el medio, seguido por el muy bajo y el alto. El área de la región de estudio considerada como muy alta en su grado de antropización es escasa siendo menor a 30 Km<sup>2</sup>. La distribución espacial de los grados de antropización de la cobertura vegetal en todo la cuenca del río San José se puede observar en el Anexo 2.

**Figura. 4 Áreas y Porcentajes de los Grados de Antropización de la Cobertura Vegetal**



La vegetación que predomina en la cuenca comparte tanto características naturales como de uso humano. Es necesario aclarar que una debida clasificación de las formaciones o asociaciones vegetales evidenciarían la influencia de la altitud, geología y suelos sobre la presencia de determinados tipos de vegetación, sin embargo no se cuenta con una clasificación para todo el país así que podrían encontrarse inconsistencias con lo expuesto en este trabajo, el cual en alguna medida, trató de simplificar para su mejor comprensión, los ecosistemas vegetales.

La altitud (ver cuadro 9) le confiere al territorio una sucesión de ecosistemas: Las partes bajas con predominio de arbustales y especies adaptadas a condiciones secas (cactáceas, leguminosas); las partes medias con una mezcla de arbustales y bosques en donde la condición semidecídua es también característica del clima (leguminosas), pero con adaptación de

especies no deciduas (pinos) y en las partes mas altas una asociación de bosques latifoliados y mixtos con presencia importante de *Pinus* y *Quercus*.

Las Localidades II y III presentaron la mayor cobertura de vegetación natural. En estas Localidades se observa predominio de los ecosistemas de bosques semidecuidos mixtos con pino (INAB, 2001) con géneros como *Pinus*, *Quercus*, *Bursera*, *Acacia*, *Leucaena*, *Psidium*. En la Localidad III (Comarca 19) también se encuentran los bosques semidecuidos latifoliados (INAB, 2001) con géneros como *Bursera*, *Byrsonimia*, *Cordia*, *Leucaena*, *Acacia*, *Haematoxylon*, *Tecoma*, *Gliricidia*. La Localidad I presenta una vegetación predominante de arbustal decido y otros arbustales con mixtos o coníferas con géneros como *Bursera*, *Lippia*, *Zanthoxylum*, *Ceiba*, *Mimosa*, *Turnera*, *Pinus*, *Quercus* (INAB, 2001), además presenta áreas en regeneración. En el caso de las localidades VII, VIII y IX predominan los arbustales con mixtos o coníferas.

La localidad IV tiene vegetación de bosques semidecuidos mixtos con pino, así como otros arbustales mixtos con pino y áreas en regeneración.

En las Localidades V, VI, X, XI y XII tiene predominio la vegetación de sistemas productivos dominados por pastizales. Son cultivos como maíz, frijol, manía y áreas en regeneración debido a abandono (INAB, 2001). En la anterior descripción se observa un marcado cambio de vegetación natural a productiva en las localidades con menores grados de inclinación, relieves menos accidentados y suelos más apropiados para el cultivo (ver Anexo 1).

## 9. Discusión

### 9.1 *Los factores de diferenciación paisajística*

En la descripción anterior de las unidades de paisaje, se observa que la morfogénesis del relieve en la cuenca genera el dominio de las estructuras de tipo volcánico-erosivas y en menor medida las tectónico-erosivas. La presencia de la falla de Jocotán determina que las condiciones geológicas sean distintas al norte de la cuenca indicando un origen tectónico a las localidades II, III, IV y VI y al sur las de origen volcánico: I, V, V, VII, VIII, IX y XI. Las otras unidades, que tienen en común la condición fluvial determinada por su cercanía geográfica con el cauce del río San José, son las X y XI.

Las condiciones que permiten en mayor medida la diferenciación paisajística de la zona de estudio son las geólogo-geomorfológicas. Las anteriores (litológicas así como los procesos exogenéticos) son importantes en la diferenciación a nivel local determinando la complejidad, diversidad y heterogeneidad de la cuenca debido a su estructura montañosa predominante (Avessalomova, et. al, 2004).

Estas condiciones anteriores se han aceptado como base para la delimitación de unidades en otros sistemas de diferenciación territorial como las Unidades Ambientales Biofísicas (Rodríguez & López, 2006) o las Unidades Ecogeográficas (Ortiz-Pérez, Siebe & Cram, 2005).

