



## Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente?

### Evaluation of protected area effectiveness for preventing land use and land cover changes in Mexico. Is an index good enough?

Fernanda Figueroa<sup>1</sup>, Víctor Sánchez-Cordero<sup>2\*</sup>, Patricia Illoldi-Rangel<sup>2,3</sup> y Miguel Linaje<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Becas Posdoctorales en la Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades. Torre II de Humanidades 4º piso, Circuito interior, Ciudad Universitaria 04510 México, D.F., México.

<sup>2</sup>Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Apartado postal 70-153, 04510 México, D.F., México.

<sup>3</sup>Section of Integrative Biology, University of Texas at Austin, Waggener Hall 316, Austin, TX 78712 -1180, USA.

\*Correspondencia: victor@ibiologia.unam.mx

**Resumen.** Se examina la efectividad de 44 áreas protegidas federales (AP) en México para evitar procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación (CUSV) y se comparan los métodos y resultados con los de algunos estudios previos. Se cuantificó el porcentaje de superficie transformada (ST) en 2002 y su tasa de cambio entre 1993 y de 2002 y se compararon las tasas de cambio observadas en las AP, en las áreas circundantes de cada AP y en sus respectivas ecorregiones. Se integró un índice de efectividad y se caracterizaron los procesos de CUSV en cada AP. En 2002, el 77% de las AP analizadas tenía menos de 20% de ST; casi 30% mostró una reducción en la ST, en tanto que en otro 30%, el incremento en la ST fue mayor que la tasa promedio de las AP analizadas. Poco más del 70% de las AP mostraron tasas de CUSV menores a las de sus áreas circundantes y en 80% de las AP, las tasas fueron menores que en sus ecorregiones. En general, estos resultados coinciden con estudios previos, pero existen variaciones según el enfoque metodológico utilizado. Consecuentemente, los índices de efectividad deben complementarse con una caracterización detallada de los procesos de CUSV y la interpretación de los resultados debe matizarse en función de los métodos.

Palabras clave: áreas protegidas, conservación, deforestación, deterioro, efectividad.

**Abstract.** Effectiveness of 44 federal protected areas (PA) for preventing land use and land cover changes (LULC) in Mexico is examined, comparing results and methodological approaches used in previous studies. We quantified the percentage of transformed area (TS) in 2002 and its rate of change between 1993 and 2002. We compared observed TS rate of change in PA, adjacent areas, and their ecoregions of location. An effectiveness index was built to produce a characterization of LULC processes developed for each PA. In 2002, 77% PA showed less than 20% covered by TS; nearly 30% of PA showed a reduction of TS. Additionally, in 30% of PA, TS increase exceeded the mean rate for all PA. More than 70% of PA showed lower LULC rates than their surrounding areas, and in 80% of PA, these rates were lower than those observed in their corresponding ecoregions. Overall, PA were effective to prevent LULC processes as previously suggested. However, trends derived from this type of analyses depend on methodological specifications. Effectiveness indexes should be complemented with a detailed characterization of LULC processes and their interpretation should correspond to the specific methodological approach used.

Key words: protected areas, conservation, deforestation, forest degradation, effectiveness.

### Introducción

Las áreas protegidas (AP) son en la actualidad la estrategia central de conservación en todo el mundo debido a su importancia para proveer espacios para la protección de la biodiversidad, la integridad de los ecosistemas y, por ende, de los servicios ecosistémicos (IUCN, 2005). Entre los años 1985 y 2003, estas áreas se expandieron de

menos de 1 millón a más de 18.8 millones de km<sup>2</sup>, lo que representa 12.65% de la superficie de la Tierra (IUCN-WCMC, 1998; Chape et al., 2003). En el caso de México, hasta 2010 se habían decretado 174 AP, que cubren casi el 13% del territorio nacional ([www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx)).

Las AP se encuentran sujetas a procesos de deterioro que van desde la extracción de recursos naturales hasta una transformación completa de los ecosistemas (Carey et al., 2000). La magnitud de estos procesos y su impacto en las AP depende de factores asociados a su manejo (infraestructura, personal, financiamiento; Carey et

al., 2000; Rao et al., 2002; Ervin, 2003a,b; Goodman, 2003), la historia y el contexto socioeconómico en el que se encuentran (de Sherbinin y Freudenberg, 1998; Mwamfupe, 1998; Figuerola et al., 2009), los conflictos por el control y uso de recursos que se generan dentro de ellas, los procesos participativos y las instituciones comunitarias de gestión de los recursos (Little, 1994; Western y Wright, 1994; Ghimire y Pimbert, 1997, Wilsusen et al., 2002) y la vulnerabilidad de los ecosistemas que contienen, influida por el clima, la topografía y los tipos de vegetación (Pressey et al., 2002; Brandon et al., 2005; Mas, 2005).

La evaluación de la capacidad de las AP para cumplir con sus objetivos de conservación se ha convertido en una preocupación relevante en todo el mundo (Margules y Pressey, 2000; Pressey et al., 2002), pues en numerosas AP se registran procesos de deterioro de diversa magnitud que en muchos casos comprometen los objetivos para los cuales fueron establecidas (Carey et al., 2000). Por ello, la evaluación de esta estrategia de conservación se incorporó a los objetivos de la planeación sistemática (Margules y Sarkar, 2007). La evaluación sistemática de las AP se ha realizado desde 3 perspectivas distintas: la efectividad del diseño, la efectividad del manejo y la evaluación de la integridad ecológica (Ervin, 2003a).

La efectividad del diseño, también llamado análisis de vacíos y omisiones, parte de que el sistema global de AP representan una muestra sesgada de la diversidad biológica mundial. Esto obedece a los criterios que se utilizaron históricamente en la selección de numerosas AP, como el valor escénico o la presencia de especies sombrilla, carismáticas o de valor comercial, entre otros. Estos métodos evalúan la representación de distintos componentes de la biodiversidad (i. e. especies, comunidades, tipos de vegetación) en los sistemas de AP y busca detectar cuáles se encuentran subrepresentados o ausentes (Rodríguez et al., 2004; Margules y Sarkar, 2007).

Por su parte, la efectividad del manejo se enfoca en la detección de fortalezas y debilidades en las AP, asociados a la planeación y la ejecución de los planes de manejo. Con fuerza, las organizaciones conservacionistas internacionales han impulsado estos métodos. (Brandon et al., 1998; Hockings, 2003; WWF, 2004; Chape et al., 2005) y la Comisión Mundial de Áreas Naturales Protegidas (WCPA) desarrolló un marco sistemático que constituye la base de la mayoría de estas evaluaciones (Hockings, 1998), el cual examina: *a*), el contexto o la importancia del AP, las amenazas que enfrenta y las políticas que la afectan; *b*), el diseño; *c*), los recursos necesarios para llevar a cabo el manejo; *d*), la ejecución de los programas de manejo y los productos y servicios resultantes, y *e*), los resultados, en términos de los objetivos planteados. Una de sus limitaciones es que la principal fuente de información

son las percepciones sociales del personal de las AP y de organizaciones no gubernamentales que laboran en ellas. La subjetividad y parcialidad potencial de esta información hace necesaria la evaluación empírica y cuantitativa sobre los procesos de deterioro en las AP (Ferraro y Pattanayak, 2006; Nepstad et al., 2006).

