

Valoración del paisaje de la selva baja caducifolia en la cuenca baja del río Papagayo (Guerrero), México

Arturo García Romero*
Karla Ivette Mendoza Robles*
Leopoldo Galicia Sarmiento*

Recibido: 23 de noviembre de 2004
Aceptado en versión final: 29 de marzo de 2005

Resumen En la actualidad existe un amplio interés por el valor del paisaje como una alternativa de análisis ambiental, sin embargo, esta aproximación ha sido poco utilizada en los ecosistemas de México. El objetivo de este estudio fue determinar el valor del paisaje en la selva baja caducifolia (SBC) de la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. Se realizó una clasificación jerárquica de paisajes y se aplicó un índice de valor del paisaje basado en cuatro indicadores: sensibilidad de laderas, fragmentación, calidad visual y significado social. Los resultados indican que el área está constituida por tres sistemas de paisajes –montañas, lomeríos y llanura aluvial– definidos por cambios morfo-litológicos y bioclimáticos; 17 subsistemas de paisajes y 16 paisajes elementales, definidos por los tipos de vegetación, usos de suelo y niveles de perturbación. El valor del paisaje fue heterogéneo, aunque tiende a ser mayor en los subsistemas montañosos de selvas y bosques, debido a que son más inaccesibles, por lo que el significado social y los niveles de perturbación y fragmentación se reducen. En contraste, los subsistemas de lomeríos con selva baja caducifolia tienen alto significado social debido a la cercanía y accesibilidad, lo cual favorece la intensificación de los usos del suelo, el incremento de la fragmentación y la caída de la calidad visual y del valor natural del paisaje. Si bien, la vegetación secundaria de la SBC (acahual) ha sido valorada por su importancia en los mecanismos de regeneración de las selvas, en este caso obtuvo un valor reducido debido a la intensidad en el manejo de recursos, tanto en el pastoreo, como en la extracción de leña y la producción de carbón. El método implementado en este estudio permite sintetizar el balance entre la degradación ambiental y los caracteres de la apropiación cultural del paisaje en escalas geográficas amplias.

Palabras clave: Ecología del Paisaje, selva baja caducifolia, usos del suelo, fragmentación, valor del paisaje.

Evaluation of tropical deciduous forest landscapes, lower Papagayo river basin (Guerrero), Mexico

Abstract. Actually, there is an extended interest of the landscape value as an alternative of environment analysis, however, it has been few used in ecosystems of Mexico. The objective of this study was to determine the value of the landscape in tropical dry forests of Papagayo low basin, Guerrero, Mexico. The classification of landscapes hierarchy was carried and a quality index based on four indicators was applied: slope's sensitivity, fragmentation, physiognomic quality and social

*Instituto de Geografía, UNAM, Circuito Exterior, Cd. Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: agromero@igiris.igeograf.unam.mx

signify. The results show that the area is constituted by three landscape systems –mountains, hills and alluvial plains– defined by the morpho-structures and bioclimatic changes, 17 landscape subsystems and 16 elemental landscapes, defined by vegetation, land use and perturbation. The landscapes' value is variable, even it has to increase in the mountainous subsystems with tropical dry forests and temperate forests, which are more sensitive and inaccessible, so that the social interest and the fragmentation levels reduce and enable more physiognomic quality. In the hills subsystems with tropical dry forests, the morphology is flat to favor the increase of accessibility and fragmentation, which correlates with changes in the local distribution of the social and economic development. The method allows synthesize the balance among the environmental degradation and the characters of the cultural appropriation of the landscape in large spatial scales.

Key words: Landscape Ecology, tropical dry forest, land use, fragmentation, landscape value.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran interés por los diagnósticos ambientales que evalúan la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas bajo la consideración de los aspectos naturales y culturales que en él convergen (Arler, 2000; O'Neill y Walsh, 2000). El enfoque de la ecología del paisaje hace posible sintetizar e integrar los aspectos estructurales y funcionales del territorio en un momento determinado (Bertrand, 1968; Huggett, 1995; Farina, 1998; García-Romero, 2002; Muñoz, 2002), y su valoración constituye una herramienta útil y rápida para el diagnóstico ambiental con fines de conservación en escalas geográficas amplias. Sin embargo, en el caso de México existen escasos estudios con este enfoque y en ningún caso se tienen referencias de la valoración del paisaje para ecosistemas de selva baja caducifolia (SBC).

La SBC es el ecosistema tropical de mayor extensión a nivel mundial (42%), y en México representa el ~ 60% de la vegetación tropical (Trejo y Dirzo, 2000). Sin embargo, alrededor del 30% de estas selvas presenta algún tipo de perturbación (*Ibid.*). De acuerdo con Maass (1995), para 1980 el 44% de su superficie original había sido transformada a cultivos, matorrales y sabanas, por lo que cada año se pierden 650 mil ha (2% anual). No obstante que existen estudios que evalúan la deforestación de la selva en México (Trejo y Dirzo, 2000), así como sus consecuencias sobre la degradación ambiental y la pérdida de la biodiversidad y endemismos (Maass, 1995), no se tienen referencias de trabajos que analicen

las consecuencias de su transformación bajo el enfoque de la ecología del paisaje.

Dada la complejidad de los sistemas ambientales, el valor del paisaje puede ser obtenido a través del uso de indicadores ambientales (Arler, 2000; O'Neill y Walsh, 2000). Numerosos autores han sugerido que la fragmentación, la deforestación, los aspectos fisonómicos de la vegetación, el ángulo y la longitud de la pendiente y la erosión de suelos pueden ser indicadores de la degradación ambiental y, por lo tanto, del valor del paisaje en escalas geográficas amplias (*Ibid.*). Por ejemplo, independientemente del sistema de manejo de recursos, la morfología de las laderas es un indicador de la sensibilidad del ambiente a escala del paisaje, sobre todo debido a sus implicaciones sobre la estabilidad de laderas, la erosión y pérdida de fertilidad del suelo (Lugo, 1988; Gerrard, 1993). Asimismo, la fragmentación es considerada como una de las consecuencias negativas de la expansión y dinámica del uso del suelo que mayores impactos tiene sobre la degradación ambiental (Farina, 1998) y la calidad escénica del paisaje (Hunziker y Kienast, 1999). Lo anterior se debe a que dicho proceso se relaciona con la subdivisión del paisaje, la reducción del hábitat, la pérdida de biodiversidad y el freno de la resiliencia de los ecosistemas (Bastian y Röder, 1998). Si bien diversos autores señalan la importancia de los criterios formales que se basan en la estructura y la dinámica como base para la evaluación del paisaje (Hunziker y Kienast, 1999), existe también un creciente reconocimiento por la calidad y la belleza escénica del paisaje (Carlson, 1977; Hunziker

y Kienast, 1999; Arler, 2000; O'Neill y Walsh, 2000), considerados como beneficios de la conservación (Ribe, 1994; Hunziker y Kienast, 1999; Arler, 2000; O'Neill y Walsh, 2000). Por otro lado, la vegetación es considerada como un indicador principal de la calidad visual del paisaje (García-Romero, 2002; Onaindia *et al.*, 2004), debido a su amplia distribución y capacidad de respuesta frente a las variaciones ambientales, que se manifiestan en cambios en la composición de especies y en la estructura fisonómica (Van Gils y Van Wijngaarden, 1984; Drdos, 1992).

También los aspectos socio-económicos son relevantes en la valoración del paisaje, debido al creciente papel del hombre en la transformación del ambiente (Scott, 1993; Gragson, 1998) y a sus impactos sobre la conservación, estabilidad y resiliencia del paisaje (Drdos, 1992; Bastian y Röder, 1998; Gragson, 1998; Lavorel, 1999). Además, se ha comprobado que otros aspectos sociales como la realización artística y espiritual, la recreación y el desarrollo intelectual influyen sobre el sentimiento de pertenencia y las formas de apropiación del suelo, por lo cual el paisaje debe ser evaluado en el contexto de las sociedades que lo poseen. En este caso, se considera que los paisajes culturales cumplen una función ambivalente: por una parte, deterioran y fragmentan el medio, al tiempo que representan un valor de calidad que se relaciona con el significado socioeconómico que la sociedad humana les atribuye (Wiersum, 2004).

La cuenca baja del río Papagayo (1 331.9 km²) sostiene un ecosistema tropical perturbado y heterogéneo, que constituye un sistema modelo para la valoración del paisaje desde un enfoque funcional. Se localiza en la vertiente Pacífico de la Sierra Madre del Sur (16° 40' - 17° 15' N y 99° 33' - 99° 36' W), a 50 km al este de la ciudad de Acapulco (Figura 1). La morfología de la cuenca es diversa y consiste en una extensa área montañosa (711.74 km²) y

predominantemente granítica, la cual enmarca el sector más alto y continental de la cuenca, por arriba de los 1 000 msnm. Por debajo de esta cota, la montaña enlaza con extensos lomeríos de gneis (529.07 km²), cuya morfología se torna más suave hacia la costa. Un elemento fundamental del paisaje es la llanura aluvial en torno al cauce principal del río Papagayo (91.169 km²), así como pequeños llanos aluviales dispersos en montañas y lomeríos. Desde el punto de vista bioclimático, la mayor parte del área se ubica dentro de una franja cálido sub-húmeda con vegetación potencial de SBC, que se extiende hasta los 1 200 msnm, aproximadamente. Sobre esta cota el clima se torna templado sub-húmedo y permite la transición a los bosques de pino y de encino. La SBC es similar a la descrita en otras áreas de México y consiste en comunidades caducifolias de amplia diversidad florística y número de endemismos (60% de las especies de selva; Rzedowski, 1991; Trejo y Dirzo, 2000); por ejemplo, predominan las plantas de afinidad neotropical, así como los árboles bajos (8-12 m) que se ramifican a poca distancia del suelo, y con presencia de otras formas de vida como trepadoras y epífitas escasas (Rzedowski, 1988; Challenger 1998).