También han sido importantes en la definición de unidades de paisaje a diferentes escalas y de diferente rango taxonómico y en diferentes condiciones. En lugares costero marinos, para diferenciar el ecosistema del manglar a escala detallada (Hernández-Trejo, *et al.*, 2006) y en áreas continentales como Polonia y Bielorrusia, donde son la base para el mapa de paisajes nacional (Richling, 2006) y el factor fundamental para segregar los taxones mas pequeños (Martsinkevich &

Pirozhnik, 2007) respectivamente. Así, podemos indicar con certeza que las condiciones geólogo-geomorfológicas son importantes en la definición y diferenciación paisajística del territorio.

De esta manera, basado en criterios geólogo-geomorfológicos, se puede corroborar la hipótesis planteada al inicio en este estudio, al señalar que en la cuenca del río San José las unidades de paisaje se caracterizan principalmente por las condiciones azonales y locales y no por las zonales, aunque el hecho de estar en la faja subtropical (condición zonal) le proporciona características físico-geográficas propias contrario a si el territorio se ubicara en la faja templada (ver Cuadro 8). La zonalidad se evidenciaría claramente en llanuras donde los efectos por la altitud serían nulos. Aunque en sentido estricto la zonalidad altitudinal promueve variación en factores como la radiación, el régimen de calor y humedad (Mateo, 1984). También la posición geográfica contribuye de forma importante en la variación de estos factores: las pendientes ubicadas a sotavento al norte de la cuenca son más secas que el mismo valle pues tienen un efecto directo por la Sierra de las Minas que les impide obtener la humedad que viene con los vientos del Atlántico, efecto aumentado además por las montañas dentro del territorio. La característica altitudinal provoca que ocurran analogías con la zonalidad latitudinal, sin embargo la zonalidad altitudinal es en esencia azonal al estar condicionada por el relieve (producto de factores geólogo-geomorfológicos) y su posición geográfica. Así, la zonalidad altitudinal es una manifestación entre la zonalidad latitudinal y la azonalidad que se relacionan dialécticamente (Isachenko, 1973; Mateo, 1984).

## *9.2 Factores Indicadores del Paisaje: Suelos y Vegetación*

En los paisajes de la cuenca se desarrollan los componentes móviles con alta variabilidad debido a los diferentes cambios de pendiente, a los grados de humedad, a la diferencia altitudinal y a las condiciones geólogo-geomorfológicas que condicionan diferentes etapas en el desarrollo de los suelos y vegetación. También el aporte del trabajo humano, por medio de la agricultura y urbanización se ve reflejada en la cobertura de la vegetación y en los patrones de uso dependiendo de las características de relieve y suelos principalmente.

En todas las Localidades existen los Entisoles, que son suelos con poca evidencia de desarrollo, generalmente debido al escaso tiempo para la formación y desarrollo del mismo. Se presentan en las Localidades II, IV y VI donde predominan debido a la alta variedad de la pendiente encontrándose en los extremos, en pendientes muy inclinadas y en superficies planas y también por los tipos de rocas como el caso de las rocas ígneas intrusivas y metamórficas, las cuales son resistentes a la degradación. En el caso de la Localidad X se debe al material aluvio-coluvial presente en ella y que es de edad reciente, lo que denota el poco tiempo para el desarrollo de otras clases de suelos. En toda la cuenca se presentan diversos grados de erosión reciente lo que favorece el predominio de Entisoles (orthents) con un régimen de humedad ústico. La vegetación que se desarrolla sobre estos suelos es variable y no pudo establecerse una relación directa entre entisoles y tipos de ecosistemas vegetales debido a la clasificación vegetal y porque básicamente todos los tipos de ecosistemas vegetales aparecen sobre los Entisoles.

Los Vertisoles se encuentran en las Localidades I, V, VII, VIII, IX y XII, son suelos cuyas arcillas tienden a expandirse y contraerse formando lo que se conoce como microrrelieve gilgai, y su presencia es predominante en lugares planos con un

probable pasado de cobertura de agua (Tobías<sup>3</sup>, 2007 com. pers.). Son suelos con una alta retención de agua y alta fertilidad química que favorecen el uso agrícola, por eso en algunas comarcas (ej. 9, 10, 57, 63, 64) se encuentran los sistemas productivos como ecosistemas vegetales predominantes.

Los suelos desarrollados sobre material volcánico (Andisoles) se encuentran solamente en una comarca (9) de la Localidad I cercana a la Localidad XII, donde el material parental es ceniza volcánica y originaria del Volcán Suchitán que es un material con abundancia en materiales ferromagnesianos (Tobías, 2007 Com. pers.). Estos suelos se caracterizan por la presencia de alófana en cantidades variables y a pesar que el material volcánico esta presente en gran parte del sur de la falla de Jocotán, la cantidad de alófana suficiente para determinar que son andisoles solamente se encuentra en esta parte de la cuenca.

