

Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán

ERNA LÓPEZ GRANADOS, MANUEL MENDOZA Y ALEJANDRA ACOSTA



INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han sido reconocidas en años recientes como la mayor fuerza modeladora de la biosfera; y por encima de que las fuerzas naturales son responsables de la mayoría de los cambios contemporáneos en los flujos y estados de la biosfera (Meyer y Turner II 1994, Velázquez y Boc-

co 1994, Foster *et al.* 1999, Verburg *et al.* 1999). De acuerdo con Reid *et al.* (2000), la tercera parte de la superficie terrestre está compuesta por cultivos y pastos y más de la mitad de las áreas de producción agrícola que existen actualmente se comenzaron a cultivar el siglo pasado.

La mayor parte de los cambios que ocurren en los ecosistemas terrestres se deben a: 1) conversión en la cobertura del terreno, 2) degradación de la tierra y 3) intensificación en el uso del suelo (Lambin 1994).

Los cambios en el uso del terreno (CUT) son resultado de una compleja interacción entre el ser humano y el medio biofísico. Y actúan sobre un amplio rango de escalas espaciales y temporales (Verburg *et al.* 1999). Entender las transformaciones en el uso de la tierra, y las fuerzas sociales que los manejan es de crucial importancia para comprender, modelar y predecir el cambio del ambiente a nivel local, regional, así como para manejar y responder a este cambio (Meyer y Turner II 1994).

En este trabajo se analiza el efecto que ha tenido durante los últimos años la situación socio-económica, representativa del centro de México, sobre las condiciones ambientales y más precisamente sobre la degradación del lago de Cuitzeo.

MATERIALES Y MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca endorreica¹ del lago de Cuitzeo, el segundo lago más grande de México, se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, en los estados de Michoacán y Guanajuato, y ocupa una superficie de aproximadamente 4,000 km² (figura 1). La cuenca está conformada por colinas, lomeríos altos y planicies, es decir, es relativamente plana y con poca amplitud de relieve, la cual se desarrolla sobre materiales volcánicos de composición intermedia a básica de edad reciente (Mendoza *et al.* en prensa, Pasquarè *et al.* 1991). Estos materiales dan lugar a suelos de textura predominantemente fina, como vertisoles, luvisoles, andosoles y acrisoles (Mendoza *et al.* 2001). La cobertura vegetal y el uso del suelo corresponden de manera predominante a las clases matorrales, bosque y cultivos (López y Bocco 2001). La precipitación se incre-

menta desde el norte hacia el sur, mientras que la temperatura asciende en sentido inverso. La distribución espacial de estos parámetros indica que el área de estudio se ubica en una zona transicional, entre los climas templado-secos a templado-húmedos, con una precipitación promedio anual menor de 1,000 mm y una temperatura media de 15°C.