El poblamiento de la cuenca data de tiempos prehispánicos, y aunque se tiene registro de un periodo de despoblamiento durante la Colonia, a finales del siglo XIX inició un lento proceso de recuperación demográfica que se continuó hasta hace pocas décadas (Delgado *et al.*, 2004). En la actualidad, la población se distribuye en 135 localidades, la mayoría son pueblos y rancherías dedicados al sistema agrícola tradicional de "roza-tumba y quema" para la producción de maíz de uso doméstico (Challenger, 1998). Al igual que en otras áreas del país, la agricultura se combina con la ganadería extensiva de cabras y la extracción de leña, lo cual da como resultado altos

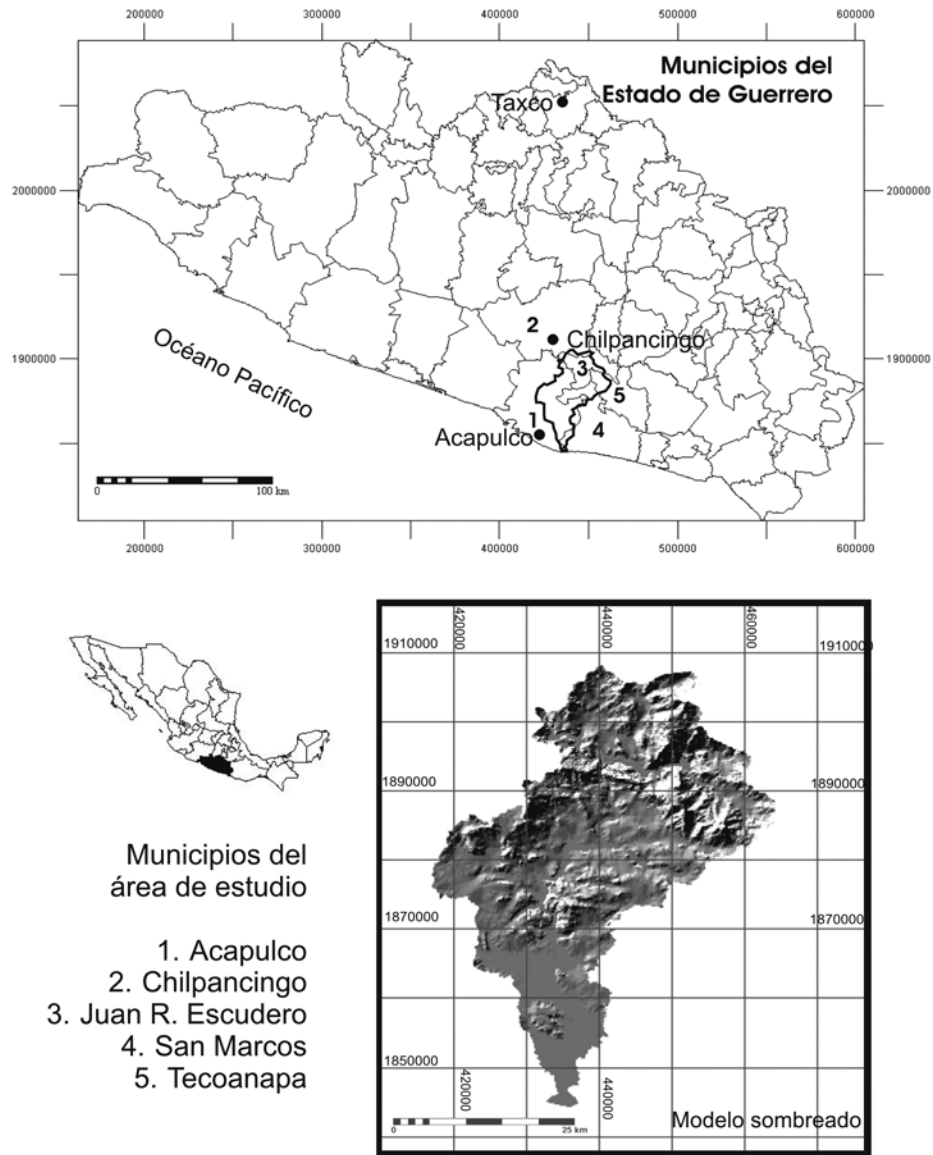


Figura 1. Localización de la cuenca baja del río Papagayo y municipios que la integran.

niveles de deforestación y fragmentación (Rzedowski, 1988; Challenger, 1998), así como la conformación de un complejo mosaico natural, cultural y económico de gran interés paisajístico. El objetivo del trabajo fue determinar el valor del paisaje a partir de un criterio funcional que permite explicar el estado de conservación, la estabilidad y la resiliencia de la SBC en escalas geográficas amplias. Para ello, se aplica un índice del valor del paisaje que integra la acción combinada de cuatro indicadores clave de la variabilidad paisajística: sensibilidad natural de laderas, fragmentación espacial, calidad visual y significado social.

MÉTODOS

Mapa de paisajes

Para la clasificación de los paisajes se utilizó un sistema jerárquico que consiste en tres unidades taxonómicas: sistema de paisajes, subsistema de paisajes y paisaje elemental. La primera se define a partir de rasgos morfolitológicos y climáticos, es decir, variables de amplio rango espacial y temporal (1:50 000-1:100 000), por lo que se le considera como un tipo de paisaje dinámicamente estable (Bertrand, 1968; Zonneveld, 1995; Mateo y Ortiz, 2001).

El subsistema permite diferenciar los paisajes que pertenecen a un mismo ambiente bioclimático, pero que difieren en sus contenidos morfo-litológicos, con consecuencias sobre la distribución de recursos, la sensibilidad de laderas y el patrón de usos del suelo. El mapa de Sistemas y Subsistemas de Paisajes se obtuvo de la integración –en un sistema de información geográfica (SIG)– de dos capas de información (1:50 000): *a*) unidades del relieve, como síntesis de los aspectos morfo-litológicos y climáticos, y *b*) coberturas de uso del suelo y vegetación, consideradas variables dependientes que a esta escala se definen como atributos (Steedman y Haider, 1993).

Para determinar las unidades del relieve se utilizaron variables significativas a escala del paisaje (Gerrard, 1993): altitud, morfología de laderas y litología. Los rangos de altitud se definieron según criterios de Lugo (1988), Díaz *et al.* (1988) y Bocco *et al.* (1999). La litología se obtuvo de la interpretación topográfica (INEGI, 1985a) de los patrones de modelado de vertientes y morfolineamientos asociados a distintos tipos de rocas. La morfología se definió a partir de la correlación (en SIG) entre las pendientes del terreno (en grados) y la energía del relieve –o distancia vertical medida entre las crestas y los fondos de barranco (Lugo, 1988; ITC, 2001).

En este estudio se considera que el subsistema de paisajes no es homogéneo sino que está formado por paisajes elementales, es decir, paisajes de rango inferior que resultan de cambios en las coberturas de vegetación y usos del suelo, y los cuales corresponden con estados específicos de respuesta del subsistema frente a procesos de disturbio y/o regeneración post-disturbio (Bertrand, 1968; Zonneveld, 1995; Farina, 1998; Muñoz, 1998). El mapa se obtuvo en SIG (LWIS ver. 3.0), a partir de la interpretación de fotografías aéreas (1:75 000) del año 1995 y para actualizar la información y cartografiar algunas coberturas difíciles de identificar en las fotografías, se utilizó la imagen de satélite Landsat TM del año 2000. Para ello, las imágenes y las fotografías (en formato digital) fueron rectificadas geométricamente y georreferenciadas a mapas topográficos a escala 1:50 000 (RMSE or Sigma=2; ITC, 2001), y se realizaron pruebas para verificar la correcta sobreposición de las imágenes.

En el caso de la imagen de satélite, las primeras seis bandas fueron remuestreadas (15 m² por pixel) para obtener mejor resolución y se generó una composición en falso color 5/4/1. La clasificación tipológica y es-

pacial se obtuvo mediante un método de tipo visual, que se basa en la aplicación de técnicas directas, asociativas y deductivas para interpretar los "rasgos" (textura, tamaño, sombra, nitidez, densidad, patrón, ubicación y elementos asociados) o características observables de un material o condición que permiten diferenciarlo de otros (Powers y Khon, 1959; Enciso, 1990; Mas y Ramírez, 1996).

Para asegurar la confiabilidad de los resultados nos apoyamos en los criterios de Mas y Ramírez (1996), Arnold (1997) y Slaymaker (2003), quienes sugieren la participación de expertos en la interpretación de comunidades vegetales, amplio conocimiento del ambiente del área de estudio y trabajo de campo, así como la consulta de fuentes bibliográficas y cartográficas para apoyar la correcta toma de decisiones. Para ello, las unidades se verificaron en campo y mediante fotografías tomadas en tierra, video desde helicóptero y cartografía existente (INEGI, 1985b). Adicionalmente, se consultaron diversos indicadores (Slaymaker, 2003): mapas digitales de pendientes, altimétrico y exposición de laderas.

Valoración del paisaje

Para determinar el valor del paisaje se siguió un criterio funcional que considera cuatro indicadores que sintetizan la acción combinada de los factores ambientales: sensibilidad de laderas, fragmentación espacial, calidad visual y significado social del paisaje.

Fragmentación espacial. El análisis parte de la idea de considerar a los paisajes elementales como fragmentos dentro del subsistema de paisajes que los contiene. El mapa de paisajes elementales fue cruzado (en SIG) con el de subsistemas de paisajes y la base de datos fue exportada al programa FragStats (véase el apartado sobre Sistema de paisajes de montaña de granito y gneis con selvas y bosques) para obtener diversas variables de la frag-

mentación: riqueza, número de fragmentos, proporción del área total correspondiente a cada tipo de fragmento, densidad y área promedio.

Calidad visual. Se realizaron 34 inventarios de la vegetación en parcelas cuadrangulares de 100 m², como base para registrar diversos indicadores de la estructura fisonómica de las comunidades: altura promedio (AP), altura máxima promedio (AMP), diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal promedio de árboles y arbustos (ABP), cobertura acumulada promedio (CAP), densidad de individuos/ha promedio (DIHP), número de estratos promedio (NEP) y densidad (D). Este último se calculó según la fórmula propuesta por Matteucci y Colma (1982):

$$D = N / A,$$

donde:

D = densidad de individuos,

N = número de individuos,

A = área de la muestra (100 m²).

Los datos fueron transformados a hectáreas. En el caso de los paisajes que carecen de cobertura vegetal (pueblos, terrazas aluviales, cauce del río, etc.), se utilizaron criterios distintos que consideran la "naturalidad", el valor escénico y la importancia para el equilibrio y la dinámica natural. Los resultados fueron ordenados en una matriz de doble entrada para la clasificación del estado de la vegetación a escala de los paisajes elementales, mientras que para los subsistemas de paisajes se determinaron las coberturas de los paisajes elementales más representativos (> 75 % de la superficie en cada caso).