Los Inceptisoles son suelos poco desarrollados pero relativamente más que los Entisoles (MAGA, 2003). Estos tienden a presentarse en sitios donde ha ocurrido el proceso de agradación para favorecer su desarrollo, se presentan en la mayoría de las Localidades con excepción de la II, VI, IX y XII en donde las condiciones favorecen suelos menos desarrollados y más desarrollados que los Inceptisoles. Para la II y VI la resistencia de las rocas presentes inciden en el poco desarrollo de los suelos. Los tipos de Inceptisoles que predominan son aquellos que tienen deficiencia de humedad, pues están secos entre 90 y 180 días al año (MAGA, 2003; Peña,1984).

Los Mollisoles son suelos de color oscuro, con alto contenido de materia orgánica y muy fértiles para la actividad agrícola, se encuentran principalmente en la Localidad X pues su desarrollo es favorecido por la existencia de superficies

---

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo Hugo Tobías. Catedrático Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos.

planas o poco onduladas. La condición de alta fertilidad para cultivos se evidencia en el predominio de vegetación de sistemas productivos y en la escasa presencia de vegetación natural. La existencia de estos suelos en las Localidades I y VI podría interpretarse como dudosa, sin embargo Tobías (2007 com pers) confirma su presencia, aunque en pequeñas extensiones.

El otro orden de suelos presente en la cuenca son los Alfisoles, estos son suelos evolucionados que se localizan en las Localidades de origen volcánico-erosivas: I, V, VII y VIII. Este predominio en estas unidades es debido a la probable estabilidad geomorfológica en la que la tasa de formación del suelo es mayor que la pérdida por erosión (Tobías, H. 2007. Com. Pers).

Resalta el hecho de que en la parte del volcán de Ipala exista un bosque diferente al resto encontrado en la cuenca, debido a la humedad aportada por la laguna, aunque existen condiciones similares como los bosques de galería debido al efecto de la humedad extra proporcionada a éstos por parte de las corrientes de agua como la del río San José.

La presencia de varios géneros de leguminosas se puede explicar por el hecho de que estas plantas requieren de calcio y magnesio, proporcionados por suelos con material de origen calcáreo como los presentes en esta unidad en la que es probable la existencia de Rendolls que son mollisoles con marcado carácter calcáreo (Tobías, 2007 com. pers.).

Otra localidad con presencia de vegetación natural es la IV en la que también existen Otros arbustales con mixtos o coníferas. Estos ecosistemas fueron clasificados como naturales aunque existe la posibilidad de haber sido afectados por otros usos y ahora estén en sucesión secundaria o regeneración (INAB, 2001).

### 9.3 Antropización de la cobertura vegetal de los paisajes

Uno de los aspectos importantes en la caracterización de las unidades locales es el impacto que los grupos sociales le han impreso al territorio de estudio. Según los resultados de la Figura 4, la mayor parte de la cuenca (cerca de 390 km<sup>2</sup>), se encuentra con un grado bajo de antropización y corresponde a más de la mitad del área total. Este resultado sugiere que existen condiciones por las cuales no se ha realizado un cambio fuerte en el uso de los recursos. Por ejemplo, en las localidades II, III y IV (con grado bajo y muy bajo) el que predominen ecosistemas naturales tiene que ver con el hecho de que no existen vías de acceso importantes, los suelos son poco desarrollados y abundan las pendientes mediana a fuertemente inclinadas, caso similar de antropización en la que los geosistemas con este grado muy bajo se localizan en zonas montañosas de difícil acceso en la cuenca Lerma Chapala, México (Priego-Santander *et al.*, 2004b).

En el resto de la cuenca el grado muy bajo se encuentra alrededor de la Laguna de Ipala, lo que significaría un ejemplo de conservación de la vegetación natural debido probablemente a que parte del área es propiedad privada, es un centro de turismo debido a la laguna y presenta dificultades para hacer cambios al uso del suelo (pendientes 20°- 30°, Inceptisoles y Entisoles como suelos). Este grado de antropización es solamente el 4% del total de los grados de antropización pero representa el 11% del territorio por encima de grados donde los geosistemas ya pueden considerarse con degradación como lo son el alto y muy alto.

