

Proyecto: *Monitoreo de la cubierta del suelo y la deforestación en el Estado de Michoacán: un análisis de cambios mediante sensores remotos a escala regional* (Clave MICH-2012-C03-192429)

Revisión de la bibliografía publicada sobre cambio de uso del suelo en Michoacán

G. Bocco (Febrero 2014)

1. Introducción

El propósito de esta revisión es recopilar la información publicada acerca del cambio de cubierta y uso del terreno en el estado de Michoacán. El objetivo es ofrecer una síntesis de los datos obtenidos, con énfasis en deforestación, y alguna referencia a las fechas y métodos. Esto para poder ubicar los resultados del proyecto FOMIX en un contexto más amplio. La premisa es que dependiendo del enfoque y de la resolución de los datos, los resultados serán sensiblemente diferentes. Otro punto central son las categorías, mismas que no han sido uniformizadas ni en Michoacán ni, en general, en todos los estudios.

De este modo, el proyecto deberá establecer algo así como una línea de base cuantitativa que permita desarrollar laboratorio de análisis de largo plazo, a escala estatal, del cambio en las cubiertas. La comprensión de los procesos de cambio de uso, en cambio debe abordarse a escalas más detalladas, ya que buena parte de los indicadores y respuestas no se derivan de datos espectrales, cualquiera sea el tratamiento que se aplique.

Los resultados de la revisión se presentan primero a nivel estatal, y luego a nivel de estudios por regiones del Estado (zona volcánica templada, trópico seco de la sierra-costa, con diferenciaciones a su interior a nivel de subregión). El énfasis estará en la deforestación y cuando sea posible en la degradación forestal, mucho más difícil de detectar por cualquier método.

El tema de incertidumbre o calidad de bases de datos no será reseñado en este texto. A tal efecto referimos a Couturier y Mas (2009), y a Mas, Velázquez y Couturier (2009). La búsqueda de bibliografía también arrojó otros resultados, tales como Albino (2010), sobre políticas ambientales en la cuenca del lago de Cuitzeo.

2. El nivel estatal

Bocco, G., O. R. Maser, & M. Mendoza. (2001) realizan uno de los primeros estudios sobre cambio de cubierta y deforestación para todo el estado durante el periodo de la década de los años setenta-noventa a escala 1:250,000. Utilizaron espacio-mapas producidos por INEGI, es decir, composiciones falso-color derivadas de imágenes Landsat TM (30 m de resolución), impresas a escala 1:250,000.

Los resultados obtenidos indican que, en un lapso de 18 años se perdieron en Michoacán 513,644 ha de bosques templados y 308,292 ha de selvas, correspondientes a tasas de deforestación de 1.8% y 1% anual respectivamente. Adicionalmente, 20% de la superficie con bosques y selvas sufrió un proceso de degradación. Existen diferencias significativas a nivel municipal. A escala estatal, las hipótesis que sugieren cambios debidos a presión demográfica, o por factores ligados a necesidades de subsistencia no operan. Los cambios más importantes tanto para bosques como para selvas ocurren en zonas relativamente remotas, con baja presión demográfica, y no están generando actividades productivas alternas para la población del estado.

Cuadro 1. Cambio de cobertura vegetal y uso del suelo en Michoacán. Suma algebraica de las superficies por clase

Clase de cobertura	1970's		1990's		Cambio de la superficie ha
	ha	%	ha	%	
Cuerpos de Agua	101 176	1.7	95 332	1.6	-5 844
Cultivos semipermanentes	39 784	0.7	508 148	8.5	468 364
Cultivos anuales	1 404 536	23.7	1 396 808	23.5	-7 728
Pastizal	487 828	8.2	480 976	8.1	-6 852
Matorral	252 848	4.3	587 824	9.9	334 976
Bosque templado	1 811 232	30.5	474 400	8.0	-1 336 832
Bosque templado abierto	-	-	823 188	13.8	823 188
Selva baja	1 827 232	30.8	1 129 096	19.0	-698 136
Selva baja abierta	-	-	389 844	6.6	389 844
Suelo desnudo	5 724	0.1	29 784	0.5	24 060

Cuadro 2. Cambio de bosque y selva en Michoacán por tipo de relieve (%)

Clases	Relieve Plano	Relieve Transicional	Relieve Escarpado
Bosque templado	2.3	6.5	91.2
Selva baja	10.6	7.7	81.8

Cuadro 3. Matriz de transición de cobertura y uso de suelo (ha)

Cobertura 1970's	Cobertura 1990's							Total 1990's
	Otras cob. no vegetales	Otras cob. vegetales	Cultivos	Bosque templado	Selva baja	Bosque abierto	Selva abierta	
Otras coberturas no vegetales	78 816	7 456	15 672	388	2 992	1 064	308	106 696
Otras coberturas vegetales	14 816	341 256	261 348	11 532	43 324	26 336	41 652	740 264
Cultivos	33 336	182 136	1 070 248	20 076	43 700	65 672	27 512	14 42 680
Bosque templado	9 444	286 420	259 340	421 764	116 304	662 200	55 232	1 810 704
Selva baja	14 496	247 836	289 956	20 516	920 660	67 740	263 324	1 824 528
Total 1990's	150 908	1 065 104	1 896 564	474 276	1 126 980	823 012	388 028	

Bocco, G., M. Mendoza, & A. Velázquez (2001) utilizaron los datos de cambio de cobertura descritos en el trabajo anterior, y los combinaron con datos de formas del terreno, como una herramienta para la planeación del uso del suelo (tabla 4).

Table 4
Quantitative distribution of major landforms and dominant cover

Geomorphic region	Percentage of total area	Dominant cover
Valleys	5.3	crops, dry forest
Plains	7.5	crops
Plateaus	1.0	dry and temperate forests
Piedmonts	8.0	crops
Very low hills	17.9	crops, dry forest
Low hills	15.0	dry forest, crops
High hills	16.6	dry and temperate forests, grass-shrubs
Sierras	27.1	dry and temperate forests, grass-shrubs

The difference to 100% is occupied by water and man-made features. Dominant cover represents more than 60% of unit areas.

Cuevas (2005) elaboró un pronóstico de cambio de uso de suelo en áreas forestales del estado de Michoacán. A tal efecto se basó en los datos reportados por Mas et al. (2003) (artículo en el JAG) para el nivel nacional (serie 1 de INEGI, 1976 e INF 2000), y los ajustó a la escala estatal. Los resultados coinciden, en cuanto a tendencias, con los reportados por Bocco et al. (2001): decremento de bosques y selvas, incremento de bosques y selvas secundarios, e incremento de cultivos (probablemente perennes).

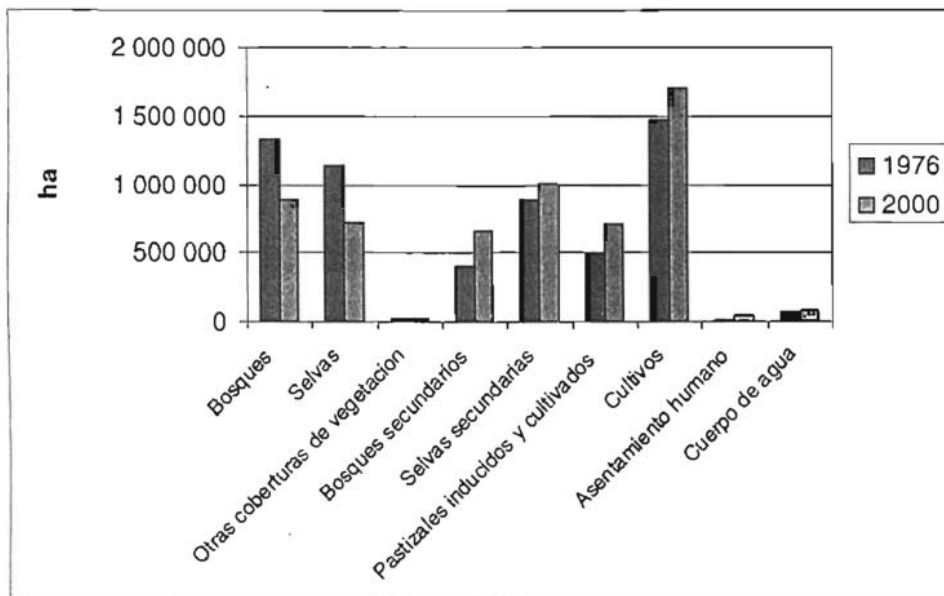


Figura 3.1. Distribución de la superficie de Michoacán según subformaciones vegetales, 1976-2000.

Cuadro 3.1. Matrices de cambio de uso del suelo al nivel subformación en el periodo 1976-2000 en valores absolutos y porcentuales. Estado de Michoacán.

Matriz de cambio de uso del suelo al nivel subformación 1976-2000 en valores absolutos de superficie (ha). Estado de Michoacán.

Subformación 1976	Subformación 2000										TOTAL
	Bosques y selvas	Matorral	Pastizales naturales	Otras coberturas de vegetación	Bosques y selvas secundarios	Matorral secundario	Pastizales inducidos y cultivados	Cultivos	Cuerpo de agua	Asentamiento humano	
Bosques y selvas	1 356 814.63		519.30	1521.56	714 765.23		170 000.59	221 000.76	4 738.88	1 627.46	2 471 188.41
Matorral		862.66	151.33	60.97	54.03	441.32	38.90	189.66	186.57		1 965.42
Pastizales naturales			79.36	3.50				18.91			101.77
Otras coberturas de vegetación	900.75	0.96	88.77	14 711.86	1 520.60		1 247.47	8 721.61	3 890.28	129.31	31 211.81
Bosques y selvas secundarios	150 180.84	2.01	482.24	584.48	777 612.07	27.06	192 786.17	169 539.24	1 877.21	3 291.00	1 296 382.31
Matorral secundario						0.00		252.46			252.46
Pastizales inducidos y cultivados				167.05	76 321.78	60.25	288 136.75	80 741.18	437.51	5 177.66	451 042.18
Cultivos						18.04	54 098.33	1 220 647.12	10 651.01	36 017.71	1 321 432.21
Cuerpo de agua				4 114.86			1 414.11	3 234.53	57 457.94	118.12	66 339.56
Asentamiento humano							0.13	162.09		6 007.22	6 169.45
TOTAL	1 507 896.21	865.62	1 320.99	21 164.29	1 570 273.71	546.67	707 722.45	1 704 507.75	79 239.40	52 568.48	5,646,105.58

Y Los principales cambios falsos fueron omitidos, por lo cual disminuyó la superficie estatal para realizar los cálculos.

Matriz de cambio de uso del suelo al nivel subformación 1976-2000 en valores porcentuales de superficie. Estado de Michoacán.

Subformación 1976	Subformación 2000										TOTAL
	Bosques y selvas	Matorral	Pastizales naturales	Otras coberturas de vegetación	Bosques y selvas secundarios	Matorral secundario	Pastizales inducidos y cultivados	Cultivos	Cuerpo de agua	Asentamiento humano	
Bosques y selvas	54.91	0.00	0.02	0.06	26.92	0.00	6.88	8.94	0.19	0.07	100.00
Matorral	0.00	43.45	7.62	3.07	2.72	22.23	1.96	9.55	9.40	0.00	100.00
Pastizales naturales	0.00	0.00	77.98	3.44	0.00	0.00	0.00	18.58	0.00	0.00	100.00
Otras coberturas de vegetación	2.89	0.00	0.28	47.14	4.87	0.00	4.00	27.94	12.46	0.41	100.00
Bosques y selvas secundarios	11.58	0.00	0.04	0.05	59.88	0.00	14.87	13.08	0.14	0.25	100.00
Matorral secundario	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
Pastizales inducidos y cultivados	0.00	0.00	0.00	0.04	16.92	0.01	63.88	17.90	0.10	1.15	100.00
Cultivos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.09	92.37	0.81	2.73	100.00
Cuerpo de agua	0.00	0.00	0.00	6.20	0.00	0.00	2.13	4.88	86.61	0.18	100.00
Asentamiento humano	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.63	0.00	97.37	100.00
TOTAL	26.71	0.02	0.02	0.37	27.81	0.01	12.53	30.19	1.40	0.93	100.00

Cuadro 3.2. Tasas de cambio anual para cada subformación. Estado de Michoacán.