Significado social. A nivel de subsistemas, el estudio consistió en la realización de inspecciones de campo y en la captura de diversas variables socioeconómicas para 135 localida-

des (INEGI, 2000): población, densidad de población, población económicamente activa (PEA) por sectores, porcentaje del área ocupada por actividades clave de la productividad local (pastizales y plantaciones agroforestales), todos los cuales se analizaron en tablas de doble entrada.

La integración de los resultados obtenidos en los diversos indicadores partió del criterio de considerar que los indicadores no tienen un comportamiento lineal sino complejo (Ministerio de Medio Ambiente, 2000). Por ello, los datos numéricos obtenidos para cada uno de los cuatro indicadores del valor del paisaje fueron reclasificados según una escala ordinal de 1-5 que considera los efectos positivos (significado social y calidad visual) y negativos (fragmentación y sensibilidad) de cada variable sobre el valor del paisaje. Cada nivel de la escala se asoció a un valor cualitativo para facilitar la interpretación de los resultados: *a)* significado social 1 muy bajo, 2 bajo, 3 alto y 4 muy alto; *b)* calidad visual 1 muy bajo, 2 bajo, 3 alto y 4 muy alto; *c)* fragmentación 1 muy baja, 2 baja, 3 alta y 4 muy alta, y *d)* sensibilidad 1 muy alta, 2 alta, 3 media, 4 media y 5 muy baja.

El cálculo del valor del paisaje para cada subsistema se obtuvo de la siguiente expresión:

$$VP = \frac{CV \times SS}{8} - \frac{FT \times SN}{9} \times 100$$

donde:

VP = valor del paisaje,

CV = calidad visual,

SS = significado social,

FT = fragmentación,

SN = sensibilidad de laderas. 8 y 9 son la suma de los valores máximos de las clases.

Los valores positivos indican un mayor valor del paisaje.

Resultados

Sistema de paisajes de montaña de granito y gneis con selvas y bosques

El área de estudio comprende tres sistemas de paisajes y 17 subsistemas de paisajes (Figuras 2 y 3). El sistema de paisajes de montaña incluye a 11 subsistemas, de los cuales la Sub-montaña moderada de granito con selva muy abierta es la unidad más extensa (15.1% del área total), en tanto que seis unidades representan menos del 5% del área cada una. Con excepción de las submontañas, las demás unidades se distribuyen sobre un escalón altitudinal (en torno a 1 000 msnm) que forma un importante umbral bioclimático, sobre el cual las precipitaciones superan los 800 mm/año y la temperatura media anual se coloca por debajo de los 22° C.

Si bien las selvas bajas son la vegetación predominante, en algunas montañas se define un ecotono entre las selvas y bosques de pino-encino. No obstante que la accesibilidad está limitada por efecto de una morfología abrupta (pendiente = 45° y energía del relieve >100 m), los bosques (>75% de las superficies) se caracterizan por una notable perturbación de los sotobosques, principalmente en submontañas y valles.

Sistema de paisajes de los lomeríos altos, medios y bajos de gneis con selva baja caducifolia

Por debajo de la cota de los 400 msnm, las montañas enlazan con extensos campos de lomeríos que se extienden 50 km, hasta la costa. El relieve se caracteriza por lomas circulares de gneis que se originaron por la disección de antiguas planicies submarinas levantadas y plegadas (Hernández-Santana y Ortiz, 2005). La morfología de las lomas es suave y homogénea (pendiente <30° y energía del relieve < 20 m), aunque tiende a ser

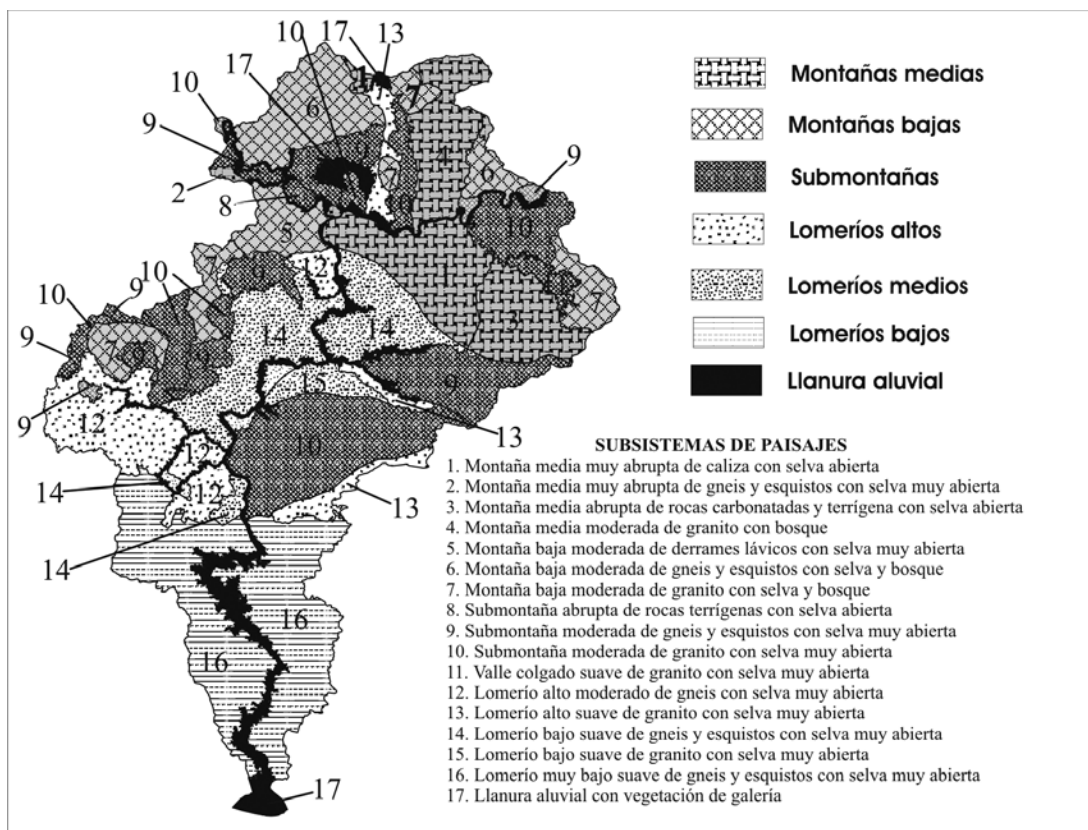


Figura 2. Subsistemas de paisajes de la cuenca baja del río Papagayo. Los colores agrupan a subsistemas que comparten un mismo tipo de relieve.

abrupta conforme se incrementa la altitud al interior del continente.

De esta forma, la diversidad de subsistemas de paisajes se debe a diferencias altitudinales, morfológicas y litológicas que se correlacionan con cambios en la sensibilidad de las laderas. A diferencia del sistema de montaña, la morfología suave de las lomas favorece la accesibilidad, la expansión de los usos del suelo, la deforestación y la expansión de las coberturas secundarias (de 64 a 82%) en todos los subsistemas de paisajes.

Sistema de paisajes de llanura aluvial con vegetación de galería

La acumulación de aluviones cuaternarios en terrazas y abanicos aluviales del curso

medio y bajo del río –desde la costa del Pacífico y a lo largo del afluente principal– ha permitido la formación de paisajes excepcionales, cuyo sistema natural y socio-económico es funcionalmente distinto a los sistemas de las montañas y lomeríos. La morfología llana (pendiente 0 - 15°), baja energía del relieve (0- 10 m) y disponibilidad de agua favorecen los cultivos permanentes, la extracción de líticos en terrazas activas y el uso habitacional en los lomeríos próximos al eje del río Papagayo.

Estos usos del suelo han repercutido en graves daños por contaminación del agua y eliminación de las coberturas vegetales (el 65% corresponde a vegetación secundaria).

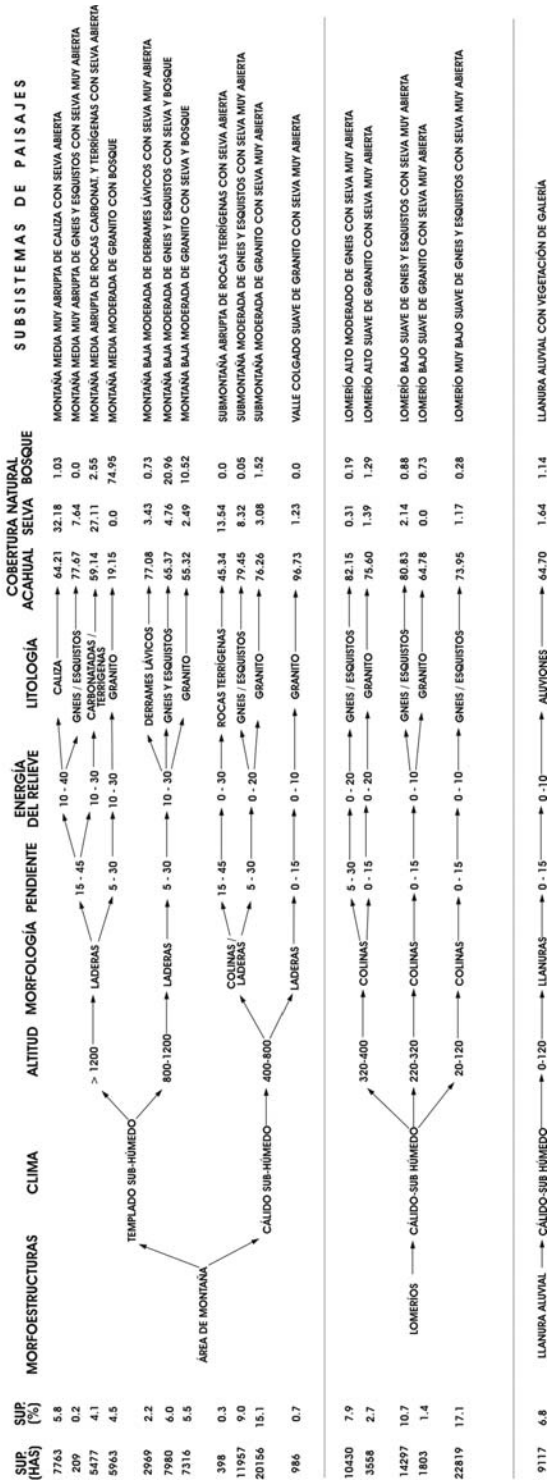


Figura 3. Estructura ambiental de los 17 subistemas de la cuenca baja del río Papagayo.