El grado bajo que es el que predomina en toda la cuenca, está condicionado por las comarcas donde aparecen otros arbustales con mixto o coníferas, el cual como anteriormente se mencionó, puede ser un resultado subestimado debido a que en el análisis se consideró como natural a los arbustales al no haber criterio para

saber si había sucesión secundaria o no, lo que hubiera hecho que su valor fuera menos alejado de condiciones naturales. Este grado de antropización se encuentra por toda la cuenca pero con excepciones notables, no presentándose en la parte del valle y piedemonte cercanos, ni cerca de unidades con relieve plano, ni aledaño a sitios poblados.

La antropización media se encuentra en la cuenca en geosistemas con un rango de inclinación bajo o en áreas relativamente planas (Localidades VIII, IX, X, XI y XII). Las áreas aledañas a los centros urbanos principales están rodeadas por geosistemas con este grado de antropización y constituyen un 22% del territorio. Probablemente empiezan a aparecer condiciones que limitan el funcionamiento natural de los geosistemas y perturban el balance ecológico debido al apareamiento de elementos y aglomeraciones urbanas (Fomin, 1976).

Para el caso de los paisajes con antropización alta, se encuentran localizados en las unidades X y XI principalmente y en los sitios poblados. Este patrón espacial probablemente surgió por la facilidad del territorio para realizar cambios de uso de la tierra debido a la baja inclinación. Este patrón, sin embargo, debiera ser identificado por un estudio acerca de la historia de ocupación de esas localidades puesto que las ocupaciones de un territorio pueden haber sido periódicas, es decir había asentamiento luego se marchaba la población y después volvía (Boyd, 2007).

El máximo grado de antropización o muy alta es de incidencia baja en toda la cuenca (solamente 1% del territorio), se encuentran al extremo noreste de la misma y corresponden a geosistemas con alta densidad urbana y cobertura vegetal inexistente, aquí se encuentran los límites de la ciudad de Chiquimula. Aunque pudiera parecer muy poco debido a la presencia de asentamientos humanos muy importantes como Agua Blanca, San Luis, Ipala y San José, éstos se encuentran en dos o más unidades de paisaje que tienen otras coberturas

como matorrales o agricultura, lo que indica un menor grado de antropización. De alguna manera los paisajes que se encuentran con un grado alto y muy alto de antropización podrían catalogarse como Paisajes Culturales de tipo Urbano pues son el resultado de la utilización humana, por medio del trabajo, de los paisajes naturales como medio para lograr bienestar, comercio y organización. Los elementos humanos, frutos de esta apropiación de la naturaleza, son visibles en elementos urbanos predominantes como casas, edificios, relaciones comerciales, vías de acceso y productos agrícolas que evidencian el desarrollo histórico de la sociedad humana en los pueblos como los anteriormente mencionados.

Es de hacer notar que el cultivo del melón, producto con mucho impacto en el territorio debido a la necesidad de contar con un territorio plano o semiplano, de extensión considerable y sin ninguna cobertura vegetal natural, no estaba integrado en la fuente original de uso de la tierra (MAGA, 2003). Áreas de cultivo de melón fueron observadas durante la fase de campo por lo que los datos para los geosistemas de relieve semiplano o plano y con presencia de Vertisoles están subvalorados en su antropización y constituyen un dato clave para interpretar el estado natural de dichos geosistemas.

Otro aspecto a considerar es que en el caso de la actividad agrícola, esta se realiza principalmente con chuzo (Tobías, 2007 com. pers.) la cual es utilizada para la siembra de frijol y maíz y que facilita el uso de cualquier espacio de suelo, por pequeño que sea, para ser cultivado. Hay que resaltar que esta técnica de cultivo si bien cambia la cobertura vegetal no provoca la degradación ni compactación del suelo ni afecta la recarga hídrica al no ser una técnica altamente mecanizada como las usadas en grandes zonas de monocultivos (Wicherek, 2007).

La antropización de la cuenca mantiene un predominio de bajo y muy bajo frente al resto, posiblemente como respuesta a que las prácticas agrícolas mecanizadas (agricultura intensiva), el desarrollo industrial y la expansión urbana no han avanzado, por lo que el territorio no ha sufrido cambios rápidos en el paisaje (Bastian, *et al.*, 2006).

Este predominio de condiciones de antropización baja, puede deberse a que el territorio presenta limitaciones de agua en general y al bajo potencial productivo de los ecosistemas de montaña (Tobías, 2007 com.pers.; Menéndez, 2000). De esta manera, el territorio que abarca la cuenca se mantiene probablemente en un estado en el que los procesos geoecológicos todavía no han sufrido mayor degradación porque los grupos humanos no han modificado sus prácticas productivas a un grado intensivo en el que las entradas de materia y energía dependan principalmente de la intervención humana (Altieri, 1999). Es necesario aclarar que el índice de antropización nos da una idea de un cambio de algo natural a cultural, pero no nos indica las causas de dichos cambios o la historia de los cambios, profundizar en estas causas significa que se deben revisar datos históricos de productos agrícolas, tenencia de la tierra, uso de materiales y asentamientos humanos, fertilidad de suelos, disponibilidad de agua, topografía e inaccesibilidad del territorio para permitir identificar debidamente las causas del por qué del escenario actual de antropización (Ochoa-Gaona & González-Espinosa, 2000).