Subformación	1976		2000		Cambio		Tasa de cambio anual (%)
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	
Bosques y selvas	2 471 188.41	43.77	1 507 896.21	26.71	-963 292.20	-17.06	-2.04
Matorral	1 985.42	0.04	865.62	0.02	-1 119.80	-0.02	-3.40
Pastizales naturales	101.77	0.00	1 320.99	0.02	1 219.22	0.02	11.27
Otras coberturas de vegetación	31 211.81	0.55	21 164.29	0.37	-10 047.52	-0.18	-1.61
Bosques y selvas secundarios	1 296 382.31	22.96	1 570 273.71	27.81	273 891.40	4.85	0.80
Matorral secundario	252.46	0.00	546.67	0.01	294.22	0.01	3.27
Pastizales inducidos y cultivados	451 042.18	7.99	707 722.45	12.53	256 680.28	4.55	1.89
Cultivos	1 321 432.21	23.40	1 704 507.75	30.19	383 075.54	6.78	1.07
Cuerpo de agua	66 339.56	1.17	79 239.40	1.40	12 899.84	0.23	0.74
Asentamiento humano	6 169.45	0.11	52 568.48	0.93	46 399.03	0.82	9.34
TOTAL	5 646 105.58	100.00	5 646 105.58	100.00			

Los valores negativos indican pérdida de superficie y los positivos una ganancia.

$$\text{Tasa de cambio (\%)} = \left(\left(1 - \left(\frac{S1 - S2}{S1} \right)^{1/n} - 1 \right) \right) (100)$$

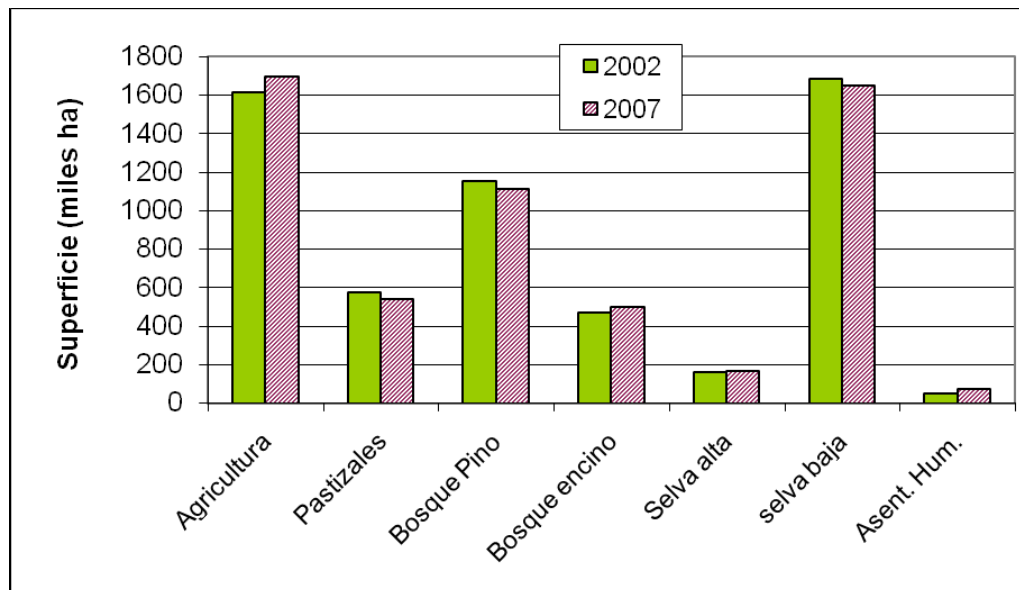
S1 Superficie en la fecha 1

S2 Superficie en la fecha 2

n es el número de años entre las dos fechas.

La tasa anual de cambio para bosques y selvas es de 2.0 % (misma que compara aceptablemente con el estudio previo), la disminución de matorral natural del 3.4 %, el incremento del matorral secundario de 3.3 % (patrón análogo al detectado para la cuenca del lago de Cuitzeo; igual en relación con el estudio anterior, aunque en ese caso no se diferencia el natural del inducido) , e incremento de cultivos de 1.1 % (tendencia análoga detectada en el anterior para los semi-permanentes).

Las tendencias señaladas se mantienen entre 2002 y 2007 en: Pérez Vega et al. (2010 y 2010a).



3. El nivel regional

3.1. Región volcánica central con bosque templado y matorrales (inducidos)

Cuenca de Cupatitzio

Bravo et al (2012) evaluaron los cambios cobertura del suelo y uso de la tierra entre 2003 y 2008 en la sub-cuenca del Río Cupatitzio situado entre el Sistema Volcánico Trans-Mexicano y Depresión del Balsas en México. Las bases de datos se construyeron a partir de la integración de datos existentes (1975 y 2003), y la interpretación la interpretación de imágenes SPOT pancromática para el año 2008. El nivel de confianza de la base de datos del 2008, es superior al 90%. Los bosques templados de coníferas y bosques tropicales o selvas bajas caducifolias y sub-caducifolios se redujeron a una tasa anual de 0.9% entre los años 1975 y 2008, principalmente debido a la conversión a usos agrícolas y urbanos. El uso agrícola se expandió a un ritmo de 2.574 ha por año a partir de 2003 a 2008.

Communities of LCLU	Area (ha)			Rate (%)			Change in area (ha)		
	1975	2003	2008	1975-2003	1975-2008	2003-2008	1975-2003	1975-2008	2003-2008
Mesophylousmontaneforest	1,835.3	1,027.2	1,013.8	-2.05	-1.78	-0.01	- 808.1	- 821.5	- 13.4
Firforest		387.0	410.0			+0.01	+ 387.0	+ 410.0	+ 23.0
Pine forest	28,857.7	21,826.9	21,872.9	-0.99	-0.83	+0.04	- 7,030.8	- 6,984.8	+ 46.0
Oakforest	10,390.6	12,097.4	18,508.3	+0.54	+1.76	+8.8	+ 1,706.8	+ 8,117.7	+ 6,410.9
Pine-oak and oak-pine forest	86,021.0	71,624.2	62,688.4	-0.65	-0.95	-2.6	- 14,396.8	- 23,332.6	- 8,935.8
Tropical low deciduous and sub-deciduous	41,151.4	33,923.1	30,315.0	-0.68	-0.92	-2.2	- 7,228.3	- 10,836.4	- 3,608.1
Rainfedagriculture	69,035.6	74,411.1	87,281.4	+0.26	+0.71	+3.24	+ 5,375.5	+ 18,245.8	+12,870.3
Irrigation and eventual irrigation agriculture	29,012.9	38,183.9	32,592.5	+0.98	+0.35	-3.11	+ 9,171.0	+ 3,579.6	- 5,591.4
Inducedgrassland	14,006.1	21,124.5	18,004.1	+1.47	+0.76	-3.14	+ 7,118.4	+3,998.0	- 3,120.4
Baresoil		201.1	192.4			+0.01	+ 201.1	+192.4	- 8.7
Human settlements	1,166.5	6,101.7	7,916.8	+6.1	+5.9	+5.3	+4,935.2	+6,750.3	+1,815.1
Waterbodies		569.1	681.6			+3.67	+569.1	+681.6	+112.5
Total	281,477.1	281,477.2	281,477.2						

Table 2. Tasa de cambio por categoria de cubierta / uso del suelo (Rates of change by land cover and land use clase).

Bosque húmedo de montaña

Dobler (2013) analizó la distribución y cambio de cobertura del bosque húmedo de montaña de Michoacán (Tingambato al NW, hasta Villa Madero al SE.). Se realizó mediante la clasificación de coberturas forestales en cuatro periodos de tiempo cercanos entre ellos (2000, 2003, 2007, 2011). Se utilizaron distintas variables físicas y socio-económicas relacionadas con el proceso de deforestación. El resultado es un modelo dinámico, y los resultados exponen el potencial de deforestación que presentan los BHM de la zona en un escenario estable y reciente.

Pertenencia a BHM	Potencial de transición	Km²
1 Alta	Alta	2.35
2 Alta	Media	8.19
3 Alta	Baja	32.47
4 Media	Alta	3.20
5 Media	Media	9.05
6 Media	Baja	53.00
7 Baja	Alta	18.23
8 Baja	Media	40.91
9 Baja	Baja	209.53
Total		376.93

Álvarez (2013) también trabajo en la misma región, pero poniendo énfasis en dos zonas, Tingambato, Pátzcuaro-Zirahuén y Tacámbaro Villa Madero, alrededor de los fragmentos de BHM reportados por el INEGI (1976). Álvarez realizó una interpretación visual de ortofotos de 1995 e imágenes SPOT fusionadas de 2010. La interpretación visual fue validada, indicando más de 90 % de confianza global. En ambas zonas, las coberturas arbóreas con mayores pérdidas fueron los bosques de coníferas y latifoliadas, así como los BHM. La pérdida de BHM, se asoció principalmente a las actividades agrícolas (principalmente cultivo de aguacate) e incendios forestales

Sierra de Mil Cumbres

Martínez (2013), analizó los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo en una porción de la Sierra de Mil Cumbres. Las base de datos fueron generadas por interpretación visual de ortofotos (1994) y una imagen SPOT fusionada de 2009. En nivel de confianza global estimado fue de 95%. La cobertura de bosques de coníferas y latifoliadas fue la cobertura que más superficie perdió (3.2 %); es notorio que los bosques de pino y latifoliadas casi duplicaron su superficie.

Superficies de las categorías del mapa de CUS de 1994

Categoría	Superficie (Ha)	% de la ventana
Bosque de coníferas	1,383.3	7.2
Bosque de coníferas y latifoliadas	10,970.2	57.3
Bosque de latifoliadas	212.9	1.1
Bosque mesófilo de montaña	1,423.5	7.4
Matorral subtropical	2,669.6	13.9
Pastizal inducido	1,316.7	6.9
Agricultura de riego y humedad	1,149.1	6.0
Asentamientos humanos	32.8	0.2
	19,158.2	100.0

Superficies de las categorías del mapa de CUS del 2009

Categoría	Superficie (Ha)	% de la ventana
Bosque de coníferas	2,519.6	13.2
Bosque de coníferas y latifoliadas	10,382.7	54.1
Bosque de latifoliadas	381.2	2.0
Bosque mesófilo de montaña	1,058.6	5.5
Matorral subtropical	2,769.5	14.5
Pastizal inducido	1,267.8	6.6
Agricultura de riego y humedad	703.5	3.7
Asentamientos humanos	71.9	0.4
Cuerpo de agua	3.4	0.0
	19,158.2	100.0

La meseta purépecha

Works y Hadley (2000, 2004) estudiaron procesos de cambio y sus implicaciones en el suministro de madera para mueblerías locales en las comunidades de Pichátaro y Sevina, en la Meseta a partir de 1990. Recurrieron a listados de comercios, entrevistas e inspección de la estructura de los bosques en ambas comunidades. Encontraron que Sevina dejó de auto-abastecerse en madera en tanto Pichátaro pudo seguir abasteciendo a cerca de 300 comercios, si bien en ambos casos se detectaron procesos de deforestación y degradación forestal. Este tipo de resultados indica que los cambios no sólo pueden ser contrastantes a nivel estatal, sino que a nivel local y en condiciones relativamente semejantes, ocurren procesos contradictorios. Entender la naturaleza de los cambios es más complejo que cuantificarlos y explicar de manera superficial los mismos.

Marzoli, W. A. (1998), Ruiz, F. (1998), Brown et al. (2007), y Hall, M., G. Guerrero, & O. Maser. (1998) utilizan datos pre-existentes del INEGI y modelamiento prospectivo para calcular tasas de deforestación y su cambio probable en cuatro regiones purépecha de Michoacán (bosque templado). El cuadro 17 y 17 bis sugiere una tendencia a mantenerse la deforestación en las zonas estudiadas, y naturalmente en toda la región purépecha, de mantenerse las condiciones de manejo y política actuales. Dadas las características de estos estudios es difícil rescatar cifras precisas, y resulta más confiable reconocer las tendencias estimadas mismas que apuntan a la continuidad de la deforestación del bosque templado del centro de Michoacán. Las tasas calculadas se mueven en un rango anual de entre el 0.8 y 2.6%. En cualquier caso, resulta ser llamativamente alto, incluso comparadas con el nivel nacional.

Tabla 17. Tasa de deforestación para región de la Meseta Purépecha y para cada una de las cuatro sub-regiones

sub-región	Cubierta forestal 1993	Cubierta forestal 2000	Cambio (A1-A2)	Tasa Ha/año
Uruapan	84,274	78,821	5,453	779
Tancítaro	39,854	38,652	1,202	172
Pátzcuaro	64,578	57,258	7,320	1,045
Meseta	100,707	95,146	5,561	794
TOTAL				2,790

	Modelo menos	Modelo más
Periodo	Tasa anual de deforestación(%)	
1960-1970	-1.78	-1.66
1970-1980	-2.13	-1.84
1980-1990	-2.64	-2.22
1990-1995	-2.40	-1.96
1995-2000	-2.28	-1.84
2000-2005	-1.93	-1.54
2005-2010	-1.59	-1.27
2010-2015	-1.30	-1.04
2015-2020	-1.05	-0.84
1995-2020	-1.63	-1.31

Cuadro 17 bis. Tasa anual de deforestación

Guerrero et al. (2008) analizaron la dinámica de cambio de uso en la región Purépecha entre 1986 y 2000, utilizando clasificación multi-espectral de imágenes satelitales y el INF 2000, respectivamente. Las tasas de deforestación (ha/año) por municipio fueron: Uruapan 896, Tancitaro 985, Patzcuaro 576; para el resto de la Meseta 1,355, lo cual arroja un total de 3,812 ha/año. Las huertas (aguacate) aumentaron de casi un 5 % a casi un 9 % del área de estudio. El bosque secundario se recupera en un 17 % o se degrada a agricultura en un 19 %. Los matorrales se transforman en cubiertas antrópicas en un 26 % o se recuperan a bosques secundarios en un 24 %. Un 6 % de los bosques se deforestan, y un 19 % pasan a bosques secundarios. Estiman una deforestación de 24 % del bosque para 2010 y un 60 % para 2025 (con base en su modelo prospectivo).