Sensibilidad de laderas

La sensibilidad natural de las laderas a desarrollar procesos erosivos se obtuvo a partir de la relación combinada entre la pendiente y la energía del relieve. Los datos

se reagruparon en cuatro clases de sensibilidad: muy baja (pendiente = $< 3^\circ$ y energía del relieve = 0 m), baja (0° a 5° y < 35 m), media (0° a 15° y < 60 m), alta (5° a 30° y > 50 m) y muy alta (15° a 45° y > 110 m). Como es de esperar, la mayor sensi-

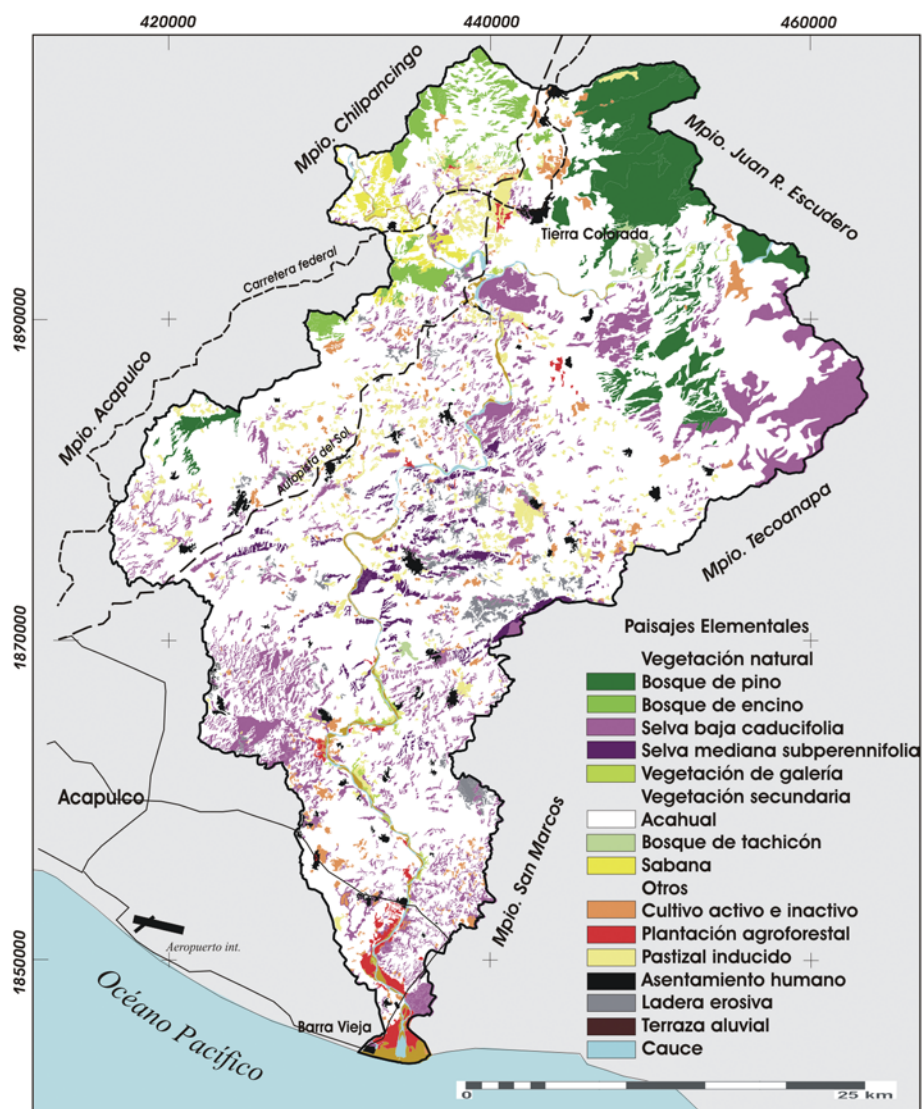


Figura 4. Distribución de los paisajes elementales en la cuenca baja del río Papagayo.

bilidad correspondió con las submontañas y montañas medias y muy abruptas, además de la llanura aluvial que está afectada por procesos de escorrentía intensos. Por su parte, los valores medios y bajos de sensibilidad coinciden con montañas bajas de morfología moderada y con todos los lomeríos.

Fragmentación del paisaje

Se identificaron 16 clases de Paisaje Elemental que se distribuyen en 3 108 fragmentos (Figura 4). Dada la diversidad de factores naturales y culturales que intervienen en el proceso de fragmentación el comportamiento de los indicadores no es lineal y, por eso, sólo la densidad de fragmentos, el tamaño medio del fragmento y la riqueza de paisajes se utilizaron como indicadores para clasificar la fragmentación en cuatro tipos: muy alta, alta, baja y muy baja (Tabla 1).

La clase de fragmentación muy alta representa el 28.01% del área e incluye seis subsistemas de lomeríos bajos, muy bajos y llanuras que se caracterizan por una alta accesibilidad y desarrollo agropecuario; asimismo, algunos subsistemas montañosos y de morfología moderada a abrupta mostraron un alto grado de fragmentación (Tabla 1). En todos ellos, la densidad de fragmentos es de 0.5 a 1.63/100 ha y el tamaño medio del fragmento es inferior a 20 ha y en algunos casos a 10 ha. La riqueza de paisajes es de 5 a 15, aunque como es normal, este dato varía en función de las dimensiones de cada sistema, siendo la unidad de mayor riqueza la Llanura aluvial con vegetación de galería (15 tipos de paisajes).

La clase de fragmentación alta abarca una superficie equivalente al 36.2% del total e incluye cinco subsistemas de paisajes que se caracterizan por ser montañas bajas, submontañas y lomeríos de relieves

Tabla 1. Fragmentación espacial y composición de los subsistemas de paisajes

No.	Subsistema de paisajes	Área (ha)	% Área Total	Número Frag.	Densidad (100 ha)	Riqueza	Tamaño Máximo	Tamaño Mínimo	Tamaño Medio	Clase
1	Montaña media muy abrupta de calizas con selva abierta	7762.5	5.83	219	0.28	11	4503.79	0.0312	35.94	Baja
2	Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta	209.2	0.16	22	1.05	5	159.29	0.0312	9.96	Muy alta
3	Montaña media abrupta de rocas carbonatadas y terrígenas con selva abierta	5477.4	4.11	55	0.10	7	3228.09	0.0312	101.43	Muy baja
4	Montaña media moderada de granito con bosque	5962.9	4.48	62	0.10	7	4427.45	0.0312	97.75	Muy baja
5	Montaña baja moderada de gneis y esquistos con selva y bosque	7979.5	5.99	471	0.59	14	4292.74	0.0312	16.98	Alta
6	Montaña baja moderada de granito con selva y bosque	7316.3	5.49	161	0.22	10	1386.16	0.0312	45.72	Baja
7	Montaña baja moderada de derrames lávicos con selva muy abierta	2968.7	2.23	181	0.61	11	1398.77	0.0312	16.49	Muy alta
8	Submontaña moderada de gneis y esquistos con selva muy abierta	11957	8.98	650	0.54	14	4480.94	0.0312	18.60	Alta
9	Submontaña moderada de granito con selva muy abierta	20156	15.13	774	0.38	15	7709.71	0.0312	26.11	Baja
10	Submontaña abrupta de rocas terrígenas con selva abierta	398.38	0.30	26	0.65	8	173.31	0.0312	15.94	Muy alta
11	Valle colgado suave de granito con selva muy abierta	986.17	0.74	6	0.06	2	954.35	0.7421	197.23	Muy baja
12	Lomerío alto moderado de gneis y esquistos con selva muy abierta	10430	7.83	489	0.47	11	5573.33	0.0312	21.42	Alta
13	Lomerío alto suave de granito con selva muy abierta	3557.9	2.67	172	0.48	11	988.36	0.0312	20.81	Alta
14	Lomerío bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	14297	10.73	815	0.57	13	6271.96	0.0312	17.59	Alta
15	Lomerío bajo suave de granito con selva muy abierta	1803	1.35	191	1.06	10	1058.25	0.0312	9.49	Muy alta
16	Lomerío muy bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	22819	17.13	1729	0.76	12	8072.03	0.0312	13.21	Muy alta
17	Llanura aluvial con vegetación de galería	9116.9	6.84	1482	1.63	15	617.89	0.0312	6.17	Muy alta

abruptos, donde la densidad de fragmentos se aproxima al 0.5/100 ha. El tamaño medio del fragmento sigue siendo pequeño y salvo escasas excepciones no sobrepasa de 20 ha. Otros indicadores como la riqueza y el tamaño mínimo de fragmento se mantienen similares al caso anterior (Tabla 1).

La clase de fragmentación baja representa el 26.45% del área total e incluye tres subsistemas de paisajes montañosos de la parte media y alta de la cuenca. Se caracterizan por menor densidad de fragmentos ($< 0.5/100$ ha) y mayor tamaño medio del fragmento (30 a 50 ha), aunque la riqueza se mantiene similar a los casos anteriores (10 a 15 tipos de paisajes). Finalmente, la clase de muy baja fragmentación incluye sólo a tres subsistemas de paisajes (9.33% del total) de montañas medias y el valle colgado. Las diferencias respecto de las clases anteriores son notables, ya que la densidad de fragmentos disminuye a 0.1/100 ha y el

tamaño medio del fragmento se incrementa a más de 100 ha, con consecuencias sobre la disminución de la riqueza de fragmentos.

Calidad visual del paisaje

La Figura 5 muestra los resultados del análisis de siete variables de la vegetación que se utilizaron para evaluar la calidad visual de los paisajes elementales. La selva mediana sub-perennifolia y el bosque de tachicón y nanche, fueron clasificados con alta calidad visual. Ambos casos obtuvieron valores altos de diámetro a la altura del pecho (DAP = 19.54 cm y 14.2 cm), altura promedio (AP= 8.80 m y 5.20 m) y área basal promedio (ABP= 868.92 y 243.12). Además, esta selva obtuvo la mayor altura máxima promedio (AMP= 21.33 m).