Analizar el estado y funcionamiento de los paisajes, permitiría en el futuro determinar la carga que pueden soportar los mismos y planificar con información más precisa los cambios posibles que los habitantes pueden realizar, garantizándose ellos mismos la continuidad de los procesos naturales y mitigando los efectos degradantes que pudieran surgir, así como proponer formas de aprovisionamiento de agua para garantizar el acceso de este recurso a propuestas de actividades económico productivas que lo requieran como la agricultura.

Sin embargo, para poder lograr determinar el estado geoecológico, es decir el diagnóstico geoecológico de la cuenca, es necesario realizar un análisis de la estructura paisajística así como del funcionamiento del paisaje entendiendo este como los procesos naturales, así como las funciones socioeconómicas que ofrece (Acevedo, 1996; Salinas, *et al.*, 2001; Bastian, *et al.*, 2006). Esto permitiría saber cuáles son las interrelaciones entre los elementos del paisaje, el grado de cambio que ha ocurrido en ellas y se podrían hacer inferencias acerca de los efectos producto del desarrollo de los grupos humanos en el territorio sobre los paisajes naturales. De esta manera se podría complementar el presente trabajo, el cual aporta como inicio para cualquier estudio básico de paisajes la descripción de las unidades locales, unidades fundamentales para estudios posteriores sobre el desarrollo, la función y la evolución paisajística de la cuenca.

## 10. Conclusiones

10.1 El método utilizado, la sobreposición cartográfica, facilitó la obtención de las unidades de paisaje locales al permitir el análisis gráfico de cada componente del paisaje y la relación entre cada uno de ellos. La principal limitante fue el uso de diferentes escalas, lo que imposibilitó la presentación de un mapa para la localización geográfica de dichas unidades.

10.2 Las condiciones importantes en la diferenciación paisajística de la cuenca del río San José son las geólogo-geomorfológicas, siendo el principal proceso geomorfológico que define parte de la génesis de las Localidades los volcánico-erosivos, lo que divide al territorio en 11 Localidades y 64 Comarcas. La que presenta la mayor extensión territorial es la Localidad I y la menor extensión la VI.

10.3 La falla de Jocotán es un elemento importante en la diferenciación espacial condicionando las unidades de origen volcánico (I, V, VI, VII, VIII, IX y XII) al sur de la cuenca y las de origen tectónico (II, III, IV) al norte. El resto de las unidades (X y XI) tienen relación con los procesos fluviales provocados por el río San José.

10.4 La alta heterogeneidad paisajística de la cuenca se observa por la alta variedad de los componentes del paisaje: los tipos de relieve presentes, todos los rangos de inclinación posibles, varios suelos; desde los poco evolucionados hasta los maduros, y la variada vegetación y usos del suelo.

10.5 Los paisajes de la cuenca del río San José presentan cierta complejidad, diversidad y heterogeneidad debido al predominio de estructuras montañosas y coinciden con postulados que los podrían definir como sistemas complejos.

10.6 La antropización de los geosistemas en la cuenca, con un predominio del rango bajo de antropización, sugiere que no ha habido cambios profundos de los paisajes naturales debido a las condiciones de poca accesibilidad al agua y al bajo potencial de fertilidad del territorio. El acceso difícil a los geosistemas podría ser un indicador de su bajo grado de antropización y condición natural.

10.7 El grado alto de antropización se encuentra en las Localidades X y XI, las cuales presentan baja inclinación en su territorio y se encuentran expresadas visualmente por elementos urbanos e inexistente cobertura natural de la vegetación.

## 11. Recomendaciones

11.1 Con respecto al método utilizado, es conveniente que cualquier otro estudio que pretenda conocer los paisajes de un territorio, deba tener la información de cada componente del paisaje a una misma escala.

11.2 Analizar la estructura vertical y sus relaciones, además de la horizontal permitiría establecer relaciones de tipo genético entre las unidades y facilitar el estudio del funcionamiento de los paisajes. Esto es vital para analizar la capacidad geoecológica de cada unidad y proponer la planificación del territorio sobre la base de las condiciones naturales impuestas a la sociedad.