Finalmente, la evaluación de la integridad ecológica implica un análisis cuantitativo, a través de indicadores, de la capacidad que tienen las AP para mantener a largo plazo las condiciones necesarias que permitan la existencia de los sistemas que protegen. Se incluye aquí una gran variedad de criterios y métodos (Ervin, 2003a), como la persistencia y la importancia de las principales amenazas (Brandon et al., 1998; Singh, 1999; Rao et al., 2002; Ervin, 2003b), el estado de conservación de la vegetación mediante la evaluación de cambios en el uso del suelo y la vegetación, deforestación, fragmentación o densidad de la vegetación (Sánchez-Azofeifa et al., 1999; Liu et al., 2001; Mas, 2005; Hayes 2006), la viabilidad de las poblaciones o la persistencia de ciertas especies (Woodroffe y Ginsberg, 1998; Lidlaw, 2000; Caro, 2001; Bhagwat et al., 2005), el funcionamiento de ciertos procesos ecológicos (Parrish et al., 2003) o la estabilidad del paisaje (Friedman y Zube, 1992).

Los procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación (CUSV) se utilizan comúnmente para evaluar la integridad, debido a su magnitud global y a su relación con otros procesos de deterioro, como la pérdida de diversidad biológica, el cambio climático, la degradación del suelo y la pérdida de servicios ecosistémicos (Vitousek et al., 1997; Riezebos y Loerts, 1998; Houghton et al., 1999; Chase et al., 2000; Islam y Weil, 2000; Lidlaw, 2000; Sala et al., 2000; Kinnard et al., 2003; Sánchez-Cordero et al., 2005). Si bien no todo proceso de CUSV se traduce en una reducción de la integridad ecológica, los procesos de gran magnitud pueden inducir la modificación de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Turner et al., 2007).

En México se han realizado evaluaciones sistemáticas y cuantitativas de la efectividad de las AP para contener procesos de CUSV (Mas, 2005; Sánchez-Cordero et al., 2007; Figuerola y Sánchez-Cordero, 2008; Figuerola et al., 2009). Este trabajo forma parte de esta serie de estudios e incluye datos para algunas AP federales que no habían sido analizadas previamente. Además, aunque considera indicadores similares a los utilizados en estudios previos, la evaluación de la efectividad se realizó con algunos enfoques metodológicos distintos. Se presenta, también, una comparación metodológica entre estos estudios y se analiza el efecto de la metodología en los resultados obtenidos. La evaluación de la efectividad incluye: *a*), un diagnóstico del estado de conservación de las AP y de los procesos de CUSV que se dieron en ellas, a través

del porcentaje de ST observada en 2002 y, de los cambios en dicha superficie, ocurridos entre 1993 y 2002; *b*), un análisis comparativo entre las tasas de cambio en el uso del suelo y la vegetación en estas AP y sus respectivos contextos geográficos (áreas circundantes y ecorregiones); *c*), la construcción de un índice de efectividad que conjuga, para cada AP, los 4 parámetros de CUSV, y *d*), una caracterización de las AP en función de los parámetros de CUSV analizados.

## Materiales y métodos

**Análisis cartográfico.** En este análisis se incluyeron 44 AP federales y corredores biológicos (Cuadro 1). La selección de AP estuvo guiada por los criterios de estudios previos (AP decretadas antes de 1997 y >1 000 ha; Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008), pero además, a solicitud de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) se incorporaron otras áreas decretadas posteriormente, debido a su relevancia. Por esta razón, para las AP de Balan Kaax, Barranca de Metztlán, meseta de Cacaxtla, Ría Lagartos, Selva El Ocote, Sierra de Huautla, Sierra Gorda de Guanajuato y Volcán de Tacaná, los resultados obtenidos deben interpretarse tomando en cuenta que indican el estado en el que se encontraban las áreas *antes* de la existencia de las AP. Esta información es relevante en la medida que representa un punto de partida para futuros estudios sobre la efectividad de estas áreas. A diferencia de análisis previos, y también por solicitud de la CONANP, algunas AP se analizaron en conjunto, en la forma de corredores biológicos, y se incorporó al análisis la de Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, área que no había sido considerada oficialmente como AP federal por la CONANP en la Carta de Áreas Naturales Protegidas Federales 2003 (CONANP, 2003).

Con base en el mapa de AP federales (CONANP y CONABIO, 2007), para cada AP seleccionada se construyó un área circundante de 10 km de diámetro, a partir del límite del AP, usando el programa ArcView (v. 3.2). De estas áreas, se eliminaron áreas ocupadas por otras AP, océanos y territorio extranjero. Por otro lado, a través de la unión del mapa de AP y del mapa de las ecorregiones terrestres de México (INEGI/ CONABIO/ INE, 2007), se identificaron las ecorregiones en las que se ubican estas AP.

Para las AP, áreas circundantes y ecorregiones se evaluaron los procesos de CUSV, a través de la dinámica de las superficies transformadas (ST), esto es, de todas aquellas áreas cubiertas por agricultura, pastizales cultivados e inducidos, plantaciones forestales y asentamientos humanos (Figueroa y Sánchez-Cordero,

2008), con base en el mapa de uso de suelo y vegetación (serie 2) y el conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación (serie 3), ambos a escala 1:250 000 (INEGI, 1993, 2005). A diferencia de estudios previos, la estimación de la ST del AP Iztaccíhuatl-Popocatepetl se realizó a partir de un polígono modificado por la propia CONANP y proporcionado directamente por la institución.

Las categorías de vegetación utilizadas en los mapas de uso de suelo y vegetación presentan distintos niveles de agregación, por lo que se tomó como base la clasificación correspondiente al mapa de 2002, que muestra el mayor nivel de agregación. Se obtuvo la extensión ocupada por ST para ambos años. En estas áreas no se tomaron en consideración las superficies desprovistas de vegetación y sin vegetación aparente, ya que a la escala espacial del análisis no se pueden diferenciar las que se encuentran en estas circunstancias de manera natural (e. g. dunas o zonas altas de montaña) de aquellas que lo están debido a procesos de deterioro vinculados con las actividades productivas.

**Estimación del porcentaje y tasa de cambio en la superficie transformada.** Se calculó el porcentaje ocupado por superficies transformadas en las AP en 2002, y la tasa de cambio promedio anual de dicha superficie entre 1993 y 2002 en las AP y en sus respectivas áreas circundantes y ecorregiones. Esta tasa se estimó como el porcentaje de AP que ha sido transformada anualmente, en promedio, durante el periodo de estudio (Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008):

$$TCUSV = \frac{(S_2 - S_1) / S_t}{T} \quad \square \quad 100$$

donde: TCUSV= tasa de cambio,  $S_1$ = superficie transformada inicial,  $S_2$ = superficie transformada final,  $S_t$ = superficie total evaluada,  $T$ = años transcurridos.

Se calculó la diferencia entre las tasas de cambio estimadas para las AP y las de sus respectivas áreas circundantes y ecorregiones. En el caso de las AP que coinciden geográficamente con 2 o más ecorregiones, se calculó una tasa ponderada, en la que los porcentajes del AP correspondientes a cada ecorregión funcionaron como valores de ponderación.