Garibay y Bocco (2007) utilizaron imágenes SPOT y datos INEGI serie 1 (1976), con los siguientes resultados (presentados con diferentes niveles de agregación de categorías).

Cuadro 9. Tasas de cambio de formaciones vegetales.

Formación	Ha 1976	Ha 2000	Ha 2005	1976-2000	Tasa 1976-2005	Tasa 2000-2005
Bosques	221,097.2	203,613.1	201,065.1	-0.34	-0.33	-0.25
Cultivos	156,949.5	168,122.5	170,851.0	0.29	0.29	0.32
Otras Coberturas	1,157.9	6,630.5	7,896.7	7.54	6.84	3.56
Otros Tipos de Vegetación	4,952.4	5,090.0	4,260.0	0.11	-0.52	-3.50
Pastizal	17,221.3	17,691.0	12,480.1	0.11	-1.10	-6.74
Selvas	5,657.7	5,888.9	9,373.1	0.17	1.76	9.74

Cuadro 10. Idem anterior, nivel tipos de vegetación

Tipo de Vegetación	Ha 1976	Ha 2000	Ha 2005	Tasa 1976-2000	Tasa 1976-2005	Tasa 2000-2005
Agricultura (de Temporal)	132,394.9	149,548.6	153,695.1	0.5	0.5	0.5
Agricultura (Riego y Humedad)	24,101.7	18,424.8	17,182.5	-1.1	-1.2	-1.4
Areas Sin Vegetacion Aparente	4,941.0	5,080.0	4,277.9	0.1	-0.5	-3.4
Asentamiento Humano	1,157.1	6,581.2	7,952.1	7.5	6.9	3.9
Caducifolia y Subcaducifolia	5,631.7	5,862.5	9,392.8	0.2	1.8	9.9
Coniferas	96,277.7	89,987.9	80,734.6	-0.3	-0.6	-2.1
Coniferas-Latifoliadas	119,777.6	109,268.2	113,542.7	-0.4	-0.2	0.8
Latifoliadas	3,163.3	2,413.1	5,384.0	-1.1	1.9	17.4
Mesofilo de Montaña	1,399.6	1,698.4	1,856.0	0.8	1.0	1.8
Pastizal	17,081.2	17,637.5	12,484.4	0.1	-1.1	-6.7

El incremento en las selvas puede deberse a un problema de interpretación, y es posible que exista una confusión con matorrales. Es notable el decremento de bosques y el incremento de cultivos (aguacate principalmente). Probablemente las tasas más confiables sean las de 2000-2005, por haberse utilizado imágenes SPOT en ambos casos.

Sánchez et al. (2003) analizaron el cambio de cubierta y uso en los terrenos de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Utilizaron interpretación visual fotografías aéreas secuenciales a escala aproximada de 1:37,000 y 1:25,000, con resultados representados a escala 1:50,000. Encontraron que en la CINSJP la masa forestal se mantuvo aproximadamente constante pese a estar bajo intenso manejo forestal, lo cual sugiere un muy buen manejo (ver cuadros 3 y 4).

Cuadro 2 Cobertura vegetal y uso del suelo en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Clases	1974		1996	
	Superficie			
	ha	%	ha	%
Cobertura vegetal				
Arbustos (A)	1,045	5.7	678	3.7
Bosque abierto (BA)	2,332	12.8	1,264	7
Bosque cerrado (BC)	7,994	44	9,458	52
Pastizal (P)	1,023	5.6	172	0.9
Uso del suelo				
Cultivos anuales (CA)	2,449	13.5	2,377	13.1
Cultivos perennes (CP)	192	1.1	1,984	10.9
Otras coberturas				
Sin cobertura en arenas (SCA)	1,508	8.3	610	3.4
Sin cobertura en lavas (SCL)	1,642	9	1,642	9
Superficie total	18,185	100	18,185	100

Cuadro 3. Matriz de transición de cobertura vegetal y uso del suelo en Nuevo San Juan Parangaricutiro.

	Arbustos	Bosque abierto	Bosque cerrado	Pastizales	Cultivos anuales	Cultivos perennes	Sin cobertura en arenas	Sin cobertura en lavas
Cobertura vegetal								
Arbustos	100	50	741	35	52	12	47	2
Bosque abierto	62	291	1,433	33	96	257	142	12
Bosque cerrado	419	566	5,648	62	547	736	55	0
Pastizales	31	225	490	19	155	89	7	5
Uso del suelo								
Cultivos anuales	12	62	732	10	1,392	196	20	9
Cultivos perennes	0	8	18	0	1	166	0	0
Otras coberturas								
Sin cobertura en arenas	51	58	375	18	128	504	317	52
Sin cobertura en lavas	10	6	31	0	2	14	12	1,560

Asimismo, realizaron igual análisis en el Parque Nacional Pico de Tancítaro (cuadro 5) donde se detectó un decremento del bosque abierto y un incremento del bosque cerrado. Por contra, en los terrenos aledaños al Parque se detectó un decremento en ambos tipos de bosque (cuadro 6). Tanto en el Parque como en zonas aledañas se detectó un fuerte incremento de cultivos perennes (aguacate).

Cuadro 5 Cobertura vegetal y uso del suelo en el Parque Nacional Pico de Tancítaro.

Clases	1974		1996	
	Superficie			
	ha	%	ha	%
Cobertura vegetal				
Arbustos (A)	2,752	11.6	547	2.3
Bosque abierto (BA)	5,383	22.6	4,351	18.3
Bosque cerrado (BC)	9,100	38.3	12,436	52.3
Pastizal (P)	1,331	5.6	119	0.5
Uso del suelo				
Cultivos anuales (CA)	4,420	18.6	2,496	10.5
Cultivos perennes (CP)	0	0	2,996	12.6
Otras coberturas				
Sin cobertura en arenas (SCA)	705	3	761	3.2
Sin cobertura en lavas (SCL)	43	0.2	24	0.1
Erosión (E)	11	0	0	0
Zona urbana (ZU)	33	0.1	48	0.2
Superficie total	23,778	100	23,778	100

Cuadro 6 Cobertura vegetal y uso del suelo en el Resto de la Región del Tancítaro.

Clases	1974		1996	
	Superficie			
	ha	%	ha	%
Cobertura vegetal				
Arbustos (A)	2,977	5.4	5,693	10.4
Bosque abierto (BA)	5,300	9.7	4,260	7.8
Bosque cerrado (BC)	19,607	35.9	14,445	26.5
Pastizal (P)	1,400	2.6	971	1.8
Uso del suelo				
Cultivos anuales (CA)	17,450	32	5,746	10.5
Cultivos perennes (CP)	3,963	7.3	21,471	39.3
Otras coberturas				
Sin cobertura en arenas (SCA)	2,290	4.2	574	1.1
Sin cobertura en lavas (SCL)	829	1.5	872	1.6
Erosión (E)	326	0.6	5	0
Zona urbana (ZU)	428	0.8	533	1
Superficie total	54,570	100	54,570	100

Este estudio sugiere que la permanencia de cubierta forestal puede deberse bien a buen manejo, bien a difícil accesibilidad, más que a buen gobierno en el caso del Parque. Esto porque en sus mismos terrenos se produjo un incremento descontrolado de plantaciones de aguacate. Por su parte el aguacate incrementó su superficie bajo las tres condiciones estudiadas: comunidad con buen manejo, parque nacional y zonas aledañas con manejos diversos.

Cuenca del lago de Cuitzeo

López et al. (2002) estudiaron los cambios de uso del suelo en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán. Encontraron que los matorrales y bosques en la cuenca han presentado una notable recuperación (figura 3 abajo). Por su parte, Mendoza et al. (2002 y 2010) estudiaron las implicaciones hidrológicas de tales cambios. Encontraron que el análisis del cambio de los componentes del balance hidrológico de la cuenca durante el periodo de estudio las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca no se modificaron sustancialmente. Sin embargo, las planicies y los piedemontes mostraron un incremento en los valores de escorrentía, como resultado de un incremento de la superficie ocupada por asentamientos humanos. En ambos años, las formas de relieve de las zonas bajas de la cuenca mostraron fuerte presión sobre el recurso hídrico, lo cual repercutió en el deterioro del lago de Cuitzeo, principalmente por contaminación y reducción del suministro de agua superficial al vaso.

FIGURA 3. CAMBIOS DE COBERTURA Y USO DEL TERRENO EN LA ZONA DE ESTUDIO (1975-2000)

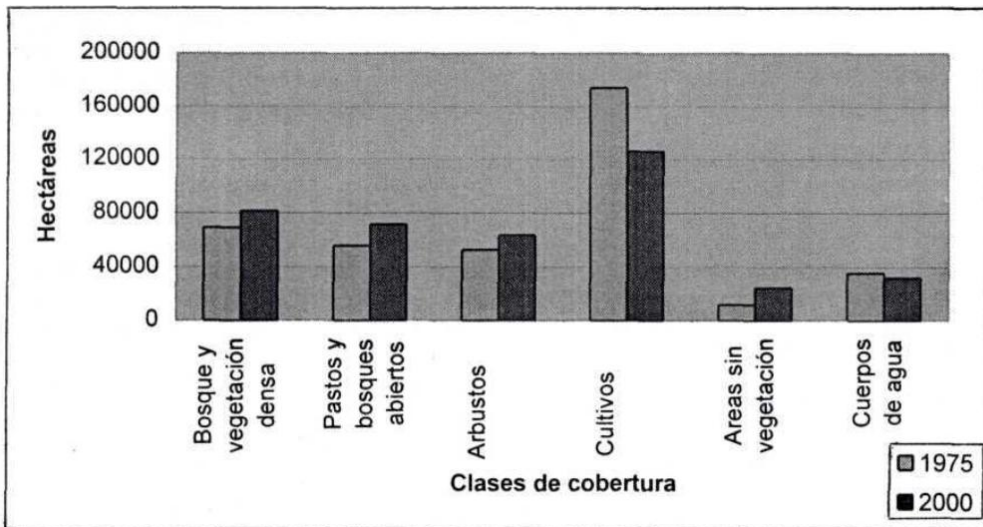
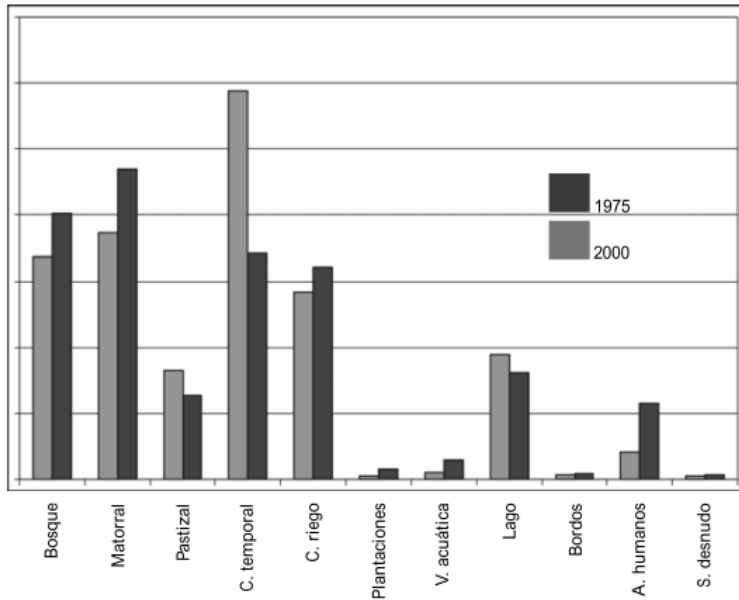


Figura 3. Cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca del lago de Cuitzeo.

López et al. (2006), utilizando los datos aerofotográficos ya reportados, y construyendo un índice de migración a partir de datos de INEGI y Conapo, establecieron una relación estadísticamente significativa entre incremento de los matorrales secundarios (por decremento de la agricultura de temporal), y migración rural-urbana (en particular hacia los Estados Unidos) (tabla 4, y figuras 4 y 5). También señalaron el incremento en la masa forestal cuenca arriba, lo cual no sugiere que exista un buen estatus ecológico en tales masas forestales, bajo diversos niveles de degradación. Sin embargo, el resultado neto es un incremento en la cubierta de leñosas en la cuenca.