11.3 Siendo los paisajes sistemas complejos, es necesario determinar de manera cuantitativa qué tipo de funciones, estructuras y procesos tienden a presentar las características de la complejidad.

11.4 En cuanto se pueda analizar la vegetación potencial de la cuenca el análisis de la antropización de la cobertura vegetal podrá representar de una manera más acertada el estado de ésta.

11.5 Volver a analizar el uso del suelo para presentar un dato más preciso sobre la antropización, debido a que los cambios en el uso del suelo son rápidos y modifican el funcionamiento de los geosistemas además de realizar estudios históricos sobre productos agrícolas, asentamientos, tenencia de la tierra, entre otros para identificar las causas de determinados patrones de antropización.

## 12. Referencias

**Acevedo, P.** 1996. El análisis paisajístico en el sistema insular del archipiélago Sabana-Camagüey. Tesis de Doctor en Ciencias Geográficas. Facultad de Geografía. Universidad de la Habana (Inédito), 136 p.

**Altieri, M.** 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* 74: 19-31.

**Antrop, M.** 1998. Landscape change: plan or chaos? *Landscape and Urban Planning* 41: 155-161.

**Avendaño, C., Avendaño, C.E., García Vettorazzi, M. & M. Cajas.** 2005. Dinámica del uso de la tierra y la conservación de los recursos naturales en la Ecorregión Lachúa. Informe Final Proyecto 120-2003 Fondo Fodecyt. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.

**Avendaño, C.E., Ruiz, I., Ávila, R., López, A., & J. Hernández.** 2007. Manejo de los recursos naturales con enfoque comunitario. Informe Final Proyecto Fodecyt 25-2004. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.

**Avessalomova, I., Petrushina, M. & G. Samoylova.** 2004. Spatial organization of Mountain Landscapes. *Visnyk Lviv University. Serie Geografía* 31: 368-374.

**Bastian, O.** 2001. Landscape Ecology-towards a unified discipline? *Landscape Ecology* 16:757-766.

**Bastian, O.** 2004. Assessment and Classification of Landscapes –Adopting and developing Neef's landscape research in Saxony/Germany. *Vsňik Lviv University Ser.Geogr.* 31: 56-65.

**Bastian, O., Krönert, R., & Z. Lipský.** 2006. Landscape diagnosis on different space and time scales – a challenge for landscape planning. *Landscape Ecology* 21: 359-374.

**Berg, L.S.** 1915. Object and Tasks of Geography. *Traducción:* A. Khoroshev. Proceedings of Russian Geographical Society. Vol. 51, 9: 463-475.

**Bertrand, G.** 2004. Paisaje y Geografía Física Global. Esbozo Metodológico. *Raega* 8: 141-152. Curitiba. Brasil. Editora UFPR. (En portugués).

**Bocco, G., Priego-Santander, A.G. & H. Cotler.** 2005. La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. Experiencias en México. *Gaceta Ecológica* 76: 23-34. INE, México.

**Bolós, María de (Ed.).** 1992. Manual de Ciencia del Paisaje. Editorial Masson. Barcelona, España.

**Boyd, B.** 2007. On “sedentism” in the Later Epipalaeolithic (Natufian) Levant. *World Archaeology* 38: 164-176.

**Chiappy, C., Gama, L., Giddings, L., Rico-Gray, V. & A. Velásquez.** 2000. Caracterización de los paisajes terrestres actuales de la península de Yucatán. *Investigaciones Geográficas* 42: 28-39. UNAM. México.

**Cotler, H. & A.G. Priego-Santander.** 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: el caso de la cuenca Lerma-Chapala. *En*

**Cotler, H.** (comp.) El Manejo Integral de Cuencas en México. SEMARNAT. INE. Mexico. Pag. 63-74.

**Cotler, H.** 2004. La Cuenca Lerma-Chapala: algunas ideas para un antiguo problema. *Gaceta Ecológica* 71: 8. México. INE.

**ESRI.** 1994-2005. ARC View 3.2. ARC Info 8.1 ARC GIS 9.1 Environmental Systems Research Institute. EEUU.

**Fomin, G.N.** 1976. Scientific fundamental and Ways of realization of the General Scheme of Population Distribution in the USSR. *Geoforum* 7: 259-269. Pergamon Press. Reino Unido.

**Forman, R.** 1995. Land Mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.

**Frolova, M.** 2001. Los orígenes de la Ciencia del Paisaje en la Geografía Rusa. *Scripta Nova* 5 (102). Revista Electrónica. Universidad de Barcelona. España.