No obstante que la vegetación de galería forma comunidades de alta talla (AMP = 11.00 m), obtuvo valores medios a bajos en

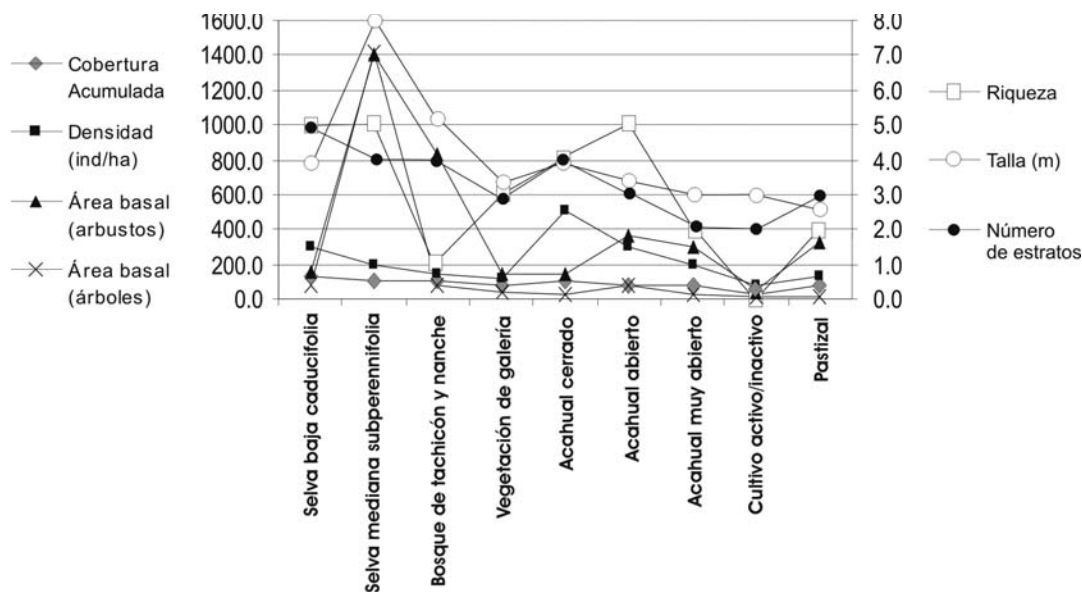


Figura 5. Variabilidad de la riqueza y estructura fisonómica de la vegetación en nueve clases de paisajes elementales.

todas las demás variables, por lo que fue clasificada como de alta calidad visual. También la SBC, que obtuvo valores altos de NEP = 4.50, CAP = 125% y DIHP = 301, destacó por valores intermedios de DAP=7.78 cm, AP =3.97 m, ABP=100.27 y AMP =8.72 m, es decir, comunidades densas pero con individuos de menor talla y cobertura/área basal que en el caso de los bosques, por lo cual, se consideró como de alta calidad visual.

Los acahuales formaron comunidades menos altas (AP= 3.04-3.98 m y, AMP= 6.21-10.70 m) y de menor ABP= 45.44-97.16, por lo que fueron calificados como de baja calidad visual. Una diferencia notable se dio entre los acahuales cerrados/abiertos, que obtuvieron alta DIHP (506 y 296, respectivamente) y los acahuales muy abiertos, que mostraron valores bajos en todas las variables. Por su parte, los cultivos obtuvieron muy baja calidad visual debido a valores bajos en la mayor parte de las variables (DAP = 5.40 cm, AMP = 3.00 m, NEP = 2, CAP = 21.50, ABP = 30.98 y, DIHP=75), mientras que los pastizales obtuvieron baja calidad visual debido a valores altos de CAP=81.50% y ABP= 204 m², así como a una mayor permanencia de la productividad en el ciclo anual (Figura 5).

La Tabla 2 muestra la clasificación de los subsistemas del paisaje en función de los paisajes de distinta calidad que los forman. Los subsistemas de muy alta calidad visual representan el 14.36% del área total y se caracterizan por montañas medias, bajas y submontañas. No obstante el evidente deterioro, los paisajes de alta calidad visual –como las selvas y las terrazas del río– pueden superar el 50% de las superficies. Los subsistemas de alta calidad visual abarcan una superficie similar a la anterior (14%) e incluyen montañas, lomeríos y llanuras que se caracterizan por el predominio de paisajes secundarios que pueden superar el 60% de las superficies (Tabla 2).

La clase de baja calidad visual es la más representativa (52% del área total) e incluye siete subsistemas que se caracterizan por el predominio (75%) de acahuales arbustivos. Finalmente, la clase de muy baja calidad visual representa el 19.31% del territorio e incluye tres subsistemas de paisajes, entre lomeríos y valles que se caracterizan por los más altos porcentajes de coberturas secundarias asociadas a la perturbación (> 80%) y bajos de coberturas naturales (< 5%; Tabla 2).

Significado social

La Tabla 3 muestra la clasificación de los subsistemas de paisajes, en función del significado social atribuido a su nivel de desarrollo poblacional y económico. La clase de muy alto significado social representa el 25.76% del área e incluye submontañas, valles, lomeríos y llanuras que se caracterizan por el más amplio desarrollo poblacional (10 a 26 hab/ha y 4 a 23 localidades). Aunque este desarrollo se relaciona con altos porcentajes de la población económicamente activa (PEA) en los sectores secundario (6 a 22%) y terciario (9 a 49%), cabe señalar un alto valor del paisaje producto del interés por las actividades agropecuarias (27 a 83%). En la llanura aluvial se tiene 9.20% de superficie en cultivos o pastizales y 3.54% en plantaciones agroforestales.

La clase de alto significado social representa cerca de la mitad del área de estudio (45.98%) e incluye cinco subsistemas de lomeríos y submontañas, donde la densidad de población es sensiblemente inferior al caso anterior (4 a 6 hab/ha), no así el número de localidades que se mantiene alto (6 a 25).

Los mayores valores obtenidos por la PEA en los sectores secundario (6 a 23%) y terciario (8 a 28%) se ubican por debajo de la PEA del sector primario (47 a 83%), lo cual se explica por ser una población menos numerosa, aunque más dependiente de las actividades agropecuarias. Los cultivos o pastizales y las plantaciones ocupan

Tabla 2. Calidad visual de los subsistemas de paisajes

No.	Subsistema de paisaje																	Clase
		Sbab	Ah	Be	Bp	Bc	Ca	C	Cab	Le	Cp	Pa	Vg	Sbar	Sm	Tad		
1	Montaña media muy abrupta de calizas con selva abierta	64.21	0.39	1.03	0	0	0.12	0.03	0.21	0	1.30	0.02	0	32.18	0	0	Alto	
2	Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta	77.67	0	0	0	0	0	0	0	0	3.46	0	10.96	7.64	0	0.27	Bajo	
3	Montaña media abrupta de rocas carbonatadas y terrigenas con selva abierta	59.14	0	0	2.55	0	0	0.35	0.03	0	10.81	0	0	27.11	0	0	Muy alto	
4	Montaña media moderada de granito con bosque	19.15	0.58	0	74.95	3.78	0.07	0.17	0	0	1.32	0	0	0	0	0.04	Muy alto	
5	Montaña baja moderada de derrames lávicos con selva muy abierta	77.08	0.16	0.65	0.08	0	0.21	0	0.99	2.46	7.19	2.60	4.01	1.99	1.44	0.77	Bajo	
6	Montaña baja moderada de gneis y esquistos con selva y bosque	65.37	0.06	13.86	7.10	0	0.05	0.70	1.00	0.08	3.08	0.09	3.70	4.76	0	0.03	Bajo	
7	Montaña baja moderada de granito con selva y bosque	55.32	3.37	0	10.52	0	0.08	0.16	1.81	0	24.07	0.42	1.36	2.10	0.39	0.19	Muy alto	
8	Submontaña abrupta de rocas terrigenas con selva abierta	45.34	0.13	0	0	0	0	0	0.71	0	0	0	38.69	13.54	0	0.41	Muy alto	
9	Submontaña moderada de gneis y esquistos con selva muy abierta	79.45	1.44	0	0.05	0	0.03	0.06	1.77	0	9.69	1.17	1.10	2.60	1.22	0.69	Bajo	
10	Submontaña moderada de granito con selva muy abierta	76.26	0.28	0	1.52	0	0.02	0.01	1.39	0	8.04	3.38	1.13	2.38	0.71	3.71	Bajo	
11	Valle colgado suave de granito con selva muy abierta	96.73	0	0	0	0	0	0	0	0	2.04	0	0	1.23	0	0	Muy bajo	
12	Lomerío alto moderado de gneis y esquistos con selva muy abierta	82.15	0.12	0	0.19	0	0	0	0	0	11.49	2.32	0.59	0.25	0.06	1.27	Muy bajo	
13	Lomerío alto suave de granito con selva muy abierta	75.60	1.68	0	1.29	0	0	0.05	3.60	0	12.76	2.01	0.45	1.26	0.13	0.28	Bajo	
14	Lomerío bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	80.83	0.24	0	0.88	0.04	0	0.01	0.51	0	10.15	3.01	1.00	1.56	0.58	0.40	Muy bajo	
15	Lomerío bajo suave de granito con selva muy abierta	64.78	0	0	0.73	0	0	0	0	0	13.20	8.13	1.07	0	0	10.24	Alto	
16	Lomerío muy bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	73.95	0	0	0.28	0.44	0	0.14	0.03	0	17.47	0.77	2.18	0	1.17	1.52	Bajo	
17	Llanura aluvial con vegetación de galería	64.70	2.14	0	1.13	7.67	0.11	1.46	0.11	0.03	9.20	3.54	1.82	1.20	0.44	1.67	Alto	

Calidad Fisonómica: (MA) muy alta, (A) alta, (B) baja, (MB) muy baja

Paisajes Elementales: (Shab) Selva baja caducifolia arbustiva, (Ah) Asentamiento humano, (Be) Bosque de encino, (Bp) Bosque de pino, (Bc) Bosque de tadicón (*Curatella americana*)

(Ca) Cauce, (C) Cultivo, (Cab) Cultivo abandonado, (Le) Ladera erosiva, (Cp) Cultivo o pastizal, (Pa) Plantación agroforestal, (Vg) Vegetación de galería,

(Sbar) Selva baja caducifolia arborea, (Sm) Selva mediana, (Tad) Terraza aluvial desnuda.