Table 4
Land cover and land use in Cuitzeo's Basin (1975 and 2000)

Cover/use	1975		2000	
	ha	%	ha	%
Forest	67,071	16.7	78,544	19.6
Scrubland	74,554	18.6	94,956	23.7
Grassland	29,232	7.3	25,268	6.3
Rain-fed agricultural land	117,396	29.3	74,385	18.5
Irrigated agricultural land	56,794	14.2	62,313	15.5
Forest plantations	899	0.2	4246	1.1
Orchards	1672	0.4	2935	0.7
Aquatic vegetation	5879	1.5	5720	1.4
Lake	37,667	9.4	30,162	7.5
Embankments	1206	0.3	1782	0.4
Human settlements	8208	2.0	19,416	4.8
Eroded areas	666	0.2	1517	0.4

The category “lake” involves the water body and the flooding areas. In 1975, 22.3% of the aquatic vegetation corresponded to that surrounding the Cuitzeo lake, while in 2000 the proportion raised to 95%.

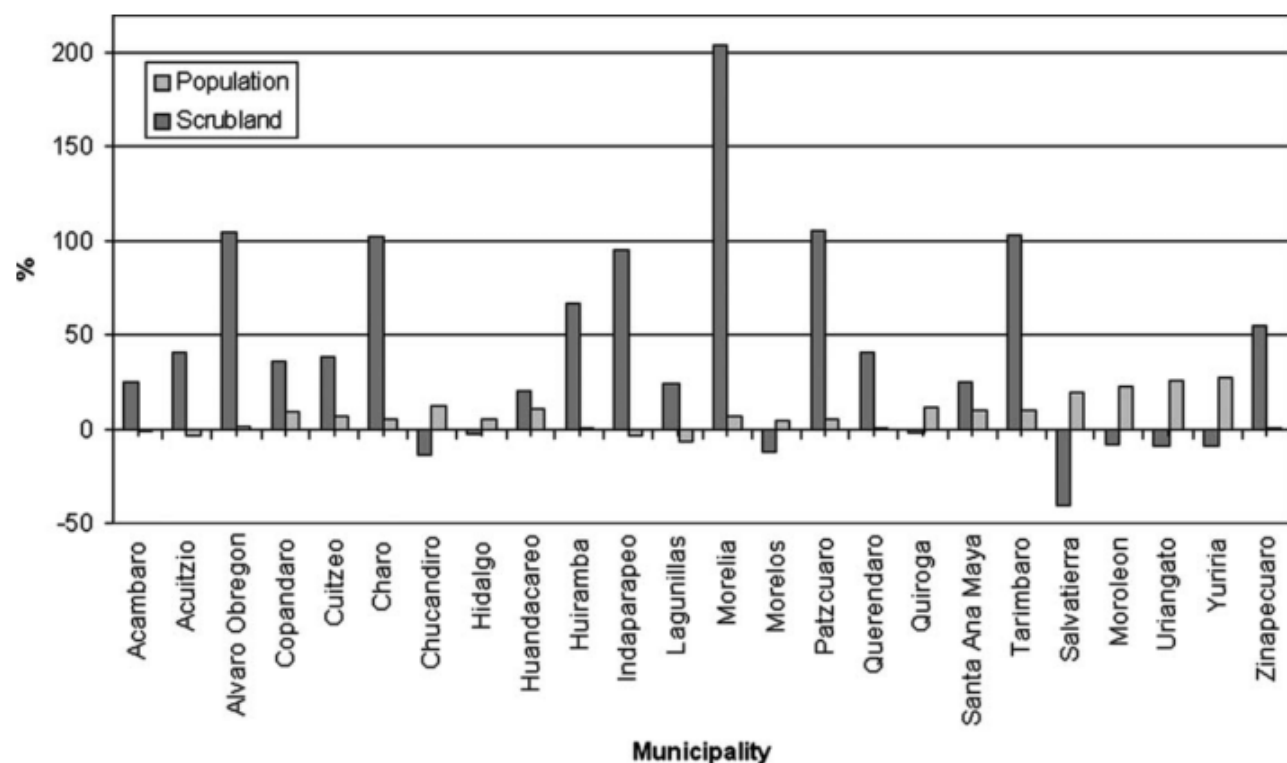


Fig. 4. Population change and change in scrubland area, per municipality (1975–2000).

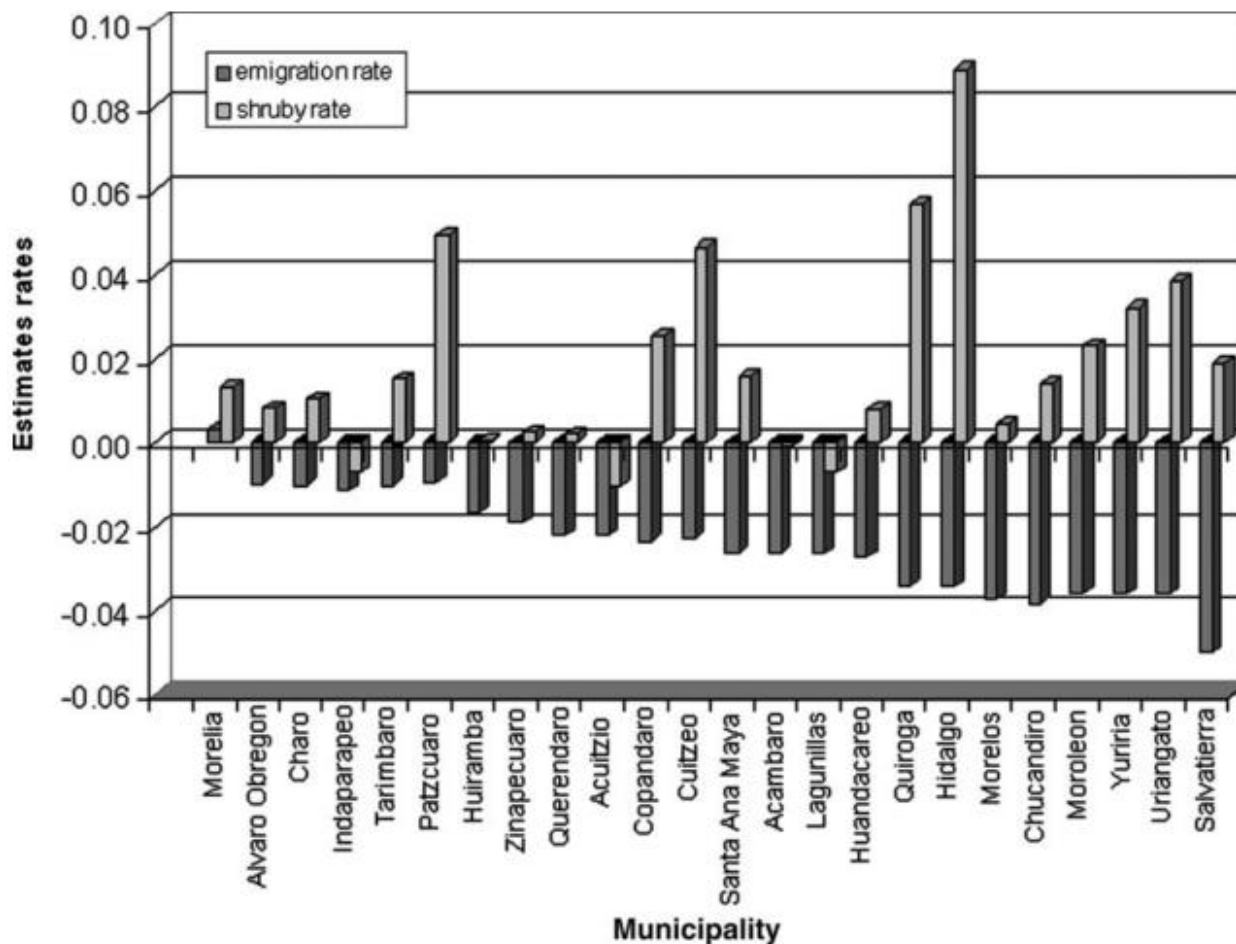


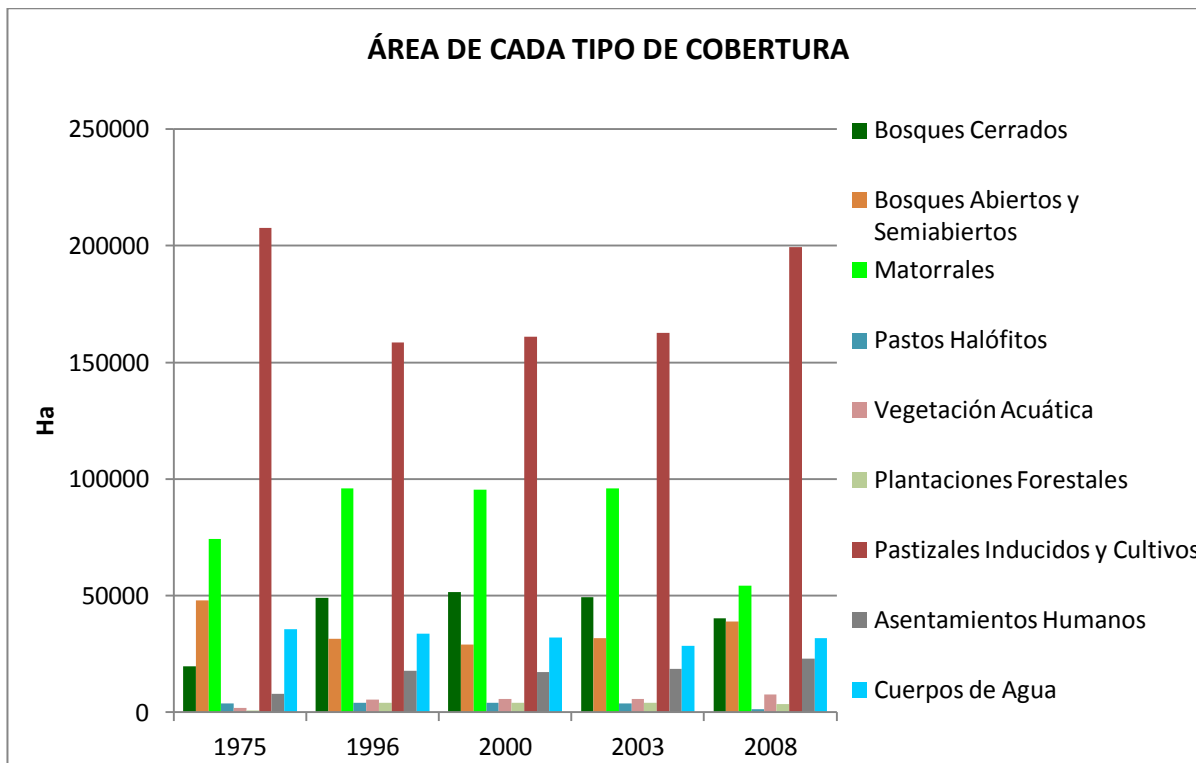
Fig. 5. Emigration rate and rate of change of scrubland area per municipality (1975–2000).

Mendoza et al. (2011) analizaron cambios a lo largo de 28 años (1975-2013). Usaron imágenes Landsat MSS y ETM para 1975 y 2000, y ortofotos (1986, 1996 and 2003). Los procesos de cambio detectados (tabla 4) describieron trayectorias diversas con el tiempo. La mayor parte de los mismos ocurrió durante un periodo de menos de 10 años, que coincidió con la reforma migratoria de 1986 y el sismo de 1985. En este trabajo (tabla 4) se reportan datos de degradación forestal, algo relativamente poco usual dada la dificultad para detectar este proceso. De las tasas reportadas merece destacarse por su magnitud, el incremento de superficie boscosa de 1.5 %, mismo que se da a la par de un decremento de la superficie forestal degradada del orden del 3.5 %, y un incremento del matorral de casi 3 %, procesos que se mantienen hasta la última lectura realizada, aunque con menor intensidad; sin embargo, para el año 2008 este proceso ya no es representativo (Correa, 2012; Figura 24).

Table 4

Rates of LCLU change processes in the Lake Cuitzeo watershed, Mexico, between years 1975 and 2003 according to FAO model.