**García Romero, A. & J. Muñoz.** 2004 El Paisaje en el ámbito de la Geografía. Instituto de Geografía UNAM. México.

**Hasse, G.** 1989. Medium scale landscape classification in the German Democratic Republic. *Landscape Ecology* 3 (1): 29-41.

**Haase, G., D. Haase,** 2002. Approaches and methods of landscape diagnosis. *En:* Bastian, O, Steinhardt, U. & Z. Naveh (eds.) *Development and Perspectives of Landscape Ecology*, Kluwer, pp.113-122.

**Hernández-Trejo, H., Priego-Santander, A.G., López Portillo, J. & E. Isunza Vera.** 2006. Los paisajes físico-geográficos de los Manglares de la Laguna de la Mancha, Veracruz, México. *Interciencia* No.31 3: 211-219. Caracas, Venezuela.

**INAB.** 2001. Ecosistemas Vegetales de Guatemala. Instituto Nacional de Bosques, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.

**Isachenko, A.G.** 1973. *Principles of Landscape Science and Physical Geographic Regionalization.* Melbourne University Press. Australia. 311 Páginas.

**Isachenko, G.A.** 2005. The spatial-functional structure of the Landscape. *En:* A.Szponar & S. Horska-Schwarz. *The problems of landscape ecology.* Vol XVII Wroclaw. Poland. 42-51.

**Justo, R., Mateo, J. & V. Castro.** 2005. *Confeción del Mapa de Paisajes de la Cuenca Hidrográfica Superficial del Río Almendares,* (inédito) Cuba.

**Klijn, F. & H. Udo de Haes.** 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. *Landscape Ecology* 9 (2): 89-104.

**Khoroshev, A.** 2004. Driving Forces of Evolution of Landscape Spatial Pattern. *Visnyk Lviv University. Serie Geografía* 31:215-222.

**Kremsa, V.** 2005. Métodos de Ecología del Paisaje para el desarrollo sustentable de las cuencas hidrológicas (Mexico). *Revista electrónica de la REDLACH*. 2:23-30.

**Leopold, L. Colman, G. & J. Miller.** 1995. Fluvial processes in Geomorphology. Dover Publications EEUU. Cap. 1, 2.

**MAGA.** 2001. Documento Síntesis Plan de Manejo de la Subcuenca del Río San José Guatemala. Proyecto Cuencas Estratégicas de Guatemala. Gobierno de Guatemala. MAGA, BID, CIPREDA. Guatemala. 40 p.

**MAGA.** 2006. Cobertura y Uso del Suelo. Escala 1:50,000. Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. Guatemala.

**Martsinkevich, G. & I. Pirozhnik.** 2007. Physical-Geographical subdivisión of Belarus in decimal system. *En: The role of Landscape studies for Sustainable Development*. Facultad de Geografía y Estudios Regionales. Universidad de Varsovia, Polonia. Pags. 361-369.

**Mateo, J.** 1984. Apuntes sobre Geografía de los Paisajes. Imprenta Andre voisin. La Habana, Cuba. 470p.

**Mateo, J.** 2002. Geografía de los Paisajes. Primera Parte. Paisajes Naturales. La Habana. Cuba.

**Mateo, J. & E. Da Silva.** 2002. La clasificación de paisajes a partir de una visión geosistémica. *Mercator* 1: 95-112. Brasil.

**Menéndez, J.,** 2000. Diagnóstico Geoecológico del Municipio Sagua de Tánamo, Holguín, Cuba. Tesis. Universidad de la Habana, Cuba.

**Morales Iglesias, H.** 2006. Evaluación de la heterogeneidad de los paisajes y su relación con la distribución de la biodiversidad en la Cuenca Lerma – Chapala, México. Tesis Maestría en Geografía. UNAM. México.

**Moss, M.** 2001. Preámbulo. *En* van der Zee, D. and Zonneveld, I.S. (eds.) Landscape ecology applied in land evaluation, development and conservation : Some worldwide selected examples. Enschede : ITC. 412 p. Holanda.

**Naveh, Z., Lieberman, N., Sarmiento, F., Ghera, C. & R. León.** 2004. Ecología del Paisaje. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Argentina. 571 páginas.

**Ochoa-Gaona, S. & M. González-Espinosa.** 2000. Land use and deforestation in the highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography* 20: 17-42.

**Ortega Alba, F.** 1997. Conceptos de paisaje y opciones de intervención. *Cuadernos Geográficos* 26: 153-173. Granada, España.

**Peña Cruz, J. M.,** 1984. Levantamiento semidetallado de Suelos de la Cuenca del Río Grande de Zacapa, Subcuenca del río San José. Tesis Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos.