Tabla 3. Significado social de los subsistemas de paisajes, (PEASP) población económicamente activa en sector primario, (PEASS) población económicamente activa en sector secundario, (PEAST) población económicamente activa en sector terciario, (PEAO) población económicamente activa ocupada, (Pa) superficie de pastizal, (Paf) superficie de plantaciones agroforestales

No.	Subsistema de paisaje	Hab/ha	Num. de localidades	PEASP		PEASS		PEAST		PEAO		Pa		Paf		Clase
				Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	ha	Total	ha	
1	Montaña media muy abrupta de calizas con selva abierta	1	2	602	134	77.01	15	8.62	25	14.37	174	1.30	0.02			Bajo
2	Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.46	0			Muy bajo
3	Montaña media abrupta de rocas carbonatadas y terrigenas con selva abierta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.81	0			Muy bajo
4	Montaña media moderada de granito con bosque	1	3	428	53	81.54	5	7.69	7	10.77	65	1.32	0			Bajo
5	Montaña baja moderada de derrames lávicos con selva muy abierta	1	2	399	67	68.37	8	8.16	23	23.47	98	7.19	2.60			Bajo
6	Montaña baja moderada de gneis y esquistos con selva y bosque	1	4	1039	222	68.52	88	27.16	14	4.32	324	3.08	0.09			Bajo
7	Montaña baja moderada de granito con selva y bosque	1	1	400	118	83.10	13	9.15	11	7.75	142	24.07	0.42			Bajo
8	Submontaña abrupta de rocas terrigenas con selva abierta	4	1	159	26	78.79	2	6.06	5	15.15	33	0	0			Alto
9	Submontaña moderada de gneis y esquistos con selva muy abierta	17	17	20800	1542	33.10	803	17.24	2314	49.67	4659	9.69	1.17			Muy alto
10	Submontaña moderada de granito con selva muy abierta	4	20	7581	1232	83.53	125	8.47	118	8.00	1475	8.04	3.38			Alto
11	Valle colgado suave de granito con selva muy abierta	26	4	2545	576	83.24	48	6.94	68	9.83	692	2.04	0			Muy alto
12	Lomerío alto moderado de gneis y esquistos con selva muy abierta	11	11	11132	794	27.66	643	22.40	1434	49.95	2871	11.49	2.32			Muy alto
13	Lomerío alto suave de granito con selva muy abierta	4	6	1529	377	74.07	91	17.88	41	8.06	509	12.76	2.01			Alto
14	Lomerío bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	5	12	6859	1025	68.70	142	9.52	325	21.78	1492	10.15	3.01			Alto
15	Lomerío bajo suave de granito con selva muy abierta	12	4	2145	327	81.95	30	7.52	42	10.53	399	13.20	8.13			Muy alto
16	Lomerío muy bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	6	25	14200	1671	47.73	840	23.99	990	28.28	3501	17.47	0.77			Alto
17	Llanura aluvial con vegetación de galería	10	23	9172	1255	54.47	341	14.80	708	30.73	2304	9.20	3.54			Muy alto

superficies menores que en el caso anterior (Tabla 3).

La clase de bajo significado social tiene una superficie que equivale al 24% del total e incluye cinco subsistemas de montañas medias y bajas con morfología moderada a abrupta, donde el desarrollo poblacional es bajo (1 hab/ha y 1 a 4 localidades). La PEA comprende las actividades primarias, en primer término agrícolas y luego pecuarias y forestales, siendo muy escasas las plantaciones ($= < 3$ ha por sistema), que se distribuyen en pequeños claros al interior de los bosques y selvas (Tabla 3).

La clase de muy bajo significado social del paisaje abarca una superficie equivalente al 4.27% del total e incluye dos subsistemas de paisajes (Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta y, Montaña media abrupta de rocas carbonatadas y terrígenas con selva abierta), los cuales se caracterizan por estar deshabitados y carecer de un desarrollo agropecuario, debido a lo cual, no hay un interés social directo asociado a estos paisajes.

El valor del paisaje

La Tabla 4 muestra la clasificación de los subsistemas en función del valor de sus paisajes. Los resultados muestran que los valores generales oscilan entre -19.44 y 22.78. Los valores positivos indican mayor valor del paisaje y los negativos menor valor. Con la finalidad de sintetizar los resultados, los datos fueron agrupados en cuatro clases de distinto valor: muy alto (de 3.93 a 22.78), alto (de 0.21 a -2.71), bajo (de -4.54 a -11.68) y muy bajo (de -13.49 a -19.44).

La clase de muy alto valor del paisaje comprende siete subsistemas que se concentran en los sectores de montaña media. La escasa accesibilidad y desarrollo agropecuario se relacionan de manera directa con bajos niveles de fragmentación (1 a 4) y con el predominio de paisajes de alta y muy alta calidad visual,

no obstante lo cual, en la mitad de los casos estos subsistemas tienen alto significado social (valor de 4), que se correlaciona con valores altos de densidad de población. Además, en todos los casos el valor del paisaje se incrementa en relación directa con la morfología abrupta e inestable, factor que incrementa la fragilidad del paisaje (1 a 3).

La clase de alto valor del paisaje incluye tres subsistemas, tanto de montañas, como de lomeríos y llanuras. Los resultados sugieren que estos subsistemas son complejos y responden a datos diversos que pudieran parecer contradictorios entre los cuatro indicadores analizados. En los casos de la Submontaña moderada de granito con selva muy abierta y del Lomerío alto suave de granito con selva muy abierta, donde la calidad visual fue calificada como baja (valor de 1), se trata de subsistemas con amplio significado social por los aspectos económicos vinculados al desarrollo agropecuario local. En otro caso, la Llanura aluvial con vegetación de galería, mostró valores altos y muy altos de calidad visual (valor de 3) y significado social (valor de 4).

La clase de bajo valor del paisaje incluye a tres subsistemas que se caracterizan por actividades pecuarias más intensas que se manifiestan con el aclareo derivado del ramoneo caprino. El patrón de fragmentación es cerrado (3 a 4) e incluye selvas arbóreas y arbustivas que limitan la calidad visual (1 a 2). Como es de esperar, el significado social de estos paisajes es alto (valor de 3), a excepción de la Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta, donde la baja densidad de población supone un significado social muy bajo. La sensibilidad varía (1 a 3), aunque tiende a incrementarse en el subsistema montañoso.

La clase de muy bajo valor del paisaje incluye a cuatro subsistemas de montañas bajas y lomeríos. La intensificación de los procesos agropecuarios se correlaciona con un patrón de fragmentación cerrado (de 3

Tabla 4. Valoración de los subsistemas de paisajes

No.	Sistema de paisaje	Calidad visual		Significado social		Fragmentación		Sensibilidad		VSP	
		Categoría	Valor num.	Categoría	Valor num.	Categoría	Valor num.	Categoría	Valor num.	Valor num.	Categoría
1	Montaña media muy abrupta de calizas con selva abierta	Alto	3	Bajo	2	Baja	2	Muy alta	1	14.91	Muy alto
2	Montaña media muy abrupta de gneis y esquistos con selva muy abierta	Bajo	2	Muy bajo	1	Muy alta	4	Muy alta	1	-4.54	Bajo
3	Montaña media abrupta de rocas carbonatadas y terrígenos con selva abierta	Muy alto	4	Muy bajo	1	Muy baja	1	Alta	2	9.29	Muy alto
4	Montaña media moderada de granito con bosque	Muy alto	4	Bajo	2	Muy baja	1	Baja	4	13.13	Muy alto
5	Montaña baja moderada de derrames lávicos con selva muy abierta	Bajo	2	Bajo	2	Muy alta	4	Baja	4	-19.44	Muy bajo
6	Montaña baja moderada de gneis y esquistos con selva y bosque	Bajo	2	Bajo	2	Alta	3	Baja	4	-13.49	Muy bajo
7	Montaña baja moderada de granito con selva y bosque	Muy alto	4	Bajo	2	Baja	2	Baja	4	3.93	Muy alto
8	Submontaña abrupta de rocas terrígenas con selva abierta	Bajo	2	Alto	3	Muy alta	4	Baja	4	-13.83	Muy bajo
9	Submontaña moderada de gneis y esquistos con selva muy abierta	Muy alto	4	Muy alto	4	Alta	3	Alta	2	22.78	Muy alto
10	Submontaña moderada de granito con selva muy abierta	Bajo	2	Alto	3	Baja	2	Baja	4	-0.81	Alto
11	Valle colgado suave de granito con selva muy abierta	Muy bajo	1	Muy alto	4	Muy baja	1	Media	3	5.75	Muy alto
12	Lomerío alto moderado de gneis y esquistos con selva muy abierta	Muy bajo	1	Muy alto	4	Alta	3	Baja	4	-13.49	Muy bajo
13	Lomerío alto suave de granito con selva muy abierta	Bajo	2	Alto	3	Alta	3	Media	3	-2.71	Alto
14	Lomerío bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	Muy bajo	1	Alto	3	Alta	3	Media	3	-11.68	Bajo
15	Lomerío bajo suave de granito con selva muy abierta	Alto	3	Muy alto	4	Muy alta	4	Media	3	4.81	Muy alto
16	Lomerío muy bajo suave de gneis y esquistos con selva muy abierta	Bajo	2	Alto	3	Muy alta	4	Media	3	-7.87	Bajo
17	Llanura aluvial con vegetación de galería	Alto	3	Muy alto	4	Muy alta	4	Muy alta	1	0.21	Alto

(VSP) Valor del paisaje obtenido por subsistema.

y 4), en el que predominan extensos fragmentos de selvas arbustivas muy abiertas que limitan la recuperación ambiental y del valor del paisaje. A excepción de las montañas, el significado social tiende a ser alto (valor 3) en sub-montañas y lomeríos, con consecuencias sobre la sensibilidad de laderas (3 a 4) y la erosión del suelo.

DISCUSIÓN

El valor del paisaje de la cuenca baja del río Papagayo se obtuvo con cuatro indicadores (sensibilidad de laderas, fragmentación espacial, calidad visual y significado social del paisaje) que permitieron determinar la variabilidad de los cambios estructurales y funcionales del ambiente. Los resultados fueron complejos debido a que los indicadores se distribuyen de manera heterogénea y generan una marcada variación espacial en el valor del paisaje. Esta situación es similar a la reportada en otros estudios que reconocen que la complejidad de la valoración del paisaje se incrementa cuando la interpretación es amplia e incluye diversas perspectivas, como la ecológica, la económica, la cultural o la estética (Hunziker y Kienast, 1999). En este caso, los indicadores involucran procesos contrarios que abarcan, tanto los cambios en la intensificación de los usos del suelo, como su influencia positiva o negativa sobre la estructura y la dinámica del ambiente natural (Arler, 2000; O'Neill y Wals, 2000).

No obstante la diversidad de tendencias en los resultados, fue posible determinar que las características del relieve y la fragmentación son los principales factores que influyen en el valor del paisaje. La importancia del relieve se explica debido a que la sensibilidad morfológica de las laderas tiene implicaciones sobre la distribución de los tipos e intensidades del uso del suelo, como ha sido reportado para otras áreas de SBC (Burgos y Maass, 2004; Trejo y Dirzo, 2000). Por ejemplo, en los subsistemas de montañas de morfología

abrupta (pendiente $> 45^\circ$ y energía del relieve de 30 a 40 m), el relieve limita la accesibilidad y la disponibilidad de los recursos. Por ello, el sistema de usos del suelo es forestal y se caracteriza por una limitada conversión de la vegetación primaria a coberturas agropecuarias y asentamientos humanos. El patrón de fragmentación consiste en extensos bosques maduros, mezclados con pequeñas áreas agrícolas y matorrales en diversos estadios sucesionales, que confieren al conjunto de una alta calidad visual y valor paisajístico.