Years	Δt	% (FAO, 1995)
Annual deforestation/afforestation rate		
1975–1986	11	0.2448
1986–1996	10	1.4799
1996–2000	4	-0.2116
2000–2003	3	0.1496
Annual forest degradation rate		
1975–1986	11	-0.1673
1986–1996	10	-3.4685
1996–2000	4	-0.9860
2000–2003	3	-2.1873
Annual urbanization rate		
1975–1986	11	0.3839
1986–1996	10	7.8837
1996–2000	4	3.2143
2000–2003	3	1.0508
Annual scrubland increase/decrease rate		
1975–1986	11	-0.3104
1986–1996	10	2.9308
1996–2000	4	0.2914
200–2003	3	-0.1827

**Figura 24. Área de cada tipo de cobertura**

Morelia y zonas peri-urbanas y rurales aledañas

López et al. (2001) describen patrones de cambio de uso de suelo en una ciudad de rápido crecimiento en México en los últimos 35 años, con la utilización de fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990. También se realizan modelos predictivos para conocer la dirección del cambio de uso de suelo en los próximos treinta años. Mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), cadenas de Markov y análisis de regresión. Los resultados indican que la ciudad de Morelia creció 600% de 1960 a 1997, además los pronósticos realizados con el modelo markoviano tienen un bajo nivel de predicción en la zona en estudio; en cambio las regresiones lineales realizadas entre el tamaño de la población y la superficie urbana permitieron construir un modelo más robusto y con mayor poder predictivo con respecto al crecimiento de la ciudad. En las zonas peri-urbanas y rurales aledañas el estudio encontró un incremento de la superficie boscosa y de los matorrales inducidos, un proceso análogo al del resto de la cuenca.

Table 1
Number of polygons and area measurements of LCLU categories for 1960, 1975 and 1990^a

Categories	1960			1975			1990		
	No. of polygons	Area (ha)	Cover (%)	No. of polygons	Area (ha)	Cover (%)	No. of polygons	Area (ha)	Cover (%)
Temperate mixed forest	74	847	4.5	32	712	3.8	91	1788	9.5
<i>Eucaliptus</i> sp. plantations	0.0	0.0	0.0	2	77	0.4	4	353	1.9
Grasslands	112	2562	13.7	35	1451	7.7	58	729	3.9
Shrubs	46	412	2.2	19	788	4.2	34	823	4.4
Shrubs–grasslands	124	2230	11.9	45	2790	14.9	144	1603	8.5
Crops	14	11392	60.8	13	10627	56.7	29	7588	40.5
Main urban area	25	1004	5.3	70	1713	9.1	260	5081	27.1
Other urban settlements	84	303	1.6	88	592	3.2	93	787	4.2
Total	479	18750	100.0	304	18750	100.0	713	18750	100.0

^a Entire study area.

Región Mariposa Monarca (este del estado de Michoacán)

Ramírez (2001) estudió la dinámica del cambio entre 1971 y 2000 en la Sierra de Angangueo, dentro de la Reserva. Usó fotografías aéreas de dos vuelos diferentes, marzo de 1971 (escala 1:150,000) y abril de 1994 (escala 1:75,000), ambos del INEGI, una imagen de satélite Landsat ETM, de la primavera de 2000. La tasa de deforestación resultante ha sido de 0.256%, menor que la media nacional y que la reportada para la región. Esto debido a que, así como ha habido áreas donde se ha registrado perturbación y pérdida de masas forestales, ha habido otras en las que los bosques se están recuperando. También resalta la expansión de terrenos dedicados a la agricultura de riego, que incluye grandes extensiones de plantaciones frutícolas.

Ramírez et al. (2003) estudiaron la deforestación en la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca. Pese a ser una zona protegida, encontraron que en ella se producen importantes procesos de deforestación y degradación forestal. Paradójicamente, zonas aledañas fuera de la reserva, indicaron mejores niveles de protección. Estas tendencias no coinciden con aquéllas detectadas por Sánchez y colaboradores en 2003, para el Pico de Tancítaro y zonas aledañas, aunque sí sugieren coincidencias en lo que respecta al buen manejo en algunas comunidades rurales, en ambas subregiones, fuera de áreas protegidas. De manera preliminar, se podría apuntar que las áreas protegidas en el estado no cumplen a cabalidad su misión, y que las áreas campesinas bajo buen manejo sí lo consiguen.

Navarrete, Ramírez y Pérez-Salicrup (2011) analizaron el tema de desmontes en áreas protegidas (caso de la Mariposa Monarca) y otras tenencias en áreas aledañas entre 1993 y 2006. Encontraron que 61 % de las 5,240 ha bajo disturbio se explicaron por tala ilegal y 33% por permisos extemporáneos (a posteriori).

López-García y Alcántara-Ayala (2012) analizaron dinámica de cambio para los años 1971, 1994, 2009 y 2010 en el sector Anganguero. El cambio en la cobertura (forestal?) anual de 1971 a 1994 fue de 1 % , de 1994 a 2009 fue de 0.9 y de 2009 a 2010 de 0.97 debido a deslizamientos.

Manzo-Delgado, López-García, & Alcántara-Ayala (2013) analizaron el papel de la conservación forestal en la reserva de la Mariposa Monarca (ejido Cerro Prieto) vía la dinámica de cambio entre 1971 y 2013.

Encontraron que no hubo cambios en la cubierta forestal, pero que las proporciones de cobertura de dosel sí habían cambiado. . En 1971, la cobertura cerrada y semi-cerrada ocupaban 82 y 1.8 % respectivamente del ANP. En 2013, el bosque cerrado disminuyó a 76 % y el semi-cerrado incrementó a 6 %.

Table 7

Changes in forest cover density and conservation state, 1971–2013. Conserved = combines closed and semi-closed classes; Semi-altered = combines the open and semi-open densities; Altered = deforested.

Classes	Surface (ha)					Conservation state
	1971	1994	1999	2009	2013	
Closed	247.81	223.89	196.52	237.35	230.38	
Semi-closed	5.38	17.01	43.18	14.69	17.23	
	253.19	240.90	239.70	252.04	247.61	Conserved
	(84.12)	(80.03)	(79.63)	(83.73)	(82.26)	(% of the ejido)
Semi-open	7.07	10.69	9.51	8.12	8.71	
Open	9.30	15.96	19.20	3.86	3.01	
	16.37	26.65	28.71	11.98	11.72	Semi-altered
	(5.44)	(8.85)	(9.54)	(3.98)	(3.89)	(% of the ejido)
Deforested	2.31	4.32	3.46	7.85	12.54	Altered
	(0.77)	(1.44)	(1.15)	(2.61)	(4.17)	(% of the ejido)
Grassland	28.67	28.67	28.67	28.67	28.67	
Crag	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	
Total	301.00	301.00	301.00	301.00	301.00	

Cuenca del Río Tuxpan, este de Michoacán

Arredondo et al. (2008) estudiaron las tendencias recientes de la dinámica del paisaje en distintos ecosistemas forestales de la cuenca del río Tuxpan (1887,5 km² y 620-3640 msnm), en el estado de Michoacán. Los mapas de paisajes se obtuvieron a partir de la interpretación, en SIG-ILWIS ver. 3.0, de las coberturas del suelo en cuatro fechas (1976-2000) usando fotos aéreas 1:75000 e imágenes Landsat. El área comprende tres patrones de dinámica del paisaje: i. Abetal de altas cumbres volcánicas (>3100msnm) con alta conservación, pero tendencia al incremento del cultivo tradicional y la deforestación; ii. bosques de pino-encino de cumbres y de laderas volcánicas altas (1900-3100) y selva baja caducifolia del basamento sedimentario (<1700) con alta deforestación e intensificación del uso, pero tendencia al abandono del cultivo y expansión de la vegetación secundaria; y iii. Bosque de pino-encino de laderas volcánicas bajas (1700-2600) con la mayor transformación heredada y tendencia a la intensificación del uso del suelo en asentamientos humanos y plantaciones forestales.

La zona aguacatera

Garibay Bocco (2007) reportaron estos datos para la meseta Purepecha (cuadros 11 y 12). Estos datos deben ser corroborados contra los obtenidos por el Proyecto Aguacate (Morales et al., 2012). Existe coincidencia en que las superficies agrícolas convertidas a aguacate fueron mayores antes del 2000. No así en cuanto a la deforestación de bosque templado entre 2000 y 2005, que debió incrementarse según Morales y se mantiene constante según Garibay y Bocco. Es posible que este último patrón se dé exclusivamente en la meseta; sin embargo, el estudio de Morales es más detallado y focalizado.

Cuadro 11. Análisis de los cambios espaciales de cultivos de aguacate (1976-2000).

PERIODO DE ANALISIS 1976 – 2000	Ha	%
Superficies agrícolas convertidas a cultivos de aguacate	12,268.2	3.0
Deforestación de bosque primario para cultivo de aguacate	7,343.3	1.8
Deforestación de bosque secundario para cultivo de aguacate	1,409.2	0.3
Permanencia de cultivos de aguacate y/u otros frutales	34,606.6	8.5
Sin procesos aparentes de conversión agrícola a cultivos de Aguacate	351,408.5	86.3

Cuadro 12. Análisis de los cambios espaciales de cultivos de aguacate (2000-2005).

PERIODO DE ANALISIS 2000 – 2005	Ha	%
Superficies agrícolas convertidas a cultivos de aguacate	4,722.7	1.2
Deforestación de bosque primario para cultivo de aguacate	2,362.1	0.6
Deforestación de bosque secundario para cultivar aguacate	6,344.8	1.6
Permanencia de cultivos de aguacate y/u otros frutales	53,752.1	13.2
Sin procesos aparentes de conversión agrícola a cultivos de Aguacate	339,853.4	83.5

Barsimantov y Navia Antezana (2008 y 2012) estudiaron la dinámica de cambio en cuatro comunidades, dos de ellas con buen manejo forestal, utilizando imágenes secuenciales (16 años) Landsat. Las dos comunidades forestales perdieron 7 y 15 % respectivamente de cobertura forestal gracias al buen manejo, en tanto dos comunidades no forestales perdieron el 86 y el 92 % respectivamente. Este tipo de estudios sugiere de nueva cuenta que la dinámica cambia cuantitativamente con el tamaño del área en estudio (y por lo tanto la resolución), pero en particular cambia en relación con variables que no pueden cuantificarse mediante PR, tal como la gobernanza, el grado de organización social, o la presencia de empresas forestales sustentables. De este modo, la comprensión de los procesos varía, y hay varios niveles o aproximaciones, desde una explicación superficial a una explicación profunda. El desafío es moverse de la escala detallada a la estatal de manera coherente. Así como poder explicar/versus comprender procesos, y aceptar los niveles de incertidumbre en la causalidad de manera coherente.

Table 2 - Forest cover change in the avocado region of Michoacán.

	Percent change in forest cover (%)			
	1990-1996	1996-2002	2002-2006	1990-2006
Ario	-27.4	0.1	-22.4	-43.6
Nuevo Parangaricutiro	-15.6	-13.4	-8.3	-33.0
Periban	-9.2	-24.3	-16.1	42.3
Salvador Escalante	-21.6	11.9	-10.6	-21.6
Tacambaro	-8.2	-14.7	-4.1	-25.0
Tancitaro	-10.5	-10.9	-10.4	-28.5
Tingambato	-4.6	-27.0	-4.2	-33.3
Turicato	-36.8	-29.0	-28.1	-67.7
Uruapan	-18.7	-16.2	-7.4	-36.9
Ziracuaretiro	-16.1	-33.5	-23.1	-57.1
Total	-13.8	-13.1	-10.7	-33.1

Toledo et al. (2009) analizaron la expansión del cultivo del aguacate y la deforestación en Michoacán mediante un análisis de imágenes satelitales y datos del inventario de productores, predios y lotes de cultivo. Los resultados (ver cuadro abajo) indican que el 20 % de la superficie actual cultivada con aguacate, en el año 1996 correspondía a zonas de bosque natural. De los 22 municipios productores de aguacate en el estado, Cotija es el que presenta menor deforestación, con el 5.4 %, mientras que en Turicato es donde más se han afectado las zonas boscosas, con el 46 % de su superficie. Otros estudios (ver Morales y colaboradores) han demostrado que los datos derivados de censos de aguacateros no resultan ser altamente confiables. Sin embargo este estudio representa un dato relevante que debe ser tenido en cuenta.

CUADRO 3. Porcentaje de la superficie actual ocupada por huertas de aguacate en superficies que antes del año 1996 estaban cubiertas por vegetación forestal.

MUNICIPIO	PORCENTAJE	MUNICIPIO	PORCENTAJE
Acuitzio	19.3	Tangamandapio	21.5
Apatzingán	26.5	Tangancicuaro	40.0
Ario	23.6	Taretan	40.0
Cotija	5.4	Tingambato	18.4
Los Reyes	30.7	Tingüindín	14.0
Madero	24.0	Tocumbo	19.7
Nuevo Parangaricutiro	30.0	Turicato	46.0
Peribán	9.8	Tuxpan	22.2
Salvador Escalante	13.7	Uruapan	19.6
Tacámbaro	16.6	Ziracuaretiro	33.3
Tancitaro	19.4	Zitácuaro	19.6

Morales-Manila et al. (2011 y 2012) llevaron a cabo un inventario detallado del cultivo de aguacate y reportaron los datos a continuación:

Tabla 1. Superficies de uso y cubierta del suelo en el año 1974 (Franja Aguacatera)

Uso / cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas con cubierta forestal (bosques y selvas)	206,709.07	46.94
Zonas agrícolas de cultivos anuales / otros cultivos	154,716.39	35.14
Zonas con cubierta de matorral - pastizal	58, 122.84	13.2
Zonas agrícolas con cultivo de aguacate	13,045.98	2.96
Zonas de asentamientos humanos	3,996.20	0.91
Zonas sin cubierta aparente	1,716.24	0.39
Cuerpos de agua	1,056.33	0.24
Cubierta de nubes	513.97	0.12
Sin información fotográfica	460.52	0.1
TOTAL	440,337.54	100.00

Tabla 2. Superficies de las zonas de cambio de uso / cubierta 1974 a aguacate en 1995. Clases de uso / cubierta en 1974 que cambiaron a aguacate en 1995.