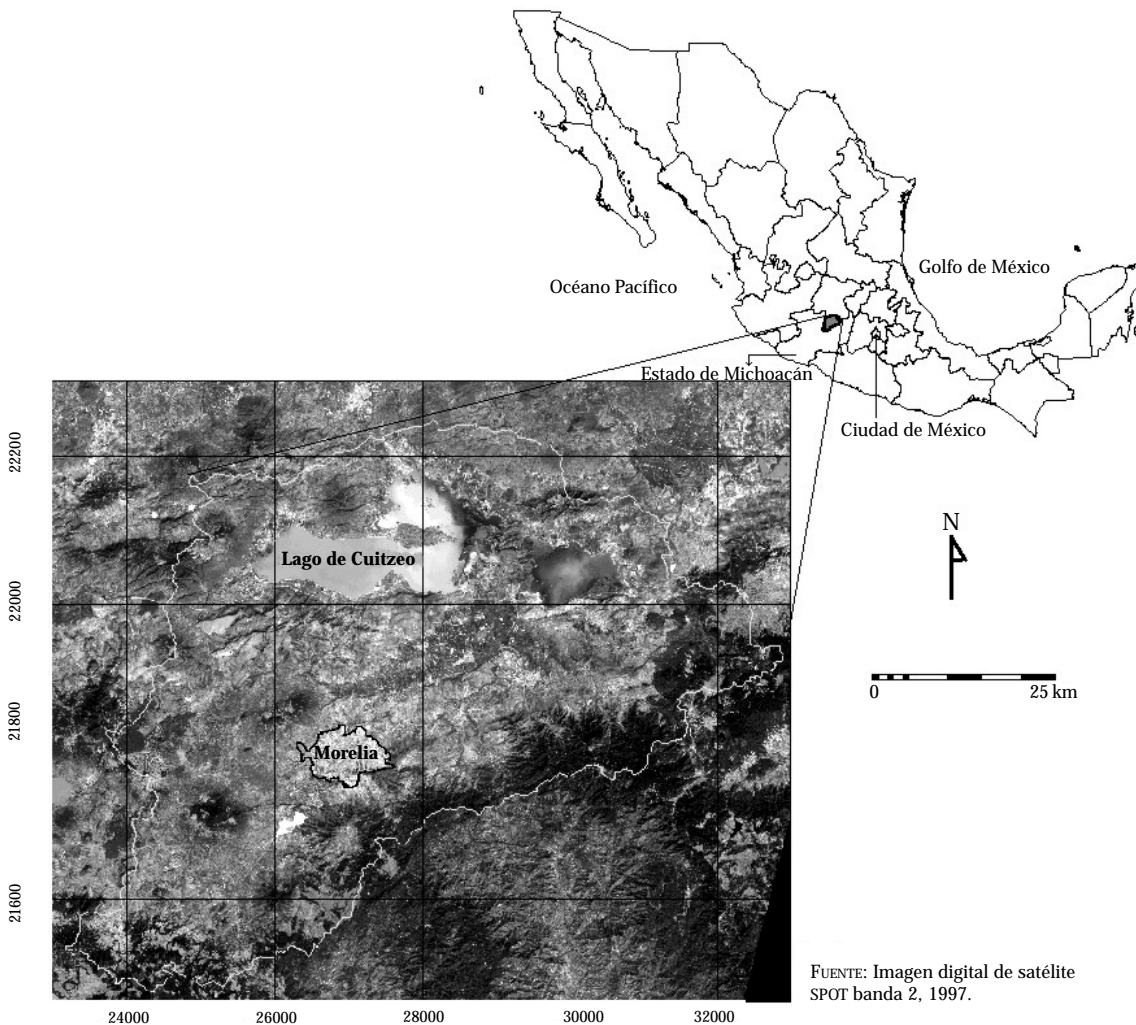
Los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo (CVUS) se derivaron de la interpretación de fotografías aéreas pancromáticas blanco y negro de los años 1975 y 2000, a escala aproximada de 1:50,000 (161 fotografías) y 1:37,000 (283 fotografías), respectivamente. El material cartográfico necesario para la elaboración de la investigación consistió en las cartas topográficas y de suelos (1:50,000) de la zona de estudio elaboradas por INEGI (1975, 1996); también se utilizó la cartografía geológica de Pasquarè *et al.* (1991) a escala de 1:300,000.

La interpretación de las fotografías aéreas se realizó por medio de claves fotográficas estándar (tono, textura, patrón, forma y tamaño). La restitución fotogramétrica de la interpretación de las fotografías se llevó a cabo a la misma escala que el mapa base (1:50,000). Se utilizó un sistema de información geográfica (SIG) para la generación, manipulación y salida de la información espacial (figura 2).

La regionalización geomorfológica de la cuenca del lago de Cuitzeo permitió reconocer unidades de relieve a dos niveles de agregación. La delimitación de formas laderas se realizó a través de la interpretación detallada de las imágenes y fotografías aéreas utilizando criterios y reglas clásicas de interpretación aerofotográfica para delinear las unidades geomorfológicas con el apoyo de estereoscopios (Zonneveld 1979, Van Zuidam y Van Zuidam 1979, Verstappen y Van Zuidam 1991). El sistema jerárquico seleccionado y ajustado a las características locales fue el levantamiento geopedológico.

Este sistema fue elegido porque las jerarquías están definidas con precisión, los rasgos apreciables a