A diferencia de las montañas, en los subsistemas de lomeríos con SBC la accesibilidad y la cercanía a los asentamientos humanos se incrementan y permiten mayor expansión de los usos del suelo. El patrón de fragmentación se caracteriza por pequeños rodales de bosque, inmersos en extensos acahuales y parcelas agrícolas –activas e inactivas (Lambin *et al.*, 2002; Turner, 1989). El patrón es muy dinámico debido al repetido uso y abandono de los acahuales para la producción agrícola y ganadera, lo cual permite cambios constantes entre las coberturas, limita la recuperación forestal e incrementa la intensificación del uso y la permanencia de las coberturas secundarias (matorrales) en amplias extensiones, con consecuencias sobre la caída en el valor del paisaje.

Este patrón de fragmentación es resultado de un sistema de usos que es similar al reportado en otras áreas tropicales y consiste en la agricultura de temporal combinada con ganadería extensiva de caprinos, la cual es considerada por diversos autores como una marca de prestigio social que depende del tamaño de los hatos (Maass, 1995; Burgos y Maass, 2004). De manera contraria a otros casos, la extracción de leña para uso doméstico y comercial continúa siendo una actividad común en el área (Maass, 1995). Además de las limitantes naturales –principalmente escasez de agua– que caracterizan a los ecosistemas secos

(Joyce *et al.*, 1999), la nula participación de capital externo y del desarrollo tecnológico (fertilizantes, maquinaria, semillas mejoradas, etc.) limitan la producción, que se basa en la fuerza de labor y el fuego como principales herramientas de trabajo. Las actividades económicas continúan subordinadas a eventos naturales extremos, principalmente sequías e incendios (*Ibid.*) que pueden ser catalizadores de pobreza, emigración y degradación ambiental.

En contraste a la homogeneidad de los lomeríos, la llanura aluvial en torno al curso del río Papagayo concentra la mayor riqueza de paisajes naturales y culturales, que le infieren una alta calidad visual y valor al paisaje. Además, la disponibilidad de agua, —considerada como elemento clave del desarrollo en ecosistemas secos (*Ibid.*)—, aunado a la estabilidad de vertientes y las características del suelo, son los principales factores que incrementan el interés social por estos paisajes, en los que se concentra la producción de palmas, frutales y el manejo agroforestal bajo sistemas de riego. Wiersum (2004) sugiere que los sistemas agroforestales preservan la estructura y los procesos ecológicos de los bosques tropicales, por ejemplo, incrementan su calidad escénica y funcionan como refugio de flora y fauna, por lo que juegan un papel importante en la estructura del paisaje, la biodiversidad y los servicios ambientales.

Nuestros resultados muestran que el notable deterioro ambiental y el retroceso de las selvas que ha sido reportado por diversos autores (Maser *et al.*, 1997; Maass, 1995; Trejo y Dirzo, 2000), se debe a la prolongada participación de las economías locales que se distribuyen en pueblos y rancherías dedicados a prácticas agrícolas y ganaderas (O'Neill y Walsh, 2000).

Estas prácticas, que datan de hace más de cien años, cuando se reactivó el poblamiento del área, se intensificaron de ma-

nera gradual hasta alcanzar un máximo en las décadas centrales de la segunda mitad del siglo pasado (Challenger, 1998; Delgado *et al.*, 2004), con consecuencias sobre la pérdida de la superficie de SBC, diversidad de especies, fertilidad y estabilidad del suelo, calidad visual, diversidad y valor del paisaje. Este hecho es similar al reportado para otras áreas tropicales (Arler, 2000; Hunziker y Kienast, 1999; O'Neill y Wals, 2000), donde el crecimiento desmedido de los asentamientos humanos, de la agricultura y la ganadería extensivas (Maass, 1995) son consideradas como únicas opciones de subsistencia realmente viables. Sin embargo, a partir de la década de los setenta el estado de Guerrero mostró un retroceso de la actividad agrícola, caracterizado por la caída de la intensificación y la pérdida del valor del cultivo (Jiménez, 1972; García-Gil, 1998; Ortiz y Toledo, 1998; Lambin *et al.*, 2001), además de una creciente emigración, que en el área de estudio se manifiesta claramente a partir de la década de los noventa.

La sustitución de los cultivos tradicionales por praderas para el ganado es un proceso ampliamente reportado en áreas tropicales (Pérez, 1987; Maass, 1995), pero que en este caso se considera de bajo impacto, debido a que las llanuras con disponibilidad de agua ocupan un bajo porcentaje (6.8%) de la superficie total, e incluso, la falta de espacios para el desarrollo agropecuario ha provocado que la actividad se desarrolle sobre lomeríos de morfología agreste (pendiente de $< 5^\circ$ y energía de relieve < 20 m), con consecuencias sobre la baja productividad de la tierra y mayor riesgo de erosión.

Las limitantes para reactivar la vida económica (más del 50% de la población no percibe salario; INEGI, 2000), guiada por la existencia de conflictos agrarios, la falta de atención por parte de los gobiernos y la

desconfianza de los pobladores hacia las autoridades, han generado la emigración de los habitantes rurales hacia otros polos de desarrollo en entidades vecinas –para trabajar en labores domésticas, albañilería, etc.– o hacia el noroeste del país –para ocuparse en el cultivo de hortalizas (Canabal, 2002). De hecho, se sugiere que algunas localidades funcionan como “pueblos dormitorio” para una población que actualmente labora en el puerto de Acapulco (Delgado *et al.*, 2004). Estos aspectos sociales que han reducido la intensidad y extensión de las actividades agrícolas de temporal, contribuyen a la extensión de los periodos de descanso y permiten el proceso sucesional de la SBC en el área de estudio.

El abandono de la actividad agrícola se manifiesta en el paisaje con la expansión de acahuales en distintas fases de desarrollo y con el predominio de parcelas inactivas durante varios ciclos. Burgos y Maass (2004) indican que los matorrales de *Acacia* y *Mimosa*, de amplio dominio en los acahuales del área, se desarrollan entre los primeros 5 y 20 años post-disturbio, lo cual da idea del largo periodo de inactividad agrícola y explica la tendencia al excesivo desarrollo de este tipo de vegetación secundaria. Efectivamente, en la actualidad los acahuales constituyen la “matriz” o paisaje elemental dominante (6.3 veces mayor que el área de la SBC) y con mayor conexión con el resto de los fragmentos, por lo que juega un papel predominante en la estructura y dinámica del paisaje. Este tema ha sido abordado por diversos autores, quienes argumentan que los acahuales son indicadores de la regeneración post-disturbio, tanto por el cese del manejo del suelo, como por el reestablecimiento de procesos de regeneración forestal (Rzedowski, 1988; Gómez-Pompa y Burley, 1991; Nepstad y Serrão, 1991; Serrão *et al.*, 1996; Walker y Homma, 1996; Moran *et al.*, 2000), y les confieren un alto valor paisajístico desde el punto de vista

funcional y de la permanencia de los servicios ambientales de la selva (Hunzkier y Kienast, 1999).

Sin embargo, el significado funcional de los acahuales del área fue interpretado de manera distinta. Aun sin considerar que el acahual representa en sí mismo una pérdida de la naturalidad del paisaje, bajos niveles de productividad y mayor sensibilidad del suelo frente al impacto de la lluvia y el viento (Joyce *et al.*, 1999), el reestablecimiento de las selvas a partir de acahuales es un proceso subordinado a condiciones de estabilidad ambiental que no se dan en el área de estudio. Esto se debe a que el manejo de recursos en los acahuales supone el deterioro ambiental asociado al pastoreo y a la extracción de leña como combustible doméstico y para la producción de carbón (*Ibid.*; INEGI, 2000). Además, existe en todo momento la posibilidad de reactivación del cultivo y/o la intensificación del ramoneo en amplias extensiones de terreno.

Esta última es una situación grave, sobre todo porque el pastoreo caprino afecta la composición, estructura y funcionamiento de los acahuales, favorece la compactación del suelo, el incremento de la escorrentía y la erosión (Willat y Pullar, 1983; Maass, 1995; Joyce *et al.*, 1999). En el área de estudio los efectos se exacerban al considerar que no existe un control sobre el tiempo de pastoreo y el número y distribución espacial de los animales. Joyce y colaboradores (*Ibid.*), argumentan que en el caso de pastoreo moderado, la competencia, la diversidad y la biomasa se incrementan, con consecuencias favorables sobre la disponibilidad de nutrientes y la habilidad del sistema para soportar el estrés. Sin embargo, nuestros resultados muestran que esta situación ocurre en los acahuales cerrados y abiertos, cuyas superficies son mínimas en comparación con los extensos acahuales de cobertura muy abierta, los cuales se correlacionan con una notable caída en la

diversidad, la calidad visual y el valor del paisaje (Figura 5; Trejo y Dirzo, 2000).

CONCLUSIONES

Este estudio permitió determinar el estado actual y el valor de los paisajes del río Papagayo, las causas de los cambios en el valor del paisaje y sus consecuencias sobre el sistema ambiental. Los datos utilizados son mediciones objetivas y formales que permiten evaluar la forma, el funcionamiento y el cambio del paisaje en escalas geográficas amplias.

El valor del paisaje puede considerarse bajo en la mayor parte del área de estudio, lo cual se relaciona con la amplia expansión de los acahuales, que se constituyen como la única clase de paisaje de baja fragmentación y excepcionalidad, sobre todo en los subsistemas de lomeríos, donde los niveles de perturbación son altos. Si bien este tipo de vegetación secundaria posibilita la regeneración de las selvas elevando su valor paisajístico de naturalidad, éste disminuye debido a que el sistema de usos del suelo actual incluye la posibilidad de reactivación de parcelas abandonadas (mediante la tala y quema de los acahuales) y la intensificación del ramoneo de ganado disperso en amplias extensiones. Por otro lado, si los procesos de deterioro derivados del uso agroforestal son un fenómeno generalizado, también son de baja intensidad; sin embargo, los daños se compensan por una alta capacidad de resiliencia, bajo la cual, la naturaleza es capaz de regenerarse del disturbio con cierta rapidez. Las selvas bajas, característicamente estacionales, con coberturas vegetales más bajas y abiertas, además de afectadas por claros signos de perturbación, son vistas con menor interés paisajístico comparadas con otros ecosistemas como las selvas húmedas y los bosques templados.