Uso / Cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas de cultivo de temporal	28,930	61.0
Zonas de cubierta forestal	12,537	26.4
Zonas de matorral -pastizal	5,965	12.6
TOTAL	47,432	100.0

Tabla 3. Superficies de las zonas de cambio de uso / cubierta 1974 a aguacate en 2007. Clases de uso / cubierta en 1974 que cambiaron a aguacate en 2007.

Uso / Cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas de cultivo de temporal	54, 227	55.3
Zonas de cubierta forestal	33,116	33.7
Zonas de matorral -pastizal	10,688	10.9
Zonas sin vegetación aparente	79	0.0
TOTAL	98,110	≈100.0

Tabla 4. Superficies de las zonas de cambio de uso / cubierta 1974 a aguacate en 2011. Clases de uso / cubierta en 1974 que cambiaron a aguacate en 2011.

Uso / Cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas de cultivo de temporal	74,701	53.4
Zonas de cubierta forestal	49,043	35.0
Zonas de matorral -pastizal	16,144	11.5
Zonas sin vegetación aparente	131	0.1
TOTAL	140,019	100.0

Tabla 5. Superficie cultivada con aguacate en diferentes años.

AÑO	HECTÁREAS	PORCENTAJE
1974	13,045	8.52
1995	58,545	38.26
2005	74,951	48.98
2007	112,725	73.66
2011	153,018	100.00

Sierra-Costa y Trópico Seco (selva baja principalmente)

Región Sierra-Costa de Michoacán a escala 1:250 000.

Procesos de cambio de uso del suelo.

Troche *et al.* (en arbitraje), encontraron 11 procesos individuales de cambio del uso del suelo, en la región Sierra Costa de Michoacán a escala 1:250,000 en el período 1976-2003, como se aprecia en la Tabla A. La cobertura predominantemente primaria de especies vegetales es la que prevalece con 446,190 ha.; la alteración de la cubierta vegetal primaria en su composición y estructura se constituyó en el proceso más frecuente y extenso en la región (282,627.4 ha).

Tabla A- Superficie por cada uno de los diferentes procesos.

Código	Tipo de Cambio o Permanencia	Superficie (ha)
	Permanencias	
1	Coberturas Predominantemente Primarias	446,190.9
2	Coberturas Predominantemente Secundarias	191,816.0
3	Coberturas Predominantemente Agropecuarias	71,683.4
4	Asentamientos Humanos	109.7
5	Cuerpos de Agua	4,448.4
	Cambios Positivos	
6	Recuperación	133,191.8
7	Revegetación	36,311.5
	Procesos de cambios negativos	
8	Alteración	282,627.4
9	Deforestación	213,758.0
10	Incremento en la superficie de Asentamiento Humanos	5,080.1
11	Cambios en el nivel del agua	1,171.1
TOTAL		1,386,388.4

Otro de los cambios más relevantes es el que se refiere a la deforestación sufrida en la región Sierra-Costa de Michoacán, es decir cubiertas vegetales naturales primarias o secundarias que se transformaron principalmente en cultivos, pastizales o mancha urbana (aprox. 213,758 ha). Especialmente, se observa que el mayor porcentaje de los procesos de alteración ocurrieron en la parte alta de la región es decir en zonas de cabecera y captación de las principales cuencas. La deforestación fue mayor en la zona cercana a la línea costera. Estos procesos de cambios negativos tienen mucha relación con la cercanía y accesos a vías principales y/o secundarias.

Tasas de Conversión.

Asimismo, estos autores encontraron que en este territorio se verificó una tasa de deforestación de 0.45 % anual, para bosques primarios o secundarios. Por su parte las selvas ya sean primarias o secundarias presentaron una tasa de deforestación de 0.62, siendo ellas las que representan la mayor proporción en la zona de estudio, mientras que para la cobertura representada como otros tipos de vegetación la tasa fue de 2.55 % (Tabla B)

Tabla B. Superficie en hectáreas y tasa de deforestación en las formaciones vegetales de la Región de Sierra - Costa de Michoacán.

Formación (nivel I)	1976	2003	Tasa de deforestación
Bosques	533,490.94	472,392.1	-0.45
Selvas	730,321.66	616,723.2	-0.62
Otros Tipos de Cobertura	3,771.57	1,877.3	-2.55
Total de Cobertura Natural	1,267,584.17	1,090,992.65	-0.55

Cambios a nivel de subformación vegetal.

Con el fin de mostrar los cambios del uso del suelo en los dos periodos, Troche *et al.* (en arbitraje) construyeron una “Matriz de cambios” a nivel de sub-formación que permitió conocer la orientación de los cambios de usos del suelo (Tablas C y D).

Tabla C. Matriz de cambios a nivel de subformación de vegetación y uso del suelo Sierra Costa 1976-2003 hectáreas.

	Bosque (P)	Bosque (S)	Selva	Selva (S)	Otras	Pastizal	Cultivos	Asent. humano	Cuerpo de agua	Total 1976
Bosques (P)	186,944.1	103,076.7	25,452.8	12,354.9		19,692.4	10,538.8			358,059.6
Bosques (S)	42,661.4	74,545.4	9,767.8	11,321.9		25,551.7	11,583.0	0.2		175,431.3
Selvas	12,503.6	6,403.3	220,099.4	159,673.5		16,372.8	39,395.3	305.3	1,968.8	456,721.9
Selvas (S)	16,498.2	19,552.2	64,229.0	86,396.6	35.4	23,681.1	60,536.1	2,339.3	332.0	273,599.8
Otras coberturas			441.3	1,119.1	749.6	35.7	1,242.6	42.6	140.6	3,771.6
Pastizal	2,542.3	3,163.0	4,540.8	5,044.4	9.2	5,827.0	11,398.2	290.4	65.1	32,880.4
Cultivos	2,583.5	1,918.4	7,748.8	7,677.9	1083.1	3,323.2	50,995.9	2,137.9	245.5	77,714.3
Asentamiento								109.7		109.7
Cuerpo de agua			522.9	332.1		0.3	547.5	177.9	6,519.2	8,100.0
Total 2003	263,733.1	208,659.0	332,802.9	283,920.3	1,877.3	94,484.2	186,237.3	5,189.8	9,271.1	1,386,388.4

Tabla D. Matriz de cambios a nivel de sub-formación de vegetación y uso del suelo en la Región de Sierra - Costa de Michoacán de 1976 a 2003, en porcentajes.

	Bosque (P)	Bosque (S)	Selva	Selva (S)	Otras Coberturas	Pastizal	Cultivos	Asentamiento humano	Cuerpo de agua	Total general 1976
Bosques (P)	13.48	7.43	1.84	0.89		1.42	0.76			25.83
Bosques (S)	3.08	5.38	0.70	0.82		1.84	0.84	0		12.65
Selvas	0.90	0.46	15.88	11.52		1.18	2.84	0.02	0.14	32.94
Selvas (S)	1.19	1.41	4.63	6.23	0.00	1.71	4.37	0.17	0.02	19.73
Otras coberturas			0.03	0.08	0.05	0.00	0.09	0	0.01	0.27
Pastizal	0.18	0.23	0.33	0.36	0	0.42	0.82	0.02	0	2.37
Cultivos	0.19	0.14	0.56	0.55	0.08	0.24	3.68	0.15	0.02	5.61
Asentamiento								0.01		0.01
Cuerpo de agua			0.04	0.02		0	0.04	0.01	0.47	0.58
Total general 2003	19.02	15.05	24.01	20.48	0.14	6.82	13.43	0.37	0.67	100

Los bosques primarios disminuyeron 7 % y los bosques secundarios aumentaron 6 %, un impacto superior es el que sufrieron las selvas primarias con pérdida de 9 %, mientras que las selvas de condición secundarias aumentaron solo 1%, las formaciones vegetales que incrementaron sustancialmente su superficie fueron los pastizales y los cultivos que sumaron 12.5 % entre ambos. Eso significó que se perdieron masas forestales de bosques y selvas convirtiéndose en regiones con actividad antropogénica como es la conversión en zonas de pastizales inducidos y zonas con labores primordialmente agrícolas. En el cuadro siguiente (Tabla E) los tipos de cobertura (bosque de coníferas y latifoliadas y la selva perenne y subperennifolia) mostraron clara divergencia, lo que permite distinguir los cambios que en el transcurso de 27 años se han efectuado.

Tabla E. Comparación entre las coberturas y su porcentaje a nivel tipo durante los años 1976 y 2003 en la región de Sierra – Costa, Michoacán.

COBERTURA/TIPO	1976	2003	1976	2003
	Área en km ²	Área en km ²	Área en %	Área en %
Agricultura de riego y humedad	143.62	290.42	1.04	2.09
Agricultura de temporal	637.28	704.64	4.60	5.08
Asentamiento humano	2.98	52.02	0.02	0.40
Bosque de coníferas	3,223.94	2,153.83	23.29	15.54
Bosque de coníferas y latifoliadas	1,429.90	2,046.37	10.33	15.77
Bosque de latifoliadas	680.57	501.38	4.92	3.70
Bosque mesófilo de montaña	8.03	28.94	0.06	0.20
Cuerpo de agua	62.17	72.77	0.45	0.52
Pastizales inducidos y cultivados	330.69	1,807.71	2.39	13.20
Selva perenne y subperennifolia	0.00	1,395.37	0.00	8.62
Selva caducifolia y subcaducifolia	7,305.10	4,047.57	52.77	36.41
Vegetación hidrófila	39.60	18.91	0.29	0.10

Parte del bosque de coníferas se ha transformó en bosques de coníferas y latifoliadas, un proceso de cambio que nos puede indicar la existencia de una extracción selectiva de pinos en la región y en cuanto a la selva que ahora se reconoce como perenne y subperennifolia, es posible que se deba a diferencia en la apreciación del fenómeno caducifolio de las hojas de los árboles, el espectro del color en la imagen y el detalle de interpretación entre la Serie I de INEGI que fue para todo el país y la interpretación visual realizada en el estudio de Troche *et al.* (en arbitraje).

En un análisis más detallado de las cuencas Nexpa y Huahua a escala 1:250,000, Cuevas y Bocco (en arbitraje), realizaron el este mismo estudio, pero entre los años 1976 y 2007.

Procesos de cambio

En la Tabla F se muestran de manera resumida los procesos de cambio ocurridos en los dos periodos analizados en términos de la superficie involucrada. En primer lugar encontraron que la superficie que permaneció sin cambios pasó de 85.8% en el periodo de 1976-2000, a 74% en el periodo de 2000-2007. Esto indica que en el último periodo, pese a ser mucho más corto, los cambios fueron más intensos. Los cambios negativos, es decir la deforestación, ocupó el 12.3% en el primer periodo y pasó a 17.6% en el segundo; mientras que los cambios positivos (re-vegetación), sólo se registraron en 1.9 y 2% respectivamente. El principal cambio que se manifestó en el área de estudio fue la deforestación que consiste en la transformación de las cubiertas predominantemente primarias de bosques y selvas; en pastizales, cultivos y asentamientos humanos. La re-vegetación reportada es muy pobre, sobre todo, si la comparamos con la deforestación (Tabla F).

Tabla F. Procesos de cambio registrados en los periodos 1976-2000 y 2000-2007

Proceso	1976-2000		2000-2007	
	km ²	%	km ²	%
Permanencia de vegetación predominantemente primaria	2,068.25	82.67	1,602.43	64.04
Permanencia de coberturas agropecuarias	79.59	3.18	248.24	9.92
Deforestación	306.13	12.24	512.58	20.49
Revegetación	46.92	1.88	137.22	5.48
Urbanización	1.01	0.04	0.58	0.02
permanencia urbano			0.68	0.03

En la Tabla G se muestra la comparación de la superficie ocupada por cada una de las coberturas en los tres años de referencia (1976, 2000 y 2007). Lo que destaca de la comparación de las superficies ocupadas por las diferentes coberturas en el periodo de 1976 a 2007 es el crecimiento abrupto de los pastizales cultivados y en menor medida de los pastizales inducidos en el periodo 1976-2000, lo que indica que la actividad ganadera se convirtió en la principal fuente de ingresos en la zona. En segundo término llama la atención la disminución de la selva baja caducifolia y subcaducifolia, que es la cobertura que principalmente se desmonta para ser sustituida por pastos.