**Índice de efectividad.** Se obtuvo un índice de efectividad para cada AP a partir de los valores de: 1), el porcentaje ocupado por superficies transformadas dentro de las AP en 2002; 2), la tasa de cambio en las superficies transformadas en las AP (1993 -2002); 3), la diferencia entre la tasa de cambio en la superficie transformada en las AP y la observada en sus áreas circundantes, y 4), la diferencia entre la tasa de cambio en la superficie transformada en las AP y la observada en sus respectivas ecorregiones. Los datos para cada parámetro se estandarizaron a valores entre 0 y 1 y la suma de los parámetros constituye el índice

**Cuadro 1.** Superficie ocupada (1993, 2002), porcentaje (2002) y cambio (1993-2002) en las superficies transformadas (ST) en las áreas protegidas (AP) analizadas, respectivamente

AP	ST <sup>a</sup> 1993 (ha)	ST 2002 (ha)	% ST 2002	Cambio neto en ST (ha/año)	Tasa de cambio ST
Balaan Kaax <sup>b</sup>	394.4	1 128.3	0.88	81.5	0.06
Barranca de Metztitlán <sup>b</sup>	28 422.3	32 690.5	34.29	474.2	0.50
Bonampak	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00
Calakmul	4 879.5	9 900.8	1.38	557.9	0.08
Chamela-Cuixmala	357.4	360.0	2.75	0.3	0.00
Corredor Biológico Chichinautzin-Tepoztlán- Lagunas de Zempoala	19 646.6	20 094.6	31.36	49.8	0.08
Corredor Biológico Maderas del Carmen-Cañón de Santa Elena	4 839.8	4 415.9	0.91	-47.1	-0.01
Cofre de Perote	2 968.6	4 629.8	40.33	184.6	1.61
Constitución de 1857	0.0	48.4	0.97	5.4	0.11
Cuatrociénegas	3 184.6	3 346.1	4.01	17.9	0.02
Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	69 277.2	65 261.4	46.88	-446.2	-0.32
Cumbres de Monterrey	5 462.3	5 308.6	3.02	-17.1	-0.01
El Triunfo	14 798.2	13 236.0	11.01	-173.5	-0.14
El Vizcaino	11 883.6	16 898.6	0.68	557.2	0.02
Huatulco	20.7	57.0	0.48	4.0	0.03
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	1 564.7	1 560.0	3.86	-18.5	-0.02
La Encrucijada	46 270.7	44 452.9	30.41	-202.0	-0.14
La Sepultura	18 127.3	21 843.3	12.98	412.9	0.25
Lacan Tun	23.0	23.7	0.04	0.1	0.00
Los Tuxtlas	101 576.4	111 586.5	72.21	1,112.2	0.72
Mariposa Monarca	10 140.5	9 639.9	17.23	-55.6	-0.10
Meseta de Cacaxtla <sup>b</sup>	9 808.9	9 737.5	19.39	-7.9	-0.02
Metzabok	123.5	107.1	3.17	-1.8	-0.05
Montes Azules	4 065.5	8 045.5	2.44	442.2	0.13
Naha	168.9	137.9	3.58	-3.4	-0.09
Palenque	1 243.5	1 240.8	72.24	-0.3	-0.02
Ría Celestún	69.7	102.3	0.13	3.6	0.00
Ría Lagartos <sup>b</sup>	8 827.2	10 032.7	16.80	133.9	0.22
Selva El Ocote <sup>b</sup>	12 114.9	10 821.6	10.65	-143.7	-0.14
Sian Ka'an	0.0	27.3	0.01	3.0	0.00
Sierra de Ajos Bavispe	5 271.5	5 394.1	2.99	13.6	0.01
Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui	5 838.6	9 431.9	10.23	399.3	0.43
Sierra de Huautla <sup>b</sup>	16 907.8	17 113.1	29.06	22.8	0.04
Sierra de Manantlán	19 581.3	21 000.1	15.13	157.6	0.11
Sierra de San Pedro Mártir	1 357.6	1 869.1	2.55	56.8	0.08
Sierra Gorda	58 719.1	63 090.9	16.55	485.8	0.13
Sierra Gorda de Guanajuato <sup>b</sup>	21 789.2	21 616.0	9.24	-19.2	-0.01
Sierra La Laguna	235.6	289.3	0.26	6.0	0.01
Tehuacán-Cuicatlán	95 436.5	101 495.9	20.72	673.3	0.14
Tutuaca	14 609.4	14 657.6	4.05	5.4	0.00
Uaymil	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00
Volcán de Tacaná <sup>b</sup>	1 618.7	1 694.5	26.28	8.4	0.13
Yaxchilán	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00
Yum Balam	800.5	2 374.1	1.56	174.9	0.11

<sup>a</sup>ST= superficie transformada.<sup>b</sup>= estas AP fueron decretadas después de 1998, por lo que estos datos corresponden a un periodo previo al decreto del AP.

de efectividad. Los últimos 2 parámetros únicamente adquieren valores de 0 o 1: cuando las AP presentan un incremento en la ST mayor que su respectiva área circundante o ecorregión adquieren un valor de 0; en caso contrario, adquieren un valor de 1. El índice, por lo tanto, puede tomar valores entre 0 y 4. Las AP con valores en el índice cercanos a 0 son de baja efectividad, al tener valores reducidos en varios parámetros, en tanto que las AP con valores cercanos a 4 serían las más efectivas del conjunto de AP analizado.

*Caracterización de las AP.* La caracterización de las AP se realizó mediante una clasificación en función del porcentaje y de la tasa de cambio de superficie transformada. Las clasificaciones para el porcentaje de ST fueron: bajo (0-10%), medio (11-25%), alto (26-50%) y muy alto (>50%), y para la tasa de cambio fueron: recuperación (áreas en las que se redujo la ST y, por consiguiente, se recuperó en la cobertura vegetal primaria o secundaria), estable (sin cambios observables en la ST, con una tasa de cambio cercana a 0), bajo (con un incremento, entre 0 y la media de la tasa de cambio del conjunto de las AP analizadas) y alto (con un incremento mayor a la media de la tasa de cambio; Cuadro 2). De este modo, las AP se organizaron en un cuadro de doble entrada; además, se indicaron los casos en los que éstas presentaron un mayor crecimiento en la ST que el de sus respectivas áreas circundantes y ecorregiones, lo que permitió describir los principales escenarios del estado de conservación y de los procesos de CUSV.

*Análisis metodológico.* Se compararon los métodos utilizados para evaluar la efectividad de las AP para contener procesos de CUSV en varios estudios previos (Sánchez-Cordero et al., 2007; Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008; Figueroa et al., 2009) y los utilizados aquí. Para mostrar la influencia de los distintos métodos en los resultados obtenidos, se analizaron las diferencias más importantes entre los resultados obtenidos aquí y los

**Cuadro 2.** Diferencia entre la tasa de cambio estimada en las áreas protegidas (AP), sus áreas circundantes (AC) y ecorregiones (ECO), respectivamente

AP	AP - AC <sup>a</sup>	AP - ECO <sup>b</sup>
Balaan Kaax <sup>c</sup>	-0.0537	-0.2922
Barranca de Metztlán <sup>c</sup>	0.6901	0.4637
Bonampak	-0.0048	-0.5113
Calakmul	-0.3224	-0.3298
Chamela – Cuixmala	-0.5161	-0.8262
Co. Biológico	-0.0172	-0.0467
Chichináutzin – Tepoztlán – Lagunas de Zempoala		