FIGURA 1. UBICACIÓN DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO



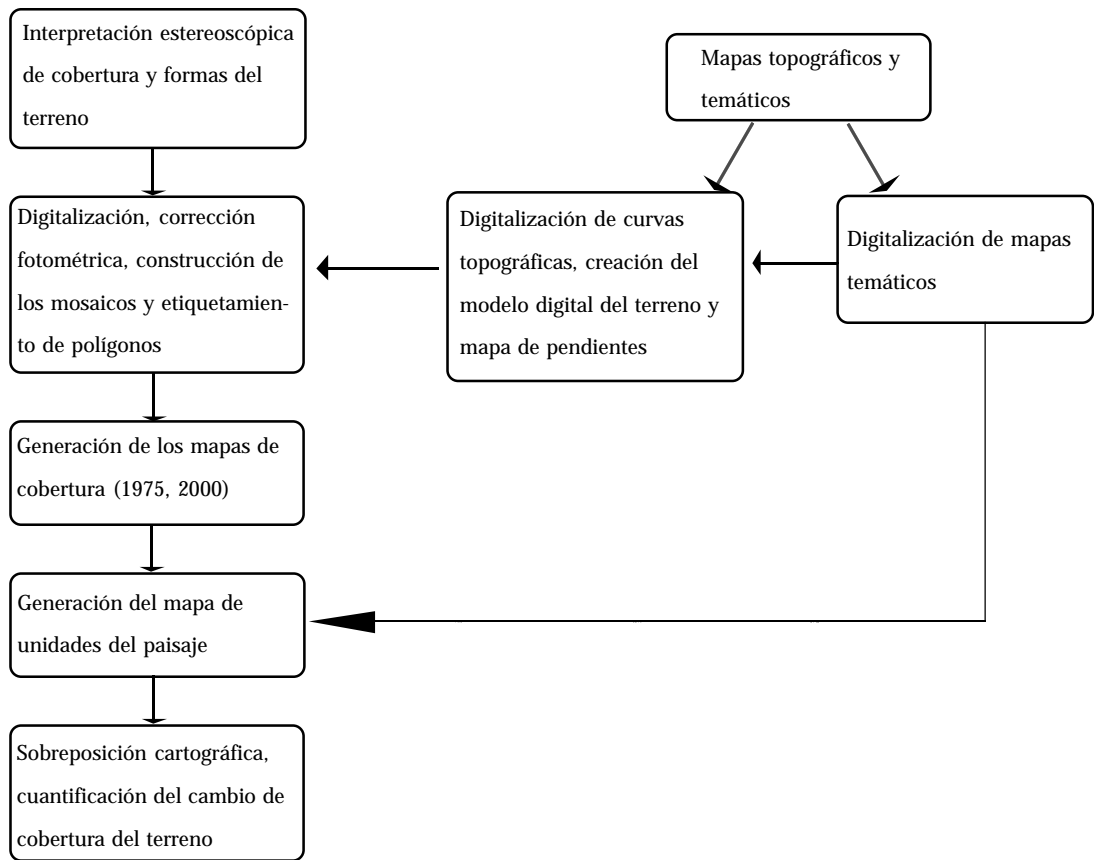
cada nivel pueden aplicarse en cualquier ambiente y además ofrece la posibilidad de establecer una relación coherente con otros componentes del paisaje (agua, suelos, vegetación). Para los niveles cartografiados el mapeo es relativamente simple, cuantificable y pragmático. Los rasgos inequívocamente apreciables, es decir, lo que cualquier observador puede ver en el mapa, fotografía aérea y campo se ubican en un mapa. Las consideraciones morfogenéticas, de muy alta complejidad, se manejan y analizan a niveles inferiores, lo

cual presenta ventajas en cuanto a las posibilidades de replica el método a escala regional (Zinck 1988, Mendoza y Bocco 1998, Bocco *et al.* 2001).

GENERACIÓN DE LAS BASES DE DATOS Y SU PRECISIÓN

La corrección geométrica de la interpretación de las fotografías aéreas se realizó por monoploteo con ayuda de un SIG. La restitución requiere de coordenadas

FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL DESARROLLO DEL TRABAJO



arbitrarias y coordenadas métricas de al menos nueve puntos de control en cada fotografía (en este trabajo se utilizaron en promedio 18 puntos de control), así como de la altitud (obtenida con el modelo digital de elevación [MDT]) (McCullough y Moore 1995). Posteriormente se obtuvieron y etiquetaron los mosaicos de la cobertura del terreno y el relieve. La exactitud de las bases de datos se midió con matrices de confusión y por la evaluación de la calidad del etiquetamiento propuesta por Bocco y Riemann (1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La matriz de confusión indica que todas las categorías de cobertura se encuentran por encima del valor

mínimo de exactitud (90%). El error obtenido es bajo porque el 30% de los polígonos interpretados en las fotografías aéreas fueron etiquetados en campo. La calidad del etiquetamiento de los polígonos cuenta con una amplitud por encima del 95%.

Como resultado de las condiciones socio-económicas particulares de la zona de estudio, marcadas principalmente por la emigración de la población, se han suscitado diferentes cambios en las condiciones ambientales. Los más destacados son: el cambio en la cobertura vegetal y el uso de la tierra y la dinámica de crecimiento de los asentamientos humanos. Como consecuencia de esto se han encontrado modificaciones en el consumo del agua, en los procesos de erosión, en el uso de bordos así como en la presencia de vegeta-