La SBC formó un mosaico complejo natural y cultural, por lo que este ecosistema es frágil y de baja resiliencia debido a la in-

tensidad de manejo. En consecuencia, la fragmentación de los paisajes forestales es y tiende a mantenerse alta, particularmente en el área de distribución potencial de la SBC. Los datos más alarmantes se obtuvieron en las llanuras y lomeríos bajos y suaves próximos a la costa, donde la fragmentación espacial resultó ser muy alta debido a que la suavidad de los relieves de gneis y la accesibilidad han favorecido el poblamiento y desarrollo de las actividades agropecuarias. Las áreas de baja fragmentación correspondieron con las montañas y lomeríos altos más alejados de los accesos carreteros e inaccesibles por su topografía, lo que supone mayores dificultades para la ocupación y el desarrollo socioeconómico.

REFERENCIAS

- Arler, F. (2000), "Aspects of landscape or nature quality", *Landscape Ecology*, 15, pp. 291-312.
- Arnold, R. H. (1997), *Land use and land cover mapping. Interpretation of airphotos and remotely sensed imagery*, Prentice Hall, New Jersey, pp. 36-43.
- Bastian, O. y M. Röder (1998), "Assessment of landscape change by land evaluation of past and present situation", *Landscape and Urban Planning*, 41, pp. 171-182.
- Bertrand, G. (1968), "Paysage et géographie physique globale", *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39/3, pp. 249-272.
- Bocco, G., M. E. Mendoza, A. Velázquez y A. Torres (1999), "La regionalización geomorfológica como una alternativa de regionalización ecológica en México. El caso de Michoacán de Ocampo", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 40, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-22.
- Canabal, B. (2002), "Migración indígena y mercados de trabajo agrícola. El caso del estado de Guerrero. Una introducción al tema", en Diego, R. y M. M. Saleme (comps.),

Desarrollo regional, mercado laboral, sociedad rural en México, UAM, México, pp. 241-265.

Carlson, A. A. (1977), "On the possibility of quantifying scenic beauty", *Landscape Planning*, 4, pp. 131-172.

Challenger, A. (1998), *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México, pasado, presente y futuro*, CONABIO-UNAM, México.

Delgado, J., G. Garza, M. I. Ortiz, J. L. Chias, V. Ibarra, A. Toscana, H. Mendoza y J. Gasca (2004), "Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región", *Proyecto hidroeléctrico "La Parota". Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)*, CFE-UNAM, México, pp. 733-1011, www.semarnat.gob.mx.

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

Drdos, J. (1992), "On the carrying capacity of environment", *Geografía y Desarrollo*, 3/7, pp. 19-24.

Farina, A. (1998), *Principles and methods in Landscape Ecology*, Chapman and Hall, Cambridge.

Forman, R. T. T. y M. Godron (1986), *Landscape Ecology*, John Wiley and Sons, New York.

García-Gil, G. (1998), "La conservación de los paisajes en la selva Lacandona, Chiapas", *Geografía y Desarrollo*, 16, pp. 55-70.

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

Gerrard, A. J. (1993), "Landscape sensitivity and change on Dartmoor", en Thomas, D. S. y R. J. Allison (eds.), *Landscape sensitivity*, John Wiley & Sons, London, pp. 49-63.

Gómez-Pompa, A. y F. W. Burley (1991), "The management of natural tropical forest", en

Gómez-Pompa, A, T. C. Withmore y M. Hadley (eds.), *Rain forest regeneration and management*, UNESCO-The Phathernon Publishing Group, pp. 3-18.

Gragson, T. (1998), "Potential versus actual vegetation: human behavior in a landscape medium", en Balée, W. (ed.), *Advances in historical Ecology*, Columbia University, New York, pp. 213-231.

Hernández-Santana, J. R. y M. A. Ortiz (2005). "Análisis morfoestructural de las cuencas hidrográficas de los ríos Sabana y Papagayo (tercio medio-inferior), estado de Guerrero, México", *Investigaciones Geográficas*, núm. 56, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-25

Huggett, R. (1995), *Geocology, and evolutionary approach*, Routledge, London.

Hunziker, M. y F. Kienast (1999), "Potential impacts of changing agricultural activities on scenic-beauty—a prototypical technique for automated rapid assessment", *Landscape Ecology*, 14, pp. 161-176.

INEGI (1985a), *Cartas geológicas*, escala 1:250 000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI (1985b), *Cartas de uso de suelo y vegetación*, escala 1:250 000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.

INEGI (2000), *XII Censo General de Población y Vivienda*, INEGI, México.

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

Jiménez, L. (1972), "El Plan Puebla: un enfoque regional para aumentar la productividad agrícola", en *Memoria del Coloquio sobre Planificación Regional*, Instituto de Geografía, UNAM, México.

- Joyce, L. A., J. J. Landsberg, M. Stafford, J. R. Cavazos, K. Lajtha, G. E. Likens, A. Perevolotsky y U. N. Safriel (1999), "Ecosystem-level consequences of management options", en Hoekstra, T. H. y M. Shachak (eds.), *Arid lands management toward ecological sustainability*, University of Illinois, Chicago, pp. 97-116.
- Lambin, E. F., B. L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu (2001), "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, 11, pp. 261-269.
- Lavorel, S. (1999), "Ecological diversity and resilience of Mediterranean vegetation to disturbance", *Diversity and distributions*, 5, pp. 3-13.
- Lugo, J. I. (1988), *Elementos de Geomorfología aplicada (métodos cartográficos)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Maass, J. M. (1995), "Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture", en Bullock, S. H., H. A. Mooney y E. Medina (eds.), *Seasonally dry forest*. Cambridge University Press, Great Britain, pp. 9-32.
- Mas, J. F. e I. Ramírez (1996), "Comparison of land use classifications obtained by visual interpretation and digital processing", *ITC Journal*, 3 /4, pp. 278-283.
- Masera, O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo (1997), "Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long term scenarios", *Climate Change*, 35, pp. 256-295.
- Mateo, J. M. y M. A. Ortiz (2001), "La degradación de los paisajes como concepción teórico-metodológica", *Serie Varia*, nueva época, núm. 1, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Matteucci, S. D. y A. Colma (1982), *Metodología para el estudio de la vegetación*, Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, Washington.
- Ministerio de Medio Ambiente (2000), *Guía para la elaboración de estudios del medio físico, contenido y metodología*, Serie Monografías, M.M.A., Madrid.
- Moran, E. F., E. S. Brondizio, J. M. Trucker, M. C. Da Silva-Forsberg, S. McCracken e I. Falesi (2000), "Effects of soil fertility and land-use on forest succession in Amazonia", *Forest Ecology and Management*, 139, pp. 93-108.
- Muñoz, J. (1998), "Paisaje y geosistema. Una aproximación desde la Geografía Física", en Martínez de Pisón, E. (ed.), *Paisaje y medio ambiente*, Fundación Duques de Soria-Univ. de Valladolid, pp. 45-56.
- Muñoz, J. (2002), "La representación cartográfica del paisaje: problemática y potencialidades", en *Paisaje y ordenación del territorio*, núm. 2, Sevilla, pp. 107-114.
- Nepstad, D., C. Uhl y E. Serrão (1991), "Recovery of a degraded amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration", *Ambio*, 20/6, pp. 248-255.
- Onaindia, M., I. Domínguez, I. Albizu, C. Garbisu e I. Amezaga (2004), "Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance", *Forest Ecology and Management*, 195, pp. 341-354.
- O'Neill, J. y M. Walsh (2000), "Landscape conflicts: preferences, identities and rights", *Landscape Ecology*, 15, pp. 281-289.
- Ortiz, B. y V. Toledo (1998), "Tendencias de la deforestación de la selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de Las Cañadas", *Interciencia*, 23/6, pp. 318-327.
- Pérez, R. (1987), *Agricultura y ganadería, competencia por el uso de la tierra*, Ediciones de Cultura Popular, México.

- Powers, W. E. y Khon, C. F. (1959), *Identification of selected cultural features. Aerial photointer-pretation of landforms and rural-cultural features in glaciated and coastal regions*, Northwestern University, Illinois, pp. 58-97.
- Ribe, R. G. (1994), "Scenic beauty perceptions along the ROS", *Environmental Management*, 42, pp. 199-221.
- Rzedowski, J. (1988), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Rzedowski, J. (1991), "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", *Acta Botánica*, 14, pp. 3-21.
- Scott, D. (1993), "Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development", *Environmental Management*, 17/3, pp. 289-303.
- Serrão, E., D. Nepstad y R. Walker (1996), "Upland agricultural and forestry development in the Amazon: sustainability, criticality and resilience", *Ecological Economics*, 18, pp. 3-13.
- Slaymaker, D. (2003), "Using georeferenced large-scale aerial videography as a surrogate for ground validation data", Wulder MA and Franklin SE (eds.) *Remote sensing for forest environments: concepts and case studies*. Kluwer, Hardbound, pp. 469-488.
- Steedman, R. y W. Haider (1993), "Applying notions of ecological integrity", en Woodley, S., J. Kay y G. Francis (eds.), *Ecological integrity and the management of ecosystems*. St. Lucie Press, New York, pp. 47-60.
- Trejo, I. y R. Dirzo (2000), "Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico", *Biological Conservation*, 94, pp. 133-142.
- Turner, M. G. (1989), "Landscape ecology: the effect of pattern on processes", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, pp. 171-197.
- Van Gils, H. A. M. J. y W. Van Wijngaarden (1984), "Vegetation structure in reconnaissance and semidetalled vegetation surveys", *ITC Journal*, 3, pp. 213-218.
- Walker, R. y A. K. O. Homma (1996), "Land use and land cover dynamics in the Brazilian Amazon: an overview", *Ecological Economics*, 18, pp. 67-80.
- Wiersum, K. F. (2004), "Forest gardens as an "intermediate" land use system in nature-culture continuum: characteristics and future potential", *Agroforestry Systems*, 61, pp. 123-134.
- Willat, S. T. y D. M. Pullar (1983), "Changes in soil physical properties under grazed pastures", *Australian Journal of Soil Research*, 22, pp. 343-348.
- Zonneveld, I. (1995), *Land Ecology, an introduction to Landscape Ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*, SPB, Amsterdam.