**Cuadro 2.** Continúa

AP	AP - AC <sup>a</sup>	AP - ECO <sup>b</sup>
Co. Biológico Maderas del Carmen – Cañón de Santa Elena	-0.0143	-0.0750
Cofre de Perote	1.0810	1.4969
Constitución de 1857	0.0622	-0.0490
Cuatrociénegas	-0.8876	-0.0438
Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tlaxostoc y Temascaltepec		
Cumbres de Monterrey	-0.0036	-0.0956
El Triunfo	0.4237	-0.2418
El Vizcaíno	0.0073	-0.0024
Huatulco <sup>c</sup>	-1.1247	-0.7947
Iztaccihuatl – Popocatepetl	-0.1367	-0.1123
La Encrucijada	-0.1948	-0.1362
La Sepultura	0.2864	-0.2011
Lacan Tun	-0.5468	-0.5112
Los Tuxtlas <sup>c</sup>	0.5591	0.3780
Mariposa Monarca	-0.1499	-0.2105
Meseta de Cacaxtla <sup>c</sup>	-0.5775	-0.1457
Metzabok <sup>c</sup>	-0.3407	-0.5653
Montes Azules	-1.5143	-0.4254
Naha <sup>c</sup>	-1.9112	-0.6492
Palenque	-0.0872	-0.5194
Ría Celestún	-0.1775	0.0936
Ría Lagartos <sup>c</sup>	-0.7079	0.0231
Selva El Ocote <sup>c</sup>	-0.6003	-0.7550
Sian Ka'an	-0.0162	-0.0669
Sierra de Ajos Bavispe	-0.0111	-0.0581
Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui	0.0945	0.2997
Sierra de Huautla <sup>c</sup>	0.0576	-0.1114
Sierra de Manantlán	-0.2355	-0.5803
Sierra de San Pedro Mártir	0.0749	-0.1089
Sierra Gorda	0.0374	0.0271
Sierra Gorda de Guanajuato <sup>c</sup>	-0.0497	-0.0835
Sierra La Laguna	-0.2651	-0.4573
Tehuacán – Cuicatlán <sup>c</sup>	0.1375	-0.1360
Tutuaca	-0.0433	-0.0775
Uaymil	-0.1123	-0.0675
Volcán de Tacaná <sup>c</sup>	0.1279	0.1272
Yaxchilán	-0.2524	-0.5113
Yum Balam	-0.2622	0.0490

<sup>a</sup>= diferencia entre la tasa de cambio de las AP y las AC.

<sup>b</sup>= diferencia entre la tasa de cambio del AP y su ecorregión.

<sup>c</sup>= AP decretadas después de 1998, por lo que los datos corresponden a un periodo previo a su decreto.

correspondientes a Figueroa y Sánchez-Cordero (2008), en función de los métodos utilizados. A partir de este análisis se elaboró una lista de recomendaciones para las evaluaciones de la efectividad que sigan este tipo de metodología.

**Resultados**

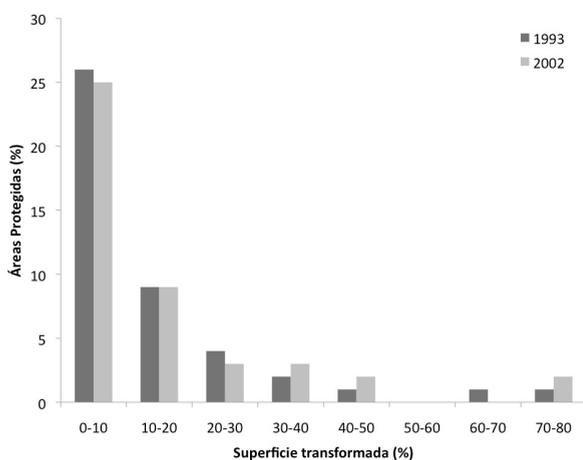
En las AP analizadas se encontraron diversos estados de conservación de la vegetación, desde aquellas en las que no se observó ST en 2002 (p. ej., Bonampak, Uaymil y Yaxchilán), hasta las que mostraron valores mayores al 70% de ST (Los Tuxtlas y Palenque) (Cuadro 1). Sin embargo, la mayoría de las AP se encontraban en buen estado de conservación: el 77% de las AP tenía menos del 20% de ST; casi el 30% mostró una reducción en la ST, en tanto que en otro 30%, el incremento en la ST fue mayor que la tasa promedio de las AP analizadas. Debido a los procesos de CUSV que ocurrieron entre 1993 y 2002, se observó una reducción en el número de AP pertenecientes a las categorías de menor porcentaje de ST (0-10% y 20-30%), en tanto se incrementó el número de AP en las categorías de mayor porcentaje de ST (30-40%, 40-50% y 70-80%) (Fig. 1).

El porcentaje de ST depende de la extensión de cada AP, por lo que es necesario considerar su área neta. En 2002, la mayoría de las AP (64%) tenía, menos de 10 000 ha transformadas (Fig. 2), con una media de extensión de 15 153 ha; los valores máximos se observaron en Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (65 261 ha), Tehuacán-Cuicatlán (101 496 ha) y Los Tuxtlas (111 587 ha) (Cuadro 1). Además, el mayor incremento neto anual en la ST se observó en Los Tuxtlas (1 112.2 ha/año), Tehuacán-

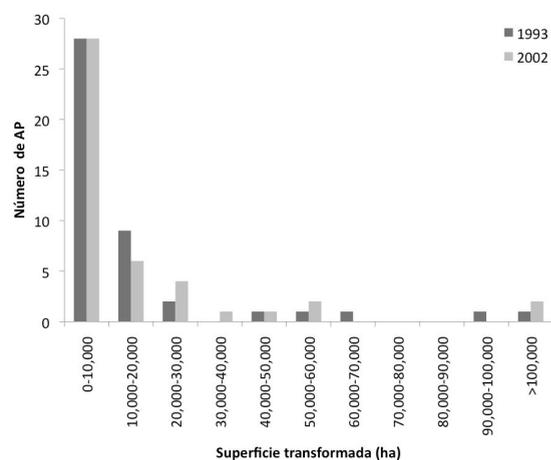
Cuicatlán (673.3 ha/año) y Calakmul (557.9 ha/año). Estos valores no necesariamente se traducen en altas tasas de cambio, pues éstas dependen de la superficie total de cada AP (Cuadro 1). En contraste, en algunas AP se observó una reducción en la ST (es decir, una recuperación de la vegetación primaria o secundaria), como en Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec (-446 ha/año), La Encrucijada (-202 ha/año) y El Triunfo (-173.5 ha/año) (Cuadro 1). En las AP analizadas predominan los escenarios extremos de cambio: en el 30% (n= 13) se redujo la ST (es decir, se incrementó la vegetación primaria o secundaria) y en el 30% (n= 13) se dio un alto incremento en la ST; en cambio, el 20% de las AP (n= 9) permanecieron relativamente estables y el restante 20% (n= 9) sufrió un incremento bajo de la ST.

Se observó que el 73% de las AP mostraron tasas de cambio menores que sus respectivas áreas circundantes. Las AP que mostraron los mayores incrementos en la ST respecto a sus áreas circundantes fueron Coffre de Perote, Barranca de Metztlán, Los Tuxtlas, El Triunfo y La Sepultura (Cuadro 2). En contraste, las AP en las que menos aumentó la ST en comparación con sus áreas circundantes fueron Nahá, Montes Azules, Huatulco, Cuatrociénegas y Ría Lagartos. Estas diferencias son relativas pues en buena medida dependen de los procesos de cambio en las áreas circundantes; es decir, puede haber AP con un incremento considerable en la ST al interior, pero menor al observado en su área circundante, como es el caso de Montes Azules y Ría Lagartos, que presentaron un incremento de la ST superior a la media, pero menor que la estimada para sus áreas circundantes (Cuadro 2).

Finalmente, casi todas las AP mostraron una tasa de cambio menor que sus respectivas ecorregiones; sólo en



**Figura 1.** Frecuencia de la distribución porcentual de 44 áreas protegidas federales en categorías de porcentaje cubierto por superficies transformadas, en 1993 y 2002.



**Figura 2.** Frecuencia de la distribución de las 44 áreas protegidas federales en relación con categorías de extensión cubierta por superficies transformadas, en 1993 y 2002.