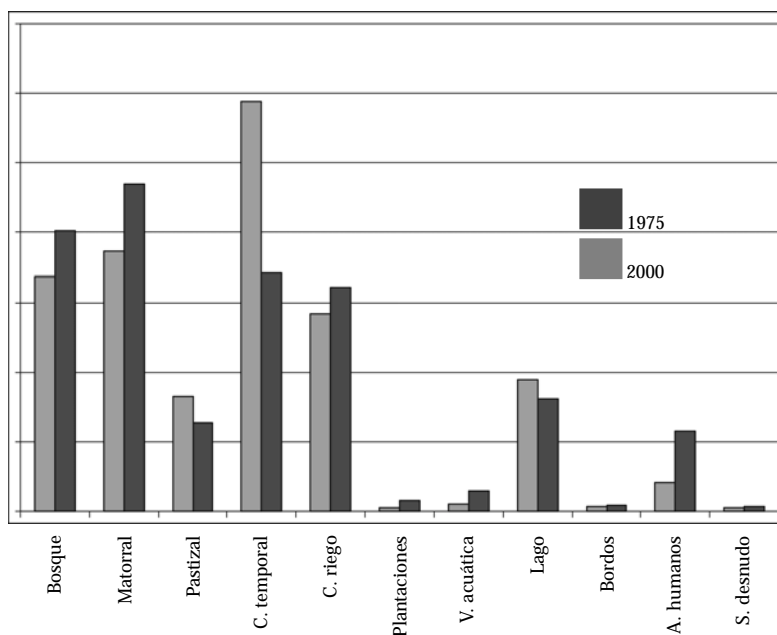
ción acuática en el lago. Estos procesos de deterioro se han visto agudizados por cambios atmosféricos.

A) LOS CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL Y EN EL USO DE LA TIERRA

Las formas de relieve mejor distribuidas en la zona de estudio son: colinas (23.6%), lomeríos altos (22.5%), planicies (18.6%) y lomeríos bajos (9.7%); el porcentaje restante corresponde a otras formas menores de las unidades de relieve. El cambio de cobertura vegetal y uso del suelo se observa en el cuadro 1 y en la figura 3. La categoría cultivos de temporal ocupaba la mayor superficie en la zona de estudio en 1975 (figura 4), no obstante, en el año 2000 la categoría predominante son los matorrales (figura 5 y 6). La superficie ocupada por los cultivos de temporal ha disminuido en forma importante durante este periodo del estudio. Los matorrales y los cultivos en temporal se encuentran localizados

principalmente en lomeríos, lugares muy pedregosos y con suelos poco profundos, lo que se traduce en arduas labores de labranza y bajos rendimientos de las cosechas (principalmente maíz y frijol). La situación mencionada, aunada al pobre apoyo gubernamental al campo mexicano han ocasionado que los campesinos emigren a otras zonas en busca de una mejor calidad de vida. La zona de estudio se caracteriza por la migración de la población a la capital del estado, otras regiones en el territorio nacional del país y a los Estados Unidos de América, provocando el abandono de las tierras de cultivo poco productivas. Los terrenos sin cultivar tienen de 25 a 40 años abandonados, lo que ha ocasionado fenómenos de sucesión vegetal, que actualmente se ven reflejados en zonas con presencia de matorral subtropical, selva baja caducifolia (agrupados en el presente trabajo en la categoría de matorrales), así como bosques (cuadro 1). Las plantaciones de árboles aumentaron su superficie en la cuenca, como parte

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



CUADRO 1. UNIDADES DE RELIEVE GENERALIZADAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO

RELIEVE GENERALIZADO	ÁREA EN KM ²	ÁREA %	GEOLOGÍA	SUELOS
Planicie fluvio-lacustre	585.79	14.55	Depósitos superficiales (80); depósitos lacustres (10)	Vertisol (66); Feozem (18); Luvisol (11)
Planicie fluvial	6.9	0.17	Depósitos superficiales (63); andesitas y basaltos (22); ignimbritas (6)	Vertisol (90); Feozem (10)
Planicie lacustre inundable	136.39	3.39	Depósitos superficiales (77); cuerpos de agua (18)	Zolonchak (40); Zolonchak (40); c. de agua (16); gleysol (9)
Planicie lacustre inundable con vegetación acuática	39.17	0.97	Depósitos superficiales (81); cuerpos de agua (13)	Zolonchak (87)
Planicie inundable con depósitos de sal	8.71	0.22	Depósitos superficiales (75); depósitos lacustres (17); depósitos de caída (6)	Gleysol (54); Zolonchak (23); Vertisol (19)
Piedemonte superior	57.24	1.42	Conos de lava y cenizas (42); Depósitos superficiales (22); volcanes monogenéticos (15); conos andesíticos (11)	Andosol (58); Luvisol (29); Acrisol (7)
Piedemonte medio	196.32	4.88	Conos de lava y cenizas (79); depósitos superficiales (14)	Luvisol (61); Vertisol (26)
Piedemonte inferior	94.95	2.36	Depósitos superficiales (54); conos de lava y cenizas (28); volcanes monogenéticos (14)	Vertisol (31); Acrisol (21); Luvisol (20); Andosol (15); Feozem (9)
Piedemonte no diferenciado	169.59	4.21	Depósitos superficiales (40); depósitos lacustres (17); depósitos de caída (8); conos de lava y ceniza (8); basaltos (7)	Vertisol (57); Feozem (17); Luvisol (14)
Valle amplio	11.87	0.29	Depósitos lacustres (26); basaltos andesitas (22); ignimbritas (20); depósitos de caída (17); andesitas basaltos (7)	Vertisol (54); Luvisol (26); Feozem (11)
Valle estrecho	9.25	0.23	Ignimbritas (22); basaltos (21); depósitos superficiales (20); conos de lava y cenizas (13); depósitos de caída (11)	Luvisol (45); Andosol (23); Vertisol (16); Feozem (9)
Colada de lava	40.15	1	Volcanes monogenéticos (91)	Litosol (82); Luvisol (6); Andosol (5)