**Pérez Bol, E.R.** 2000. Léxico Estratigráfico del Bloque Chortí en Guatemala. Tesis de Geología. Centro Universitario del Norte. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. 181 pags.

**Pérez-Trejo, F.** 1993. Landscape response units: process-based self-organising systems. *En*: Haines-Yong, Green & Cousins (eds). Landscape Ecology and GIS. CRC Press. Pags. 87-98.

**Priego-Santander, A.G., Isunza-Vera, E., Luna-González, N. & J.L. Pérez-Damián.** 2003. Mapa de Cuencas Hidrográficas, Ángulo de la pendiente, Red de Drenaje y Disección Vertical de México a escala 1:250,000. INE. México.

**Priego-Santander, A.G.** 2004. Relación entre la Heterogeneidad Geoecológica y la Biodiversidad en Ecosistemas Costeros Tropicales. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología, Xalapa. Veracruz, México, 117p.

**Priego-Santander, A.G., Morales, H. & C. Guadarrama.** 2004a. Los Paisajes Físico-Geográficos de la Cuenca Lerma Chapala. *Gaceta Ecológica* 71: 1-22. INE-SEMARNAT, México.

**Priego-Santander, A.G., Cotler, H., Fragoso, A., Luna, N. & C. Guadarrama.** 2004b. La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta Ecológica* 71: 23-38. INE-SEMARNAT, México.

**Prygogine, I.** 1997. The End of Certainty. Time, Chaos and the New Laws of Nature. Freeman Press. EEUU.

**Quintela, J.** 1995. El inventario, el análisis y el diagnóstico geoecológico de los paisajes. La Habana. Cuba. (Resumen).

**Ramírez-Soto, A.** 2002. Heterogeneidad geoecológica y su relación con la biodiversidad en la reserva de la Biósfera "Mapimí", Durango, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 61 p.

**Richling, A.** 1996. Geocomplexes and their importance for practical purposes. *En:* Department of Geoecology. Faculty of Geography and Regional Studies. University of Warsaw. Varsovia. Polonia. Pags. 31-39.

**Richling, A.** 2006. The Diversity of Landscape in Poland. Proceedings of the XII Conference of Landscape Science. Moscú, Rusia. Pags. 16-17.

**Rougerie, G. & N. Beroutchachvilli.** 1991. Géosystèmes et Paysages. Bilan et méthodes. Editorial Armand Colin. Francia. 302 páginas. (*En francés*)

**Salinas E., Quintela, J.A., González, R. & S. Montiel,** 2001. Ordenamiento Ecológico Territorial Estado de Hidalgo, Periódico Oficial del Estado Tomo CXXXIV No. 14, 2 de Abril del 2001, 473 pp.

**Salinas, E. & J. Quintela.** 2001. Paisajes y Ordenamiento Territorial: Obtención del Mapa de Paisajes del Estado de Hidalgo en México a escala media con el apoyo de los SIG. *Alquila 7:* 517-527. Revista de Investigación del Bajo Segura, España.

**Salitchev, K.** 1979. Cartografía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba. 215 Páginas.

**Shishenko, P.G.** 1988. Estabilidad de los paisajes a las cargas económicas. Geografía Física Aplicada. Editorial de la Escuela Superior, Kiev, Ucrania, 195 p.

**Solntsev, N.A.** 1948. Natural Geographical Landscape and some of its General rules. Proceedings of the Second All Union Geographical Congress. Vol 1. *Traducción:* A. Khoroshev. Moscú.

**Troll, C.** 2003. 1968. Ecología del Paisaje. *Gaceta Ecológica* 68: 71-84. INE-Semarnat. México.

**Urban, D., O'Neill, R. & Shugart, H.** 1987. Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *BioScience*, 37(2): 119-127.

**Villar, L.** 1998. La Flora Silvestre de Guatemala. Editorial Universitaria. Colección Manuales. No.6, 99 p.

**Wicherek, S.** 2007. Rural landscapes of great agricultural plains and sustainable development. *En: The role of Landscape studies for Sustainable Development.* Facultad de Geografía y Estudios Regionales. Universidad de Varsovia, Polonia, pp 587-597.

**Woods, A. & T. Grants.** 2005. Razón y Revolución. Filosofía Marxista y Ciencia Moderna. Editorial Ciencias Sociales. La Habana, Cuba.

**Zonneveld, I.** 1989. The land unit- A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. *Landscape Ecology* 3 (2): 67-86.

## 11. ANEXOS