9 AP (20% del total), el incremento en las superficies transformadas superó al de sus ecorregiones, como Barranca de Metztitlán, Cofre de Perote, Los Tuxtlas y Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui (Cuadro 2). En contraste, las 5 AP con un menor incremento en la ST, en relación con sus respectivas ecorregiones, fueron Chamela-Cuixmala, Huatulco, Selva El Ocote, Nahá y Sierra de Manantlán. Al igual que en el caso anterior,

estas diferencias son relativas a los procesos de cambio en las distintas ecorregiones.

Más de la mitad de las AP mostraron índices de efectividad mayores a 3.5 en una escala de 0 a 4 (Cuadro 3), resultados que confirman que, en general, las AP analizadas han sido efectivas para contener los procesos de CUSV. Las áreas más efectivas, de acuerdo con estos datos, fueron Sian Ka'an, Bonampak, Sierra La Laguna y Yaxchilán. En

**Cuadro 3.** Valores de los parámetros y del índice de efectividad para cada área protegida (AP). Las AP están ordenadas en relación al valor del índice de efectividad (IE)

AP	Parámetros <sup>a</sup>				IE
	% ST 2002	TC- AP	AP- AC <sup>b</sup>	AP- ECO <sup>b</sup>	
Cofre de Perote	0.44	0.00	0.00	0.00	0.44
Los Tuxtlas	0.00	0.46	0.00	0.00	0.46
Barranca de Metztitlán <sup>c</sup>	0.53	0.58	0.00	0.00	1.10
Volcán de Tacaná <sup>c</sup>	0.64	0.77	0.00	0.00	1.40
Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui	0.86	0.61	0.00	0.00	1.47
Sierra Gorda	0.77	0.77	0.00	0.00	1.54
Sierra de Huautla <sup>c</sup>	0.60	0.81	0.00	1.00	2.41
Tehuacán – Cuicatlán	0.71	0.76	0.00	1.00	2.48
Ría Lagartos <sup>c</sup>	0.77	0.72	1.00	0.00	2.48
La Sepultura	0.82	0.71	0.00	1.00	2.53
Yum Balam	0.98	0.77	1.00	0.00	2.75
El Triunfo	0.85	0.91	0.00	1.00	2.76
Sierra de San Pedro Mártir	0.96	0.79	0.00	1.00	2.76
Constitución de 1857	0.99	0.78	0.00	1.00	2.76
Ría Celestún	1.00	0.83	1.00	0.00	2.83
Palenque	0.00	0.84	1.00	1.00	2.84
Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	0.35	1.00	1.00	1.00	3.35
Co. Bio. Chichináutzin – Tepoztlán – Lagunas de Zempoala	0.57	0.79	1.00	1.00	3.36
La Encrucijada	0.58	0.91	1.00	1.00	3.48
Sierra de Manantlán	0.79	0.77	1.00	1.00	3.57
Meseta de Cacaxtla <sup>c</sup>	0.73	0.84	1.00	1.00	3.57
Mariposa Monarca	0.76	0.89	1.00	1.00	3.65
Sierra Gorda de Guanajuato <sup>c</sup>	0.87	0.84	1.00	1.00	3.71
Montes Azules	0.97	0.76	1.00	1.00	3.73
Selva El Ocote <sup>c</sup>	0.85	0.91	1.00	1.00	3.76
Cuatrociénegas	0.94	0.82	1.00	1.00	3.77
Calakmul	0.98	0.79	1.00	1.00	3.77
Tutuaca	0.94	0.83	1.00	1.00	3.78
Iztaccíhuatl – Popocatepetl	0.95	0.83	1.00	1.00	3.78
Balaan Kaax <sup>c</sup>	0.99	0.80	1.00	1.00	3.79
Sierra de Ajos Bavispe	0.96	0.83	1.00	1.00	3.79
Chamela – Cuixmala	0.96	0.83	1.00	1.00	3.79
Cumbres de Monterrey	0.96	0.84	1.00	1.00	3.80
Huatulco	0.99	0.82	1.00	1.00	3.81
El Vizcaíno	0.99	0.82	1.00	1.00	3.81

**Cuadro 3.** Continúa

AP	Parámetros <sup>a</sup>				IE
	% ST 2002	TC- AP	AP- AC <sup>b</sup>	AP- ECO <sup>b</sup>	
Metzabok	0.96	0.86	1.00	1.00	3.82
Co. Bio. Maderas del Carmen – Cañón de Santa Elena	0.99	0.84	1.00	1.00	3.83
Sierra La Laguna	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83
Naha	0.95	0.88	1.00	1.00	3.83
Lacan Tun	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83
Sian Ka'an	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83
Yaxchilán	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83
Uaymil	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83
Bonampak	1.00	0.83	1.00	1.00	3.83

<sup>a</sup>= Parámetros. %ST 2002: porcentaje de superficie transformada; TC-AP: tasa de cambio en la superficie transformada (1993-2002); AP-AC: diferencia entre la tasa de cambio del AP y el AC; AP-ECO: diferencia entre la tasa de cambio del AP y su ecorregión.

<sup>b</sup>= estos parámetros sólo adquieren valores de 0 o 1 (véase Métodos).

<sup>c</sup>= AP que fueron decretadas después de 1998, por lo que los datos corresponden a un periodo previo a su decreto.

cambio, las AP con los valores más bajos (< 1) fueron Cofre de Perote y Los Tuxtlas.

La caracterización de las AP en función de estas tendencias permite observar perfiles de AP en función de los procesos que se dieron en ellas (Cuadro 4). Por ejemplo, se delimitó un conjunto de AP que en 1993 mostraba un porcentaje bajo de la ST, la cual se redujo entre 1993 y 2002 (i. e. recuperación de la vegetación primaria o secundaria), o bien, no sufrieron cambios observables en dicha superficie. Estas AP, como Lacantún y Metzabok, representan el mejor de los escenarios en términos de conservación. Por su parte, AP como Constitución de 1857 y Montes Azules, mostraron un porcentaje bajo de ST en 2002, pero tuvieron una tasa de cambio alta entre 1993 y 2002 (i. e. mayor que la media). Cabe indicar que algunas AP, aunque compartían una baja tasa de cambio, mostraron un cambio neto contrastante en las ST, como es el caso de Constitución de 1857 (5.4 ha/año) y Montes Azules (420 ha/año) (Cuadros 1 y 4).

Las AP en la categoría de porcentaje medio de ST formaron 2 grupos. Por un lado, AP en las que hubo recuperación de la vegetación entre 1993 y 2002, como Mariposa Monarca, y las que mostraron una alta tasa de cambio (mayor al promedio), como Sierra Gorda y Tehuacán-Cuicatlán (Cuadro 2). Las AP con un alto porcentaje de ST (entre 25 y 50%) formaron 3 grupos distintos: *a*), en La Encrucijada y en Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec, hubo recuperación de la vegetación; *b*), en el Corredor Biológico Chichinautzin-Tepoztlán-Lagunas de Zempoala y en Sierra de Huautla, la ST se incrementó con una tasa menor a la media, y *c*), en Barranca de Metztlán, Cofre de Perote y Volcán de Tacaná, la ST se incrementó con una tasa mayor a la media. La superficie transformada en 2 AP fue mayor del 50%: Palenque, donde se observó una

reducción, aunque muy cercana a 0, de la ST (categoría de recuperación de la vegetación) y Los Tuxtlas, donde hubo además una alta tasa de incremento en la ST. El AP Sierra La Laguna fue reclasificada de baja tasa de cambio a estable, pues aun cuando su tasa de cambio fue del 0.01% anual, el porcentaje de ST era únicamente de 0.26%. Finalmente, las AP clasificadas en los grupos con alta tasa de cambio en la ST tienden a tener tasas mayores que sus respectivas áreas circundantes y ecorregiones, aunque también hay AP catalogadas como de baja tasa de crecimiento en las ST, en las que esta tasa supera la observada en estos contextos geográficos (p. ej. Sierra de Huautla, El Vizcaíno y Sierra de San Pedro Mártir).