NOTA: Los datos entre paréntesis es corresponden a las superficies de coincidencia en porcentaje.

PENDIENTE	HIPSOMETRÍA	COBERTURA 1975	COBERTURA 2000
0-3 (94)	< 1900 (88); 1900-2100 (11)	Cultivos de riego (70); cultivos de temporal (20)	Cultivos de riego (64); cultivo de temporal (17)
0-3 (82); 3-6 (7)	2100-2300 (75); < 1900 (21)	Cultivos de riego (81); pastizal (7)	Cultivos de temporal (56); arbustos (18); cultivos de riego (15)
0-3 (100)	< 1900 (98)	Lago (69); vegetación acuática (14)	Lago (52); vegetación acuática (22); cultivos de riego (15)
0-3 (99)	< 1900 (100)	Vegetación acuática (92)	Vegetación acuática (72); cultivos de riego (25)
0-3 (96)	< 1900 (100)	Lago (38); cultivo de riego (27); pastizales (13); arbustos (10)	Vegetación acuática (47); arbustos (23); cultivos de riego (11)
3-6 (30); 6-10 (27); 0-3 (24); 10-20 (16)	2300-2500 (42); 2100-2300 (27); 2500-2700 (25)	Cultivos de temporal (54); bosque templado (20); arbustos (17)	Cultivos de temporal (32); arbustos (14); pastizal (13); bosque templado (28)
3-6 (40); 6-10 (28); 0-3 (21); 10-20 (10)	2100-2300 (53); 1900-2100 (27); 2300-2500 (18)	Cultivos de temporal (38); Arbustos (37); pastizal (10);	Arbustos (48); cultivos de temporal (18); bosque templado (14)
0-3 (55); 3-6 (27); 6-10 (10)	1900-2100 (47); 2100-2300 (27); 2300-2500 (22)	Cultivos de temporal (55) cultivos de riego (19); arbustos (19)	Cultivos de temporal (42); asentamientos humanos (20); cultivos de riego (18) Bosque templado (9)
0-3 (44); 3-6 (33); 6-10 (15)	1900-2100 (39); < 1900 (38); 2300-2500 (13)	Cultivos de temporal (46); cultivos de riego ; (25) arbustos (16);	Cultivos de temporal (38); cultivos de riego (17); arbustos (23); asentamientos humanos (10)
0-3 (60); 3-6 (18); 6-10 (18); 10-29 (9)	< 1900 (40); 1900-2100 (32); 2100-2300 (27)	Cultivos de temporal (42); cultivos de riego (33); pastizal (10)	Cultivos de temporal (31); cultivos de riego (16); arbustos (13)
10-20 (34); 20-30 (17); 6-10 (16); 3-6 (13); 0-3 (11)	1900-2100 (41); 2300-2500 (25); 2100-2300 (22)	Arbustos (49); bosque templado (21); cultivos de temporal (10)	Bosque templado (54); arbustos (29); cultivos de temporal (11)
0-3 (73) 3-6 (15)	2100-2300 (62); 1900-2100 (32)	Bosque templado (65); arbustos (32)	Bosque templado (59); arbustos (31); asentamientos humanos (30)

CUADRO 1. UNIDADES DE RELIEVE GENERALIZADAS DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO (*continúa*)