Tabla G. Comparación de superficies ocupadas por las diferentes coberturas en los años 1976, 2000 y 2007, en km² y porcentajes

Coberturas vegetales y usos del suelo	Área 1976		Área 2000		Área 2007	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Bosque de pino	833.15	33.29	616.74	24.65	394.69	15.77
Bosque de pino-encino	359.00	14.35	544.94	21.78	477.64	19.08
Bosque de encino	107.76	4.31	71.86	2.87	103.88	4.15
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	151.68	6.06	171.23	6.84	194.66	7.78
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	923.94	36.92	710.40	28.39	568.96	22.73
Pastizal inducido	31.18	1.25	157.66	6.30	33.92	1.36
Pastizal cultivado	4.02	0.16	106.06	4.24	608.34	24.31
Agricultura de riego	2.43	0.10	4.26	0.17	23.37	0.93
Agricultura de temporal	89.29	3.57	117.89	4.71	96.02	3.84
Asentamiento humano	0.00	0.00	1.09	0.04	1.34	0.05

Tasas de conversión.

La tasa de deforestación calculada ascendió a -1% anual para el periodo de estudio completo, sin embargo durante 2000-2007 se calculó en -2.75%. Por su parte las coberturas agropecuarias reportaron una tasa anual de 5.95 % (1976-2007) y 10.2% (2000-2007). En la tabla H se pueden observar las superficies ocupadas por estas coberturas y sus respectivas tasas de cambio. Los autores concluyeron que las coberturas forestales sufrieron la mayor pérdida en superficie a costa del incremento de los pastizales.

Tabla H. Superficie en km² y tasas de cambio de las principales coberturas de las cuencas de los ríos Nexpa y Huahua, Mich.

Cobertura	Área en Km ²			Tasa de cambio anual		
	1976	2000	2007	1976-2000	2000-2007	1976-2007
Bosques y selvas	2375.52	2115.17	1739.82	-0.48	-2.75	-1.00
Agropecuario	126.92	385.87	761.65	4.74	10.20	5.95

Matrices de cambio de uso del suelo.

Cuevas y Bocco (en arbitraje) construyeron matrices de cambio (Tablas I y J) en las cuales es posible observar de manera detallada hacia dónde se orientaron los cambios a nivel de comunidad vegetal y usos del suelo. Los cambios que se dan entre las diferentes clases de bosques y selvas son derivados de las confusiones, diferentes intérpretes y escalas, entre estas clases en la clasificación de los tres mapas de referencia, y por ello no deben ser tomadas en cuenta, pues se trata de transiciones imposibles de suceder en la realidad. Los valores más altos de transformación se dan de las selvas en su conjunto (baja y mediana) hacia pastizales (cultivados e inducidos), con 11.26% de la superficie del área de estudio durante el periodo 1976-2000 y 8.92% en el periodo 2000-2007. Le siguen los bosques templados (de pino, pino-encino y encino) también hacia pastizales, con 6.94% y 9.13% en los dos periodos, respectivamente.

Tabla I. Matrices de transición a nivel de comunidad y usos del suelo de las cuencas de los ríos Nexpa y Huahua, de 1976 a 2000, en km² y porcentajes

1976-2000	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Bosque de pino (A)	57,445	17,353	663	740	1,301	5,489	16		308		83,315
Bosque de pino-encino (B)	1,354	31,890	273	11	948	554	448		422		35,900
Bosque de encino (C)	429	1,379	5,551		2,023	584	401	64	345		10,776
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia (D)		42		10,401	2,029	576	1,512		609		15,168
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (E)	1,577	2,918	621	4,956	62,921	6,671	5,852	30	6,733	101	92,381
Pastizal inducido (F)	139	679	63	160	235	958	813		72		3,118
Pastizal cultivado (G)				7	47		348				402
Agricultura de riego (H)					5		3	128	107		243
Agricultura de temporal (I)	730	232	17	849	1,530	935	1,212	205	3,179		8,887
Asentamiento humano (J)											
Total	61,674	54,494	7,186	17,123	71,040	15,766	10,604	426	11,775	101	250,190

1976-2000	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Bosque de pino (A)	22.96	6.94	0.26	0.30	0.52	2.19	0.01		0.12		33.30
Bosque de pino-encino (B)	0.54	12.75	0.11		0.38	0.22	0.18		0.17		14.34
Bosque de encino (C)	0.17	0.55	2.22		0.81	0.23	0.16	0.03	0.14		4.31
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia (D)		0.02		4.16	0.81	0.23	0.60		0.24		6.06
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (E)	0.63	1.17	0.25	1.98	25.15	2.67	2.34	0.01	2.69	0.04	36.92
Pastizal inducido (F)	0.06	0.27	0.03	0.06	0.09	0.38	0.32		0.03		1.25
Pastizal cultivado (G)					0.02		0.14				0.16
Agricultura de riego (H)								0.05	0.04		0.09
Agricultura de temporal (I)	0.29	0.09	0.01	0.34	0.61	0.37	0.48	0.08	1.27		3.55
Asentamiento humano (J)											
Total	24.65	21.78	2.87	6.84	28.39	6.30	4.24	0.17	4.71	0.04	100

Tabla J. Matrices de transición a nivel de comunidad y usos del suelo de las cuencas de los ríos Nexpa y Huahua, de 2000 a 2007, en km² y porcentajes.

2000/2007	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Bosque de pino (A)	34,524	14,368	2,852	170	918	2,772	5,744		325		61,673
Bosque de pino-encino (B)	3,717	28,114	969	2,776	4,564	74	12,739	542	998		54,494
Bosque de encino (C)	102	851	3,798		885	77	1,442		31		7,187
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia (D)		641		9,839	2,696		3,024	21	896	5	17,122
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (E)	775	2,280	1,095	3,795	40,514	297	18,996	407	2,872	8	71,040
Pastizal inducido (F)	258	1,317	1,345	1,306	2,189	166	8,725	37	381	44	15,766
Pastizal cultivado (G)	27	25	239	606	2,366	5	6,399		940		10,607
Agricultura de riego (H)					18		23	371	13		426
Agricultura de temporal (I)	65	168	91	975	2,729	0	3,707	958	3,099		11,791
Asentamiento humano (J)					9		31		1	68	109
Total	39,469	47,763	10,388	19,467	56,888	3,392	60,831	2,335	9,557	125	250,214

2000/2007	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Bosque de pino (A)	13.80	5.74	1.14	0.07	0.37	1.11	2.30		0.13		24.65
Bosque de pino-encino (B)	1.49	11.24	0.39	1.11	1.82	0.03	5.09	0.22	0.40		21.78
Bosque de encino (C)	0.04	0.34	1.52		0.35	0.03	0.58		0.01		2.87
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia (D)		0.26		3.93	1.08		1.21	0.01	0.36		6.84
Selva baja caducifolia y subcaducifolia (E)	0.31	0.91	0.44	1.52	16.19	0.12	7.59	0.16	1.15		28.39
Pastizal inducido (F)	0.10	0.53	0.54	0.52	0.87	0.07	3.49	0.01	0.15	0.02	6.30
Pastizal cultivado (G)	0.01	0.01	0.10	0.24	0.95		2.56		0.38		4.24
Agricultura de riego (H)					0.01		0.01	0.15	0.01		0.17
Agricultura de temporal (I)	0.03	0.07	0.04	0.39	1.09		1.48	0.38	1.24		4.71
Asentamiento humano (J)							0.01			0.03	0.04
Total	15.77	19.09	4.15	7.78	22.73	1.35	24.31	0.93	3.82	0.04	100

A escala de detalle 1:50 000, Aguirre (en arbitraje) realizó el análisis del cambio de uso del suelo para el Ejido de Nexpa, en la costa michoacana (Tabla K). Según sus resultados, los cambios más significativos los sufrieron la Selva mediana y baja caducifolia y subcaducifolia que pasaron de cubrir 11.9% y 87.9% en 1976 a 3.9% y 55.9% para el año 2007, respectivamente. La agricultura que es practicada por la mayoría de los ejidatarios corresponde a la agricultura de temporal, de esta manera Aguirre (en arbitraje) reportó que la superficie de agricultura encontrada en la primer fecha es de apenas 0.2% de la superficie ejidal, mientras que en la fecha más reciente cubre el 10.6%.

Tabla K. Matriz de cambio de cobertura y uso de suelo en el periodo 1976-2007 en el Ejido Nexpa.

	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	Agricultura de riego y de temporal	Pastizal cultivado	Asentamiento humano	Total 1976
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	109.85	316.61	122.25	238.46	8.37	795.54
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	151.58	3402.18	575.71	1683.77	41.16	5854.41
Agricultura de riego y de temporal		3.93	010.17			14.1
Pastizal cultivado				0		
Asentamiento humano					0	
Total 2007	261.43	3722.72	708.13	1922.23	49.53	6664.05

Los cambios experimentados por las coberturas de la selva mediana y la selva baja caducifolia y subcaducifolia fueron producto del establecimiento de pastizales cultivados que actualmente abarcan cerca de 28% de la superficie, la agricultura de temporal y una porción transformada en el asentamiento humano de la comunidad de Caleta de Campos.

Distribución de los procesos de cambio

Los procesos de cambio encontrados por Aguirre (en arbitraje) en el territorio ejidal corresponden a cuatro tipos: deforestación, permanencia de coberturas agropecuarias, permanencia de vegetación primaria y re-vegetación, tal como se muestra en la Tabla L.

Tabla L. Procesos de cambio en el Ejido Nexpa, periodo 1976-2007

Procesos de Cambio	Superficie (ha)	Superficie (%)
Deforestación	2669.73	40.1
Permanencia coberturas agropecuarias	10.17	0.2
Permanencia vegetación primaria	3980.22	59.7
Re-vegetación	3.93	0.1
Total	6664.05	100

De la superficie total del ejido cerca de 60% permaneció sin cambio durante los últimos 31 años, sin embargo la deforestación se encontró en un porcentaje cercano (40%) mientras que la re-vegetación, aun cuando está presente, resulta prácticamente nula.

La Huacana

Cuevas, G. (2008), Cuevas y Mas (2008) aplicaron un modelo espacial para la elaboración de escenarios de uso/cobertura del suelo en La Huacana, Michoacán entre 2000 y 2006, usando imágenes Landsat y Aster. Las tasas cambio (pérdidas) anuales porcentuales fueron de 0.5 para el bosque templado, de 1.7 para la selva baja cerrada, de 0.7 para la selva baja semi-abierta, 1.2 para el ripario. Los incrementos fueron de 1.5 para la selva baja abierta (supuestamente un proceso de degradación?) y 2.3 para agricultura y pastizal. Usando el modelo DINAMICA formularon escenarios: el primero es un escenario tendencial basado en los cambios observados durante 2000-2003, el escenario “Ganado” (“cattle” escenario) y el escenario sustentable (“sustainable” escenario).

Tabla 6 – Áreas de uso/cobertura del suelo de La Huacana en 2000, 2003 y 2006

Clases de uso/cobertura del suelo	2000 (Ha)	2003 (Ha)	2006 (Ha)	Tasa 2000-2003 (%/año)	Tasa 2003-2006 (%/año)
Bosque templado	902	902	890	0.00	-0.46
Selva baja caducifolia (cerrada)	66 118	65 720	62 441	-0.20	-1.69
Selva baja caducifolia (semi-abierta)	36 512	36 375	35 604	-0.13	-0.71
Selva baja caducifolia (abierta)	39 440	39 441	41 302	0.00	1.55
Vegetación Riparia	1 770	1 770	1 707	0.00	-1.20
Malpais	128	128	128	0.00	0.05
Agricultura de temporal (incluye pastizales)	30 572	31 097	33 326	0.57	2.33
Agricultura de riego	7 757	7 763	7 800	0.03	0.16
Agricultura de humedad	1 410	1 414	1 411	0.09	-0.06
Cuerpo de agua	8 889	8 889	8 888	0.00	0.00
Asentamiento humano	32	32	32	0.00	-0.13
Minería	405	405	405	0.00	0.03

Tabla 8 – Matriz de las tasas de transición para La Huacana, 2000-2003

	SBC-c	SBC-sa	SBC-a	AT
SBC-c	0.9934	---	0.0025	0.0041
SBC-sa	---	0.9945	0.0034	0.0022
SBC-a	---	0.0018	0.9912	0.0070
AT	---	---	0.0023	0.9977

En la figura 11 se pueden observar de manera gráfica las mismas tasas y sus transiciones correspondientes.

Campos et al. (2012) llevan a cabo un estudio interdisciplinario en el ejido de Ticuiz.

Table 2. Land use/cover change analysis in the ejido Ticuiz, period 1990-2006.