## Discusión

Las tendencias generales observadas en los análisis de efectividad muestran que las AP federales fueron efectivas para prevenir el cambio de uso del suelo, entre 1993 y 2002 (Cuadro 3 y 4). No obstante, existen diversos escenarios en los procesos de cambio que implicarían riesgos distintos, así como estrategias de solución diferentes. Esto es particularmente importante en AP que, aunque tienen bajos porcentajes de ST, presentan altas tasas de cambio en dicha superficie, o en aquellas con una baja tasa de cambio, pero que se encuentran notoriamente transformadas. Algunas AP están bajo una presión de cambio particularmente alta, como Los Tuxtlas, Barranca de Metztlán, Cofre de Perote y Volcán de Tacaná y ameritan atención especial para detener o revertir estos procesos.

Estos resultados corroboran algunas tendencias mostradas en estudios previos y, junto con ellos, conforman los primeros pasos para establecer sistemas adecuados de

**Cuadro 4.** Clasificación de las áreas protegidas de acuerdo con las categorías de porcentaje de superficie transformada y tasa de cambio

		<i>Porcentaje de superficie transformada</i>			
		<i>Bajo</i>	<i>Medio</i>	<i>Alto</i>	<i>Muy alto</i>
<i>Tasa de cambio</i>	Recuperación de la vegetación (reducción en la superficie transformada )	Cobio Maderas del Carmen – Cañón de Santa Elena Cumbres de Monterrey Metzabok Naha Sierra Gorda de Guanajuato <sup>a</sup>	El Triunfo Mariposa Monarca Meseta de Cacaxtla <sup>a</sup> Selva El Ocote <sup>a</sup>	Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec La Encrucijada	Palenque
	Estable (Cero)	Bonampak Chamela-Cuixmala Iztaccihuatl-Popocatepetl Lacan Tun Ría Celestún Sian Ka'an Sierra La Laguna Tutuaca Uaymil Yaxchilán			
	Baja	Balaan Kaax <sup>a</sup> Calakmul Cuatrociénegas El Vizcaíno) Huatulco Sierra de Ajos / Bavispe Sierra de San Pedro Mártir		Cobio Chichináutzin – Tepoztlán – Lagunas de Zempoala Sierra de Huautla	
	Alta	Constitución de 1857 Montes Azules Yum Balam	La Sepultura Ría Lagartos Sierra de Álamos – Río Cuchujaqui Sierra de Manantlán Sierra Gorda Tehuacán-Cuicatlán	Barranca de Metztitlán <sup>a</sup> Cofre de Perote Volcán de Tacaná <sup>a</sup>	Los Tuxtlas

<sup>a</sup>= áreas protegidas que fueron decretadas después de 1998, por lo que los datos corresponden a un periodo previo a su decreto.

evaluación cuantitativa y sistemática de la efectividad de las AP para contener procesos de CUSV. Es importante resaltar la necesidad de establecer las condiciones que existen en las AP que permiten los mejores escenarios de conservación, así como las que imperan en las AP que han resultado en procesos de cambio significativos de la cobertura vegetal.

La conservación en las AP no se da como un proceso aislado de la dimensión social, política, económica y cultural. Los factores que inciden en la efectividad están ligados a los diversos procesos socioeconómicos y culturales asociados a la deforestación y el CUSV (Geist y Lambin, 1997; Lambin et al., 2001; Carr et al., 2005; de Sherbinin et al., 2007; Figueroa et al., 2009). Además, a los factores intrínsecos asociados a las AP, como el diseño, la planeación y operatividad institucional, el financiamiento e, incluso, factores como la corrupción y la impunidad (Carey et al., 2000), se

agregan la dinámica social local, los conflictos que se generan entre las instituciones ambientales y la población local por la restricción en el acceso y uso de los recursos naturales (Western y Wright, 1994; Ghimire y Pimbert, 1997; Wilsusen et al., 2002), la organización social de las comunidades que habitan las AP y el capital social (Hayes, 2006; Ostrom y Nagendra, 2006) que inciden en el desarrollo de procesos de transformación de los ecosistemas. La investigación sobre relación de estos factores y la dinámica del uso del suelo y la vegetación en las AP apenas se está desarrollando, pero se trata de campos de enorme importancia para documentar la toma de decisiones sobre las estrategias idóneas para lograr una conservación efectiva en cada caso.

*Reflexiones metodológicas. ¿Un índice es suficiente?*  
El índice de efectividad conjuga los valores de varios parámetros en una sola cifra que permite agrupar las AP según su grado de efectividad (Figueroa y Sánchez-

Cordero, 2008). Sin embargo, tal como está diseñado, el índice está influenciado fuertemente por los valores binarios (0-1) derivados de las comparaciones entre AP, áreas circundantes y ecorregiones. Las AP efectivas serían aquéllas con valor de 1 en ambos parámetros. A pesar de la gran utilidad de los índices de efectividad que brindan un diagnóstico general, sistemático y cuantitativo de la situación en la que se encuentran las AP, es poco recomendable basarse únicamente en éstos para juzgar su efectividad. Idealmente, este tipo de índices deben complementarse con la caracterización de los distintos escenarios de cambio en las AP (Cuadro 4), en virtud de que éstas se pueden calificar con un valor similar a través del índice de efectividad y, no obstante, encontrarse en muy distintas situaciones. Por esta razón, es importante tomar con cautela los valores de los índices y las clasificaciones derivadas directamente de ellos y matizar estos resultados con un diagnóstico de los procesos en cada AP.

Por otra parte, los métodos utilizados para realizar la evaluación influyen en los resultados obtenidos, lo que es inherente a cualquier método cuantitativo de evaluación. Por esta razón es necesario considerar las características de cada análisis y las limitaciones que conllevan las decisiones metodológicas. De hecho, los resultados de este estudio no son comparables directamente ni equivalentes a los de otros análisis previos (Sánchez-Cordero y Figuerola 2007; Figuerola y Sánchez-Cordero 2008; Figuerola et al., 2009), por las particularidades metodológicas de cada estudio (Cuadro 5), que pueden traducirse en valores de efectividad distintos en algunas AP. Por ejemplo, tomando en consideración únicamente las áreas compartidas por este estudio y el de Figuerola y Sánchez-Cordero (2008), encontramos que, en general, el método empleado aquí califica las AP más comúnmente como efectivas mediante el índice de efectividad. Esto se debe a que varias AP (p. ej. Cuatrociénegas, Cumbres de Monterrey y Lacan Tun) tuvieron un mayor incremento en la ST que en las áreas circundantes de tamaño equivalente al de ellas, pero menor que el de las áreas circundantes de 10 km a partir del límite del AP. Estas diferencias tienen una fuerte influencia en el valor del índice, por lo que la evaluación resultante es distinta. Si bien la comparación entre cada AP y su área circundante depende de la dinámica de los procesos de CUSV en cada contexto inmediato, la relación entre el área del AP y el de cada área circundante influye en los resultados. Cuando se utilizan áreas circundantes de tamaño estandarizado, las AP de menor tamaño se comparan con áreas circundantes proporcionalmente más grandes, respecto a su tamaño, que las AP más extensas. De este modo, el método de evaluación es distinto para AP grandes y pequeñas.

Por otro lado, los resultados obtenidos son distintos al comparar los procesos de cambio ocurridos dentro de las AP y su contexto geográfico, cuando se utiliza el estado de la República en el que se ubican (Figuerola y Sánchez-Cordero, 2008) o la ecorregión (este estudio). Tal es el caso de Yum Balam, que en el estudio de Figuerola y Sánchez-Cordero (2008) está evaluada como una AP más efectiva que en este estudio.