RELIEVE GENERALIZADO	ÁREA EN KM ²	ÁREA %	GEOLOGÍA	SUELOS
Cono volcánico	33.65	0.84	Volcanes monogenéticos (49); domos dacíticos y riolíticos (15); depósitos de caída (10); depósitos superficiales (8.6)	Andosol (34); Luvisol (24); Feozem (15); Litosol (13); Vertisol (9)
Elevaciones aisladas	17.86	0.44	Depósitos lacustres (40); depósitos superficiales (25); conos de lava y cenizas (18); ignimbritas (6)	Vertisol (61); Feozem (36)
Laderas muy suaves y suaves	1320.91	32.81	Depósitos superficiales (16); conos andesíticos; basaltos (10); conos de lava y cenizas (10);	Vertisol (40); Acrisol (15); Luvisol (14); Andosol (14); Feozem (11)
Laderas inclinadas y escarpadas	710.53	17.65	Basaltos andesíticos (25); conos andesíticos (20); ignimbritas (11); conos de lava y cenizas (10); depósitos superficiales (6)	Luvisol (27); Acrisol (20); Vertisol (12); Fozem (9)
Mesa volcánica	215.26	5.35	Volcanes monogenéticos (30); Ignimbritas (17); depósitos superficiales (15); basaltos (10); domos dacíticos y riolíticos (6)	Vertisol (49); Luvisol (19); Feozem (10); Andosol (9); Acrisol (8)
Superficie cumbral	49.22	1.22	Depósitos superficiales (23); ignimbritas (14); basaltos (14); depósitos de caída (12); conos andesíticos (11); depósitos lacustres (8);	Vertisol (34); Feozem (18); Andosol (16); Acrisol (14)

NOTA: Los datos entre paréntesis es corresponden a las superficies de coincidencia en porcentaje.

de los esfuerzos gubernamentales por controlar las zonas con presencia de erosión.

El 60% de la superficie total de la cuenca presentó en el año 2000 las mismas coberturas y usos que existían en 1975, el 40% restante sufrió cuatro principales transformaciones: la matorralización (11%), la reforestación (8%), la deforestación (7%) y la urbanización (3%). Los resultados indican que los procesos de reforestación y matorralización superan al proceso de deforestación de la cuenca. La deforesta-

ción se presenta preferentemente en laderas que van de muy suaves a suaves (38%) y en aquellas cuya pendiente va de inclinadas a escarpadas (24%). El proceso contrario, la reforestación, se localiza en laderas que van de muy suaves a suaves (47%) y de inclinadas a escarpadas (37%). La matorralización se localiza en laderas muy suaves a suaves (51%) y en laderas inclinadas a escarpadas (13%). La urbanización se desarrolla sobre laderas muy suaves a suaves (38%) y en la planicie fluvio-lacustre.

PENDIENTE	HIPSOMETRÍA	COBERTURA 1975	COBERTURA 2000
10-20 (36); 6-10 (17); 20-30 (16); 0-3 (11); > 30 (10)	2100-2300 (36); 2300-2500 (26); 1900-2100 (17)	Bosque templado (33); arbustos (32); cultivos de temporal (29)	Bosque templado (59) asentamientos humanos (20); Arbustos (30)
0-3 (84); 3-6 (5)	< 1900 (83); 1900-2100 (17)	Asentamientos humanos (28); cultivos de riego (21); Cultivos de temporal (20); arbustos (19)	Asentamientos humanos (65) cultivos de temporal (17); arbustos 13)
6-10 (27); 3-6 (27); 10-20 (23);	1900-2100 (39); 2100-2300 (31); 2300-2500 (13) ignimbritas (10)	Cultivos de temporal (43) arbustos (26); bosque templado (15) 0-3 (18)	Arbustos (35); cultivos de temporal (24); bosque templado (19); pastizal (9)
10-20 (38); 20-30 (24); 6-10 (13); > 30 (12)	2100-2300 (32); 2300-2500 (26); 1900-2100 (16); 2500-2700 (13)	Bosque templado (51) arbustos (27) cultivos de temporal (12)	Bosque templado (58); arbustos (29); cultivos de temporal (5)
0-3 (45); 32 (3-6); 6-10 (14)	2100-2300 (45); 1900-2100 (32); 2300-2500 (14)	Cultivos de temporal (47) pastizal (18); arbustos (16) bosque templado (15)	Cultivos de temporal (34); arbustos (30); pastizal (16) bosque templado (12)
0-3 (37); 3-6 (30); 6-10 (18); 10-20 (12)	1900-2100 (48); 2100-2300 (33); 2300-2500 (11)	Cultivos de temporal (53); pastizal (20) arbustos (17); bosque templado (8)	Cultivos de temporal (40); arbustos (27) bosque templado (12); pastizal (11)

Por otro lado, el número de bordos ha aumentado significativamente en los últimos años. En 1975 la cuenca tenía 1,017 bordos o represas, mientras que en el año 2000 éstas ascendían a 2,547. Estos sitios de almacenamiento de agua son utilizados principalmente para proveer de agua al ganado y en menor porcentaje para el riego de campos agrícolas. Las represas que reciben agua del escurrimiento superficial y de la precipitación impiden dicho escurrimiento hacia el vaso y ocasionan un incremento en las

superficies de los espejos de agua, que propician que la evaporación aumente en la zona de estudio.