Vegetal formation	1990		2006		1990-2006	Change rate
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Change (ha)	
Tropical humid broadleaf forest	483	15.9	461.9	15.3	-21.1	-0.003
Mangrove	390.1	12.9	410.7	13.6	20.7	0.003
Scrubland	238.6	7.9	47.0	1.6	-191.6	-0.097
Natural grassland	238.4	7.9	249.2	8.2	10.8	0.003
Agricultural fields	1461.4	48.2	1287.4	42.6	-174.0	-0.008
Secondary grassland	147.8	4.9	453.2	15.0	305.4	0.073
Human settlement	32.6	1.1	49.4	1.6	16.9	0.026
Without vegetation	42.6	1.4	65.4	2.2	22.8	0.027
Body of water	86.4	2.8	98.6	3.3	12.2	0.008
TOTAL	3034.4	100	3024.3	100		

Referencias

- Aguirre, R. (En Arbitraje): Análisis de cambio de uso/cobertura del suelo en el Ejido Nexpa (1976-2007). En: Bocco-Verdinelli, G. y Priego-Santander, A. (eds.) (2013, En Arbitraje): Tres niveles de análisis en la Sierra-Costa Michoacana (Insumos para el Ordenamiento Ecológico). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia, 241 p.
- Albino, F. (2010). *La política ambiental y los cambios de uso de suelo en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán*. (Tesis de Doctorado), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arredondo León, Carlos, Muñoz Jiménez, Julio y García Romero, Arturo. 2008. Cambios recientes de la dinámica del paisaje en tierras altas del Trópico, centro de Mexico. *Interciencia* . Vol. 33(8), 569-578.
- Barsimantov, J., & J. N. Antezana. (2008). *Land use and land tenure change in Mexico's avocado production region: Can community forestry reduce incentives to deforest for high value crops*. Paper presented at the Twelfth biennial conference of the International Association for the Study of the Commons, Cheltenham, United Kingdom.
- Barsimantov, J., & J. Navia Antezana. (2012). Forest cover change and land tenure change in Mexico's avocado region: Is community forestry related to reduced deforestation for high value crops? *Applied Geography*, 32(2), 844-853.
- Bocco, G., & Mendoza. (1999). Evaluación de los cambios de la cobertura vegetal y uso del suelo en Michoacán (1975-1995). *Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio. Programa SIMORELOS-CONACYT. Informe Técnico. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales, Instituto de Ecología, UNAM. Campus Morelia, Michoacán, México, 50*.
- Bocco, G., M. Mendoza, & A. Velázquez. (2001). Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping- A tool for land use planning in developing countries. *Geomorphology*, 39(3-4), 211-219.
- Bocco, G., O. R. Maser, & M. Mendoza. (2001). La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas* (44), 18-38.
- Bravo-Espinosa, M.E. Mendoza, T. Carlón Allende, L. Medina, J.T. Sáenz Y R. Páez. (2012, en línea). Effects of converting forest to avocado orchards on loss ground cover and topsoil properties in the Trans-Mexican Volcanic System, Mexico. *Land Degradation & Development*
- Brown, S., M. Hall, K. Andrasko, F. Ruiz, W. Marzoli, G. Guerrero, J. Cornell. (2007). Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(6), 1001-1026.
- Campos, M., A. Velázquez, G. B. Verdinelli, M. Skutsch, M. B. Juncà, & Á. G. Priego-Santander. (2012). An interdisciplinary approach to depict landscape change drivers: A case study of the Ticuiz agrarian community in Michoacan, Mexico. *Applied Geography*, 32(2), 409-419.
- Correa Ayram, C.A., 2012. Análisis del cambio de la conectividad del paisaje (1975-2008) en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán, como marco para la identificación de escenarios de conservación. Tesis de Maestría en Geografía. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Couturier, S., & J.-F. Mas. (2009). ¿Qué tan confiable es una tasa de deforestación? ¿Cómo evaluar nuestros mapas con rigor estadístico? *Investigación ambiental*, 1(2), 117-135.
- Cuevas, G. (2005). Pronóstico de cambio de uso de suelo en áreas forestales del estado de Michoacán. (Tesis de Licenciatura), Universidad Nacional Autónoma de México.

- Cuevas, G. (2008). *Aplicación de un modelo espacial para la elaboración de escenarios de uso/cobertura del suelo en La Huacana, Michoacán*. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cuevas, G. y G. Bocco (En Arbitraje): Análisis del cambio de la cobertura vegetal y usos del suelo (1976-2007). En: Bocco-Verdinelli, G. y Priego-Santander, A. (eds.) (2013, En Arbitraje): Tres niveles de análisis en la Sierra-Costa Michoacana (Insumos para el Ordenamiento Ecológico). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia, 241 p.
- Cuevas, G., & J. F. Mas. (2008). *Land use scenarios: a communication tool with local communities*. In M. Paegelow & M. Olmedo (Eds.), *Modelling Environmental Dynamics* (pp. 223-246): Springer Berlin Heidelberg.
- Dobler, C. E. (2013). *Distribución y cambio de cobertura del bosque húmedo de montaña de Michoacán, México*. (Tesis de Maestría), Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garibay, C., & G. Bocco (2007). Situación Actual en el Uso del Suelo en Comunidades Indígenas de la Región P'urhépecha (1976-2005). CIGA-INE. México.
- González-Cortés, J. C., M. Vega-Fraga, L. Varela-Fregoso, M. Martínez-Trujillo, Y. Carreón-Abud, & M. E. Gavito. (2012). Arbuscularmycorrhizal fungal (AMF) communities and land use change: the conversion of temperate forests to avocado plantations and maize fields in central Mexico. *Fungal Ecology*, 5(1), 16-23.
- Guerrero, G., O. Maser, & J. F. Mas. (2008). Land use / Land cover change dynamics in the Mexican highlands: current situation and long term scenarios. In M. Paegelow & M. Olmedo (Eds.), *Modelling Environmental Dynamics* (pp. 57-76): Springer Berlin Heidelberg.
- Hall, M., G. Guerrero, & O. Maser. (1998). Apéndice 2: Modelación de líneas base de deforestación utilizando GEOMOD para las regiones de Calakmul y Meseta Purépecha en México. Winrock International, A2 1-66.
- López Granados, E. (1999). Cambio de uso de suelo y crecimiento urbano en la Ciudad de Morelia. (Tesis de Maestría), Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- López, E., & G. Bocco. (2001). Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. *Investigaciones Geográficas* (045), 56-76.
- López, E., G. Bocco, M. Mendoza, & E. Duhau. (2001). Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe: A case in Morelia city, Mexico. *Landscape and urban planning*, 55(4), 271-285.
- López, E., G. Bocco, M. Mendoza, A. Velázquez, & J. Rogelio Aguirre-Rivera. (2006). Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 90(1-3), 62-78.
- López, E., M. Mendoza, & A. Acosta. (2002). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta ecológica*(64), 19-34.
- López-García, J., & I. Alcántara-Ayala. (2012). Land-use change and hillslope instability in the monarch butterfly biosphere reserve, central Mexico. *Land Degradation and Development*, 23(4), 384-397.
- Manzo-Delgado, L., J. López-García, & I. Alcántara-Ayala. (2013). Role of forest conservation in lessening land degradation in a temperate region: The Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Journal of Environmental Management*, 1-12.
- Martínez Ruiz, Yolotzin. 2013. Caracterización sucesional del Bosque Mesófilo y su dinámica espacio temporal en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán. Tesis Ingeniería Foresta. Instituto Tecnológico del Valle de Morelia.

- Marzoli, W. A. (1998). Apéndice 3: Modelación de líneas base de deforestación utilizando el Modelo de Cambio de Área Forestal para las regiones de Calakmul y Meseta Purépecha en México. Winrock International, A3 1-37.
- Mas, J.-F., A. Velázquez, & S. Couturier. (2009). La evaluación de los cambios de cobertura/uso del suelo en la República Mexicana. *Investigación ambiental*, 1(1), 23-39.
- Mendoza, M. E., E. L. Granados, D. Geneletti, D. R. Pérez-Salicrup, & V. Salinas. (2011). Analysing land cover and land use change processes at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975–2003). *Applied Geography*, 31(1), 237-250.
- Mendoza, M., G. Bocco, E. López Granados, & M. Bravo. (2002). Implicaciones hidrológicas del cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: una propuesta de análisis espacial a nivel regional en la cuenca cerrada del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía* (49).
- Mendoza, M.E., G. Bocco, E. López & M. Bravo, 2010. Hydrological implications of land-cover and land-use change: Spatial analytical approach at regional scale in the closed basin of the Cuitzeo Lake, Michoacan, Mexico. *Singapore Tropical Geography* 31: 197-214.(ISI Factor 0.638) doi:10.1111/j.1467-9493.2010.00400.x
- Morales-Manila, L. M., & G. Cuevas-Garcia. (2011). Inventarios 1974-2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo de aguacate en el estado de Michoacán. Morelia, MICH: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 138 p.
- Morales-Manila, L. M., & G. Cuevas-Garcia. (2011). Inventarios 1974-2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo de aguacate en el estado de Michoacán. Morelia, MICH: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. 138 p.
- Morales-Manila, L. M., A. Reyes-González, G. Cuevas-Garcia, & M. Onchi-Ramuco. (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán (pp. 89). Morelia, MICH.: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. 89 p.
- Morales-Manila, L. M., A. Reyes-González, G. Cuevas-Garcia, & M. Onchi-Ramuco. (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán (pp. 89). Morelia, MICH.: Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. 89 p.
- Navarrete, J. L., M. Isabel Ramírez, & D. R. Pérez-Salicrup. (2011). Logging within protected areas: Spatial evaluation of the monarch butterfly biosphere reserve, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 262(4), 646-654.
- Ordóñez, F., O. Rosete, B. Masera, & F. Jong.(2000). Dinámica de cambio en la cobertura forestal y uso del suelo asociada a los almacenes y emisiones de carbono: el caso de Santiago Tingambato, Michoacán. Centro de Investigación en Ecosistemas, UNAM. Morelia, Mich. México.
- Paulson, L. J. (1999). Globalization and survival of the smallholder: The role of agricultural restructuring in land use change in Michoacán, Mexico. (Tesis de Maestría).
- Pérez Vega, A., D. López Carr y J.F. Mas, 2010, Modelado de los cambios de uso/cubierta del suelo y conservación de la biodiversidad en Michoacán, Memorias del Simposio Internacional SELPER 2010, Guanajuato, Gto, 8-12 Nov. 2010.
- Pérez Vega, A., D. López- Carr, J.-F. Mas, 2010a, Conservation planning using land use/cover change and biodiversity models: A case study of Michoacán, Mexico, Global Land Project Open Science Meeting 2010, Tempe, Arizona, USA, 17-19 octubre 2010.

- Priego-Santander, A. y G. Bocco (eds.) (en dictamen): Tres niveles de análisis en la Sierra-Costa Michoacana (Insumos para el Ordenamiento Ecológico). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM Campus Morelia, 241 p.
- Ramírez, I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. *Investigaciones Geográficas*. 45:39-55.
URL:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56904504>
- Ramírez, M. I., J. G. Azcárate, & L. Luna. (2003). Effects of human activities on monarch butterfly habitat in protected mountain forests, Mexico. *The Forestry Chronicle*, 79(2), 242-246.
- Ruiz, F. (1998). Apéndice 1. Modelación de líneas base de deforestación utilizando LUCS para las regiones de la Meseta Purépecha y Calakmul en México. *Winrock International*, A1 1-46.
- Sánchez, J., G. Bocco, J. Fuentes, & A. Velázquez. (2003). Análisis de cobertura y uso del terreno en el contexto de su dinámica espacio-temporal. In A. Velázquez, A. Torres & G. Bocco (Eds.), *Las enseñanzas de San Juan. Investigación participativa para el manejo integral de recursos naturales*. México: INECC.
- Toledo, R., J. J. Alcántar, J. Anguiano, & G. Chávez. (2009). Expansión del cultivo del Aguacate y Deforestación en Michoacán. *Boletín El Aguacatero* (58).
- Troche, C., Medina, C., Velázquez, A. y A. Larrazabal. (En Arbitraje): Evaluación de los Procesos de Cambio de Cobertura y Uso del Suelo (1976-2003). En: Priego y Bocco (en dictamen): Tres niveles de análisis en la Sierra-Costa Michoacana (Insumos para el Ordenamiento Ecológico). Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, INECC, UNAM Campus Morelia, 241 p.
- Velázquez-García, J., K. Oleschko, J. A. Muñoz-Villalobos, M. Velásquez-Valle, M. Martínez Menes, J.-F. Parrot, M. Cerca. (2010). Land cover monitoring by fractal analysis of digital images. *Geoderma*, 160(1), 83-92.
- Works, M. A., & K. S. Hadley. (2004). The cultural context of forest degradation in adjacent Purépechan communities, Michoacán, Mexico. *Geographical Journal*, 170(1), 22-38.
- Works, Martha A. y Hadley, Keith S. 2000. Hace Cincuenta Años: Repeat Photography and Landscape Change in the Sierra Purépecha of Michoacán, México. *Yearbook. Conference of Latin Americanist Geographers*. Vol. 26, p 139-155, 17p.