Estos ejemplos muestran cómo el enfoque metodológico puede incidir en algunas tendencias sobre la efectividad de las AP, aunque estas diferencias parezcan menores. Sin embargo, dentro de las posibilidades mostradas en el Cuadro 5, se propone que los criterios de selección de AP para los análisis se restrinjan a su tamaño (en función de la escala de los mapas de uso de suelo y vegetación que se utilicen) y que la fecha de decreto incluya, por lo menos, la mitad del periodo de evaluación de los procesos de CUSV. Además, los procesos de CUSV en las AP deben compararse con los ocurridos en áreas circundantes de tamaño equivalente y no con áreas circundantes de tamaño estandarizado que pueden inducir diferencias en la evaluación entre AP en función de su tamaño. Concretamente, cuando se incluyen áreas circundantes de tamaño estandarizado, las AP pequeñas se comparan con áreas proporcionalmente más grandes, en tanto que las de gran tamaño, son contrastadas con áreas proporcionalmente menores. Idealmente, los procesos de CUSV observados en las AP se deben comparar con los que ocurren en sus respectivas ecorregiones y desechar el uso de las unidades políticas como marco de comparación, pues al interior de cada ecorregión se comparten características ambientales y agroproductivas que inciden en los procesos de CUSV.

Aunado a estas recomendaciones, es necesario complementar estas evaluaciones con análisis a escalas más detalladas, sobre todo en el caso de las AP de menor tamaño en las que a una escala 1:250 000 es más probable sobreestimar cambios en las coberturas. Estudios subsecuentes a escalas más detalladas también deben abocarse a analizar los procesos de fragmentación y la dinámica de la vegetación primaria y secundaria (Chai et al., 2009; Román-Cuesta y Martínez-Vilalta, 2006), así como indagar más sobre las causas sociales y económicas que generan los procesos de cambio (Ostrom y Nagendra, 2006; Figuerola et al., 2009). Además, partiendo del concepto de que la conservación no sólo es un reto ecológico sino también social, es necesario generar métodos de evaluación de la efectividad que integren adecuadamente elementos de diversos ámbitos (véase Lü et al., 2003).

La efectividad de las AP y su relación con factores ambientales, económicos, políticos y sociales constituye un problema de investigación complejo. Las evaluaciones

**Cuadro 5.** Especificaciones de los métodos utilizados en varios estudios de efectividad para prevenir los procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación de las AP en México

<i>Estudio</i>	<i>Selección de áreas</i>	<i>Fuentes</i>	<i>Contexto de comparación</i>	<i>Evaluación efectividad</i>
Sánchez-Cordero et al. (2007)	Federales y estatales, superficie (>1000 ha), fecha decreto (<1997) y >70% de superficie en una sola ecorregión	Carta AP 2007	Área circundante 10 km y ecorregión	Clasificación mediante 4 parámetros
Figueroa y Sánchez-Cordero (2008)	Federales Superficie (>1000 ha) y fecha decreto (<1997)	Carta AP 2003	Área circundante con superficie equivalente al AP y estado de la república	Índice (suma de 5 parámetros)
Figueroa et al. (2009)	Federales Reservas de la biosfera, fecha de decreto (<1997)	Carta AP 2003	Área circundante equivalente al AP y ecorregión	Clasificación mediante 3 parámetros
Este estudio	Federales Selección de AP realizada por Conanp	Carta AP 2007	Área circundante 10km diámetro y ecorregión	Índice (suma de 4 parámetros) y clasificación mediante 2 parámetros

de efectividad de manejo están sujetas a un alto grado de subjetividad y están enfocadas más a la eficacia institucional y menos a los efectos concretos que tiene esta estrategia de conservación (Bhagwat et al., 2001; Nepstad et al., 2006). El desarrollo de este campo de investigación deberá partir de un enfoque multidisciplinario en el que se generen evaluaciones cuantitativas y sistemáticas que comparen el desempeño de las AP con el de otras formas de manejo, y en las que se integre una mayor diversidad de criterios de evaluación.

**Agradecimientos**

A la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), por el apoyo financiero para el desarrollo de este estudio; a R. Esquivel, G. Ibarra-Manríquez y a 2 revisores, por los comentarios valiosos que mejoraron sustantivamente el trabajo; al CONACYT (Proyecto SEP-CONACYT 25048), por el apoyo para la realización de este proyecto, así como por el de las becas de doctorado y posdoctorado que respectivamente recibieron de la misma institución F. Figueroa y P. Illoldi.

**Literatura citada**

Bhagwat, S. A., N. D. Brown, T. Evans, S. Jennings y P. Savill. 2001. Parks and factors in their success. *Science* 293:1045-1047.  
 Bhagwat, S. A., C. G. Kaushalappa, P. H. Williams y N. D. Brown. 2005. The role of informal protected areas in maintaining

biodiversity in the Western Ghats of India. *Ecology and Society* 10:8-28.  
 Brandon, K., K. H. Redford y S. E. Sanderson. 1998. Parks in peril. people, politics, and protected areas. The Nature Conservancy - Island Press, Washington, D. C.  
 Brandon, K., L. J. Gorenflo, A. S. L. Rodrigues y R. W. Waller. 2005. Reconciling biodiversity conservation, people, protected areas, and agricultural suitability. *World Development* 33:1403-1418.  
 Carey, C., N. Dudley y S. Stolton. 2000. *Squandering paradise?* WWF, Gland.  
 Caro, T. M. 2001. Species richness and abundance of small mammals inside and outside an African national park. *Biological Conservation* 98:251-257.  
 Carr, D. L., L. Suter y A. Barbieri. 2005. Population dynamics and tropical deforestation: state of the debate and conceptual challenges. *Population and Environment* 27:89-113.  
 Chai, S.-L., E. Tanner y K. McLaren. 2009. High rates of forest clearance and fragmentation pre- and post- national park establishment: the case of a Jamaican montane rainforest. *Biological Conservation* 142:2484-2492.  
 Chape, S., S. Blyth, L. Fish, P. Fox y M. Spalding (comps.) 2003. 2003 United Nations list of protected areas. IUCN, Gland and Cambridge.  
 Chape, S., J. Harrison, M. Spalding y I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences* 360:443-455.  
 Chase, T. N., R. A. Pielke, T. G. F. Kittel, R. R. Nemani y S.