B) LA DINÁMICA DE LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

Las zonas con asentamientos humanos crecieron significativamente en la cuenca en los últimos 25 años (284%). En el censo de población realizado por el INEGI en 1970, se registraron 385 localidades con 380,787 habitantes. En el conteo de 1995 (INEGI

FIGURA 4. CAMPO AGRÍCOLA TÍPICO DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO



1995), se contabilizaron 509 localidades con 837,775 habitantes (figuras 5 y 6).

En el trabajo realizado por Acosta (2001) se analiza detalladamente el crecimiento de los asentamientos urbanos de la cuenca de Cuitzeo. Se consideran asentamientos urbanos aquellos que tienen una población mayor a los 2,500 habitantes (dentro de la cuenca se encuentran 25 de este tipo). En 1975 la superficie que ocupaban los asentamientos urbanos era de 3,141 ha y en el año 2000 era de 10,939 ha. Se observó que la densidad poblacional disminuyó en todos ellos dentro de la cuenca (número de habitantes/superficie del asentamiento) (figura 7), lo que implica que las tasas de crecimiento medio anual del número de viviendas son superiores a las tasas de crecimiento anual medio de la población. Existen dos ciudades cuya población ha disminuido debido a los procesos de emigración (Chucándiro y Araró); sin embargo, siguen creciendo en lo que respecta a su superficie. La situación anterior ocurre porque las personas que se encuentran trabajando fuera del país, envían dinero a los familiares que

viven en la cuenca para fincar casas que ocuparán cuando regresen a residir a México.

La ciudad de Morelia, cuya área urbana se sextuplicó en 37 años (López *et al.* 2001), drena sus aguas negras (sin ningún tratamiento) directamente al río Grande de Morelia, el cual al salir de la ciudad riega los campos de cultivo que se encuentran en la planicie fluvio-lacustre al sur alrededor del lago de Cuitzeo. Los estudios realizados en la cuenca indican que la poca agua que llega al vaso del lago se encuentra contaminada por aguas negras y fertilizantes.

De 1975 a la fecha, el volumen de agua consumida ha aumentado en 183% siendo las actividades que consumen mayor volumen de líquido son las agrícolas y las realizadas en los centros urbanos (Acosta 2001).

El análisis del balance hídrico a nivel de formas de relieve confirmó que las condiciones hidrológicas regionales de la cuenca mejoraron levemente. Sin embargo, las planicies y las formas transicionales (piedemontes) presentaron un incremento en los valores de escorrentía, lo cual se explica por el incremento

FIGURA 5. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL TERRENO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, 1975