- W. Running. 2000. Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. *Climate Dynamics* 16:93-105.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Mapa de Áreas Naturales Protegidas Federales de México, 1:250,000, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D. F.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) y CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. Mapa de Áreas Naturales Protegidas. CONANP/ CONABIO, México, D. F.
- de Sherbinin, A. y M. Freudenberger. 1998. Migration to protected areas and buffer zones: can we stem the tide? *Parks* 8:38-53.
- de Sherbinin, A., D. Carr, S. Cassels y L. Jiang. 2007. Population and Environment. *Annual Review of Environmental Resources* 32:1-29.
- Ervin, J. 2003a. Protected area assessments in perspective. *Bioscience* 53:819-822.
- Ervin, J. 2003b. Rapid assessment of protected area management effectiveness in four countries. *Bioscience* 53:833-841.
- Ferraro, P. J. y S. K. Pattanayak. 2006. Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity investments. *PLoS Biology* 4:482-488.
- Figuerola, F. y V. Sánchez-Cordero. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 17:3223-3240.
- Figuerola, F., V. Sánchez-Cordero, J. A. Meave e I. Trejo. 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation* 36:180-191.
- Friedman, S. K. y E. H. Zube. 1992. Assessing landscape dynamics in a protected area. *Environmental Management* 16:363-370.
- Geist, H. J. y E. F. Lambin. 1997. Proximate and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience* 52:143-150.
- Ghimire, K. B. y M. P. Pimbert. 1997. Social change and conservation: an overview of issues and concepts. *In* Social change and conservation, K. B. Ghimire y M. P. Pimbert (eds.). Earthscan, London. p. 1-45.
- Goodman, P. S. 2003. Assessing management effectiveness and setting priorities in protected areas in KwaZulu-Natal. *Bioscience* 53:843-850.
- Hayes, T. M. 2006. Parks, people, and forest protection: an institutional assessment of effectiveness. *World Development* 34:2064-2075.
- Hockings, M. 1998. Evaluating management of protected areas: integrating planning and evaluation. *Environmental Management* 22:337-345.
- Hockings, M. 2003. Systems for assessing the effectiveness of management in protected areas. *Bioscience* 53:823-832.
- Hayes, T. M. 2006. Parks, people, and forest protection: an institutional assessment of the effectiveness of protected areas. *World Development* 12:2064-2075.
- Houghton, R. A., J. L. Hackler y K. T. Lawrence. 1999. The U. S. carbon budget: contributions from land-use change. *Science* 285:574-578.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1993. Mapa de uso del suelo y la vegetación, serie 2, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación (continuo nacional), serie 3, 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Dirección General de Geografía, Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) e INE (Instituto Nacional de Ecología). 2007. Mapa de ecorregiones terrestres de México, 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F.
- Islam, K. R. y R. R. Weil. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 79:9-16.
- IUCN (World Conservation Union). 2005. Benefits beyond boundaries: Proceedings of the Vth IUCN World Parks Congress. The Vth IUCN World Parks Congress. IUCN, Durban [South Africa].
- IUCN (World Conservation Union) y WCPA (World Commission on Protected Areas). 1998. 1997 United Nations List of Protected Areas. IUCN, Gland.
- Kinnard, M. F., E. W. Sanderson, T. G. O'Brien, H. T. Wibisono y G. Woolmer. 2003. Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology* 17:245-257.
- Lambin, E. F., B. L. Turner, J. G. Helmut, 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* 11:261-269.
- Lidlaw, R. K. 2000. Effects of habitat disturbance and protected areas of mammals of peninsular Malaysia. *Conservation Biology* 14:1639-1648.
- Little, P. D. 1994. The link between participation and improved conservation: a review of issues and experiences. *In* Natural connections. perspectives in community-based conservation, D. Western, R. M. Wright y S. C. Strum, (eds.). Island, Washington, D. C. p. 347-372.

- Liu, J., M. Linderman, Z. Ouyang, L. An, J. Yang y H. Zhang. 2001. Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for giant pandas. *Science* 292:98-101.
- Lü, Y., L. Chen, B. Fu y S. Liu. 2003. A framework for evaluating the effectiveness of protected areas: the case of Wolong Biosphere Reserve. *Landscape and Urban Planning* 63:213-233.
- Margules C. R., y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405:243-253.
- Margules, C. R. y S. Sarkar. 2007. *Systematic Conservation Planning*. Cambridge University Press, Cambridge. 342 p.
- Mas, J. 2005. Assessing protected area effectiveness using surrounding (buffer) areas environmentally similar to the target area. *Environmental Monitoring and Assessment* 105:69-80.
- Mwamfupe, D. 1998. Demographic impacts on protected areas in Tanzania and option for action. *In* Population and parks, A. de Sherbinin (ed.). IUCN, Gland. p. 3-14.
- Nepstad, D., S. Schwartzman, B. Bamberger, M. Santilli, D. Ray, P. Schleisinger, P. Lefebvre, A. Alencar, E. Prinz, G. Fiske y A. Rolla. 2006. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. *Conservation Biology* 20:65-73.
- Ostrom, E. y H. Nagendra. 2006. Insights on linking forests, trees, and people from the air, on the ground, and in the laboratory. *Proceedings of the National Academy of Science* 103:19224-19231.
- Parrish, J. D., D. P. Braun y R. S. Unnasch. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *Bioscience* 53:851-860.
- Pressey, R. L., G. L. Wish, T. W. Barret y M. E. Watts. 2002. Effectiveness of protected areas in north-eastern New South Wales: recent trends in six measures. *Biological Conservation* 106:57-69.
- Rao, M., A. Rabinowitz y S. T. Khaing. 2002. Status review of the protected area system in Myanmar, with recommendations for conservation planning. *Conservation Biology* 16:360-368.
- Riezebos, H. T. y A. C. Loerts. 1998. Influence of land use change and tillage practice on soil organic matter. *Soil and Tillage Research* 49:271-275.
- Rodrigues A., S. Andelman, M. Bakarr, L. Boitani, T. Brooks, R. Cowling, L. Fihpool, G. da Fonseca, K. Gaston, M. Hoffman, J. Long, P. Marquet, J. Pilgrim, R. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S. Stuart, L. Underhill, R. Waller, M. Watts y X. Yan. 2004. Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428:640-643.
- Román-Cuesta, R. M. y J. Martínez-Vilalta. 2006. Effectiveness of protected areas in mitigating fire within their boundaries: case study of Chiapas, Mexico. *Conservation Biology* 20:1074-1086.
- Sala, O. E., F. S. Chapin III, J. J. Armeso, E. Berlow, J. Bloomfield, R. Dirzo, E. Huber-Sanwald, L. F. Huenneke, R. B. Jackson, A. Kinzig, R. Leemans, D. M. Lodge, H. A. Mooney, M. Oesterheld, N. LeRoy Poff, M. T. Sykes, B. H. Walker, M. Walker y D. H. Wall. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- Sánchez-Azofeifa, G. A., C. Quesada-Mateo, P. González-Quesada, S. Dayanandan y K. S. Bawa. 1999. Protected areas and conservation of biodiversity in the tropics. *Conservation Biology* 13:407-411.
- Sánchez-Cordero, V., P. Iloldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar y A. T. Peterson. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- Sánchez-Cordero, V., F. Figueroa, P. Iloldi-Rangel y M. Linaje. 2007. Efectividad de una selección de áreas protegidas para conservar la vegetación primaria y evitar el incremento de las áreas transformadas. *In* Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad/ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas/ The Nature Conservancy-Programa México/ Pronatura/ Universidad Autónoma de Nuevo León, México. p. 53-56.
- Singh, S. 1999. Assessing management effectiveness of wildlife protected areas in India. *Parks* 9:34-49.
- Turner, B. L. II, E. F. Lambin y A. Reenberg. 2007. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability. *Proceeding of the National Academy of Science* 104:20666-20671.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco y J. M. Melillo. 1997. Human domination of earth's ecosystems. *Science* 277:494-499.
- Western, D. y R. M. Wright. 1994. The background to community based conservation. *In* Natural connections: perspectives in community-based conservation, D. Western, R. M. Wright y S. C. Strum (eds.). Island, Washington, D.C. p. 1-14.
- Wilshusen, P. R., S. R. Brechin, C. L. Fortwangler y P. C. West. 2002. Reinventing a square wheel: critique of a resurgent "protection paradigm" in international biodiversity conservation. *Society and Natural Resources* 15:17-40.
- Woodroffe, R. y J. R. Ginsberg. 1998. Edge effects and extinction of populations inside protected areas. *Science* 280:2126-2127.
- WWF (World Wide Fund for Nature). 2004. *Are Protected Areas Working? An Analysis of Forest Protected Areas by WWF*. WWF-International, Gland.