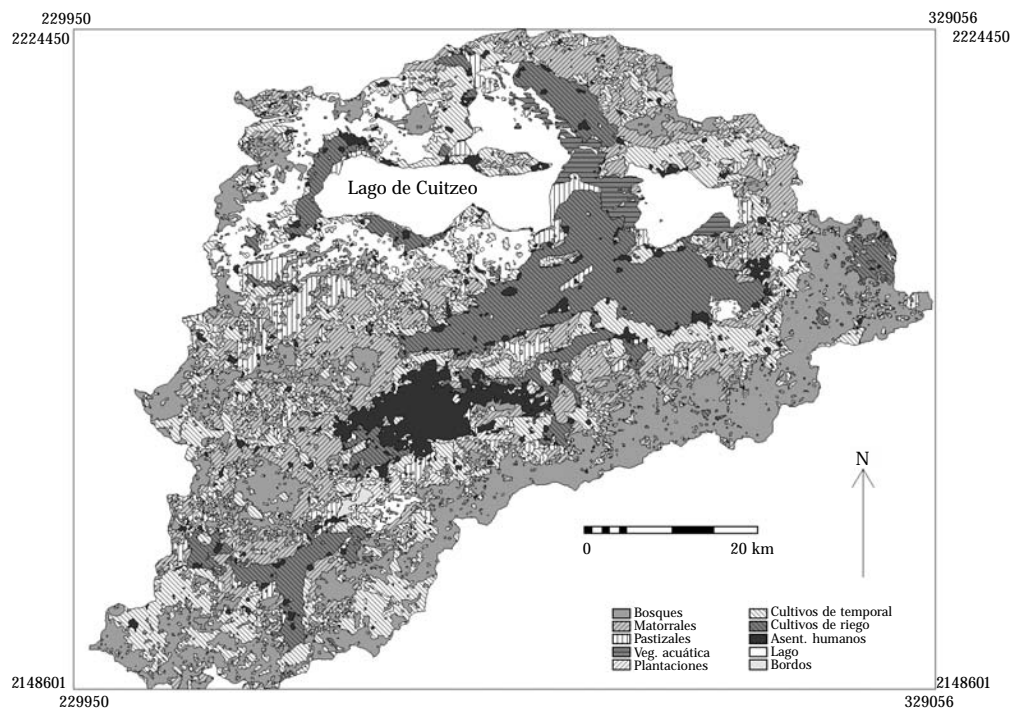
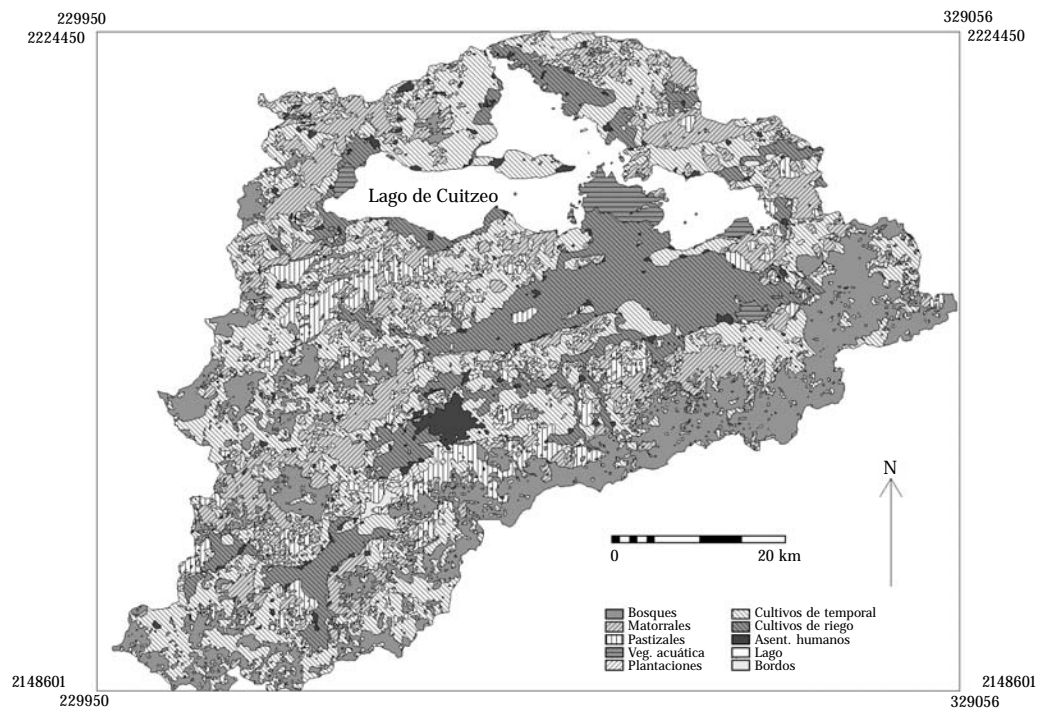


FIGURA 6. MAPA DE COBERTURA VEGETAL Y USO DEL TERRENO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO, 2000



de la superficie ocupada por asentamientos humanos y agricultura, que se asocian principalmente a esas formas de relieve.

C) LOS PROCESOS DE DEGRADACIÓN DEL LAGO DE CUITZEO

El lago de Cuitzeo ha disminuido su extensión en los últimos años (cuadro 1), porque está siendo cubierto por vegetación acuática y por el proceso de desecación (figuras 5 y 6). Al disminuir el espejo de agua, han quedado terrenos que han sido ocupados para la agricultura de riego y de temporal.

La desembocadura de la mayor parte de los drenes agrícolas, ricos en compuestos orgánicos e inorgánicos utilizados en la fertilización de los suelos, en

el centro del lago han ocasionado el incremento de la vegetación acuática (figuras 5 y 6). Este tipo de vegetación pasó de ocupar el 5% de la superficie del lago en 1975 a 15% el año 2000, provocando una disminución del espejo de agua.

Durante la interpretación de las formas de relieve de 1975 y de la CVUS del 2000, se delimitó a la clase erosiva severa, principalmente cárcavas. Esta clase se presentó en 8.8 km² de la cuenca (0.22 %) en 1975 y se incrementó a 15.3 km² para el año 2000 (0.38%). A pesar del aumento del área con cárcavas, ésta sigue siendo bastante reducida y localizada, ya que se concentran en tres subcuencas de los alrededores de la ciudad de Morelia (Arroyo Colorado, Atécuaro y San Lucas Plío), y en dos municipios (Huiramba y Morelia) (figuras 8 y 9).

FIGURA 7. DENSIDAD POBLACIONAL EN CADA UNO DE LOS AU DE LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO (1975-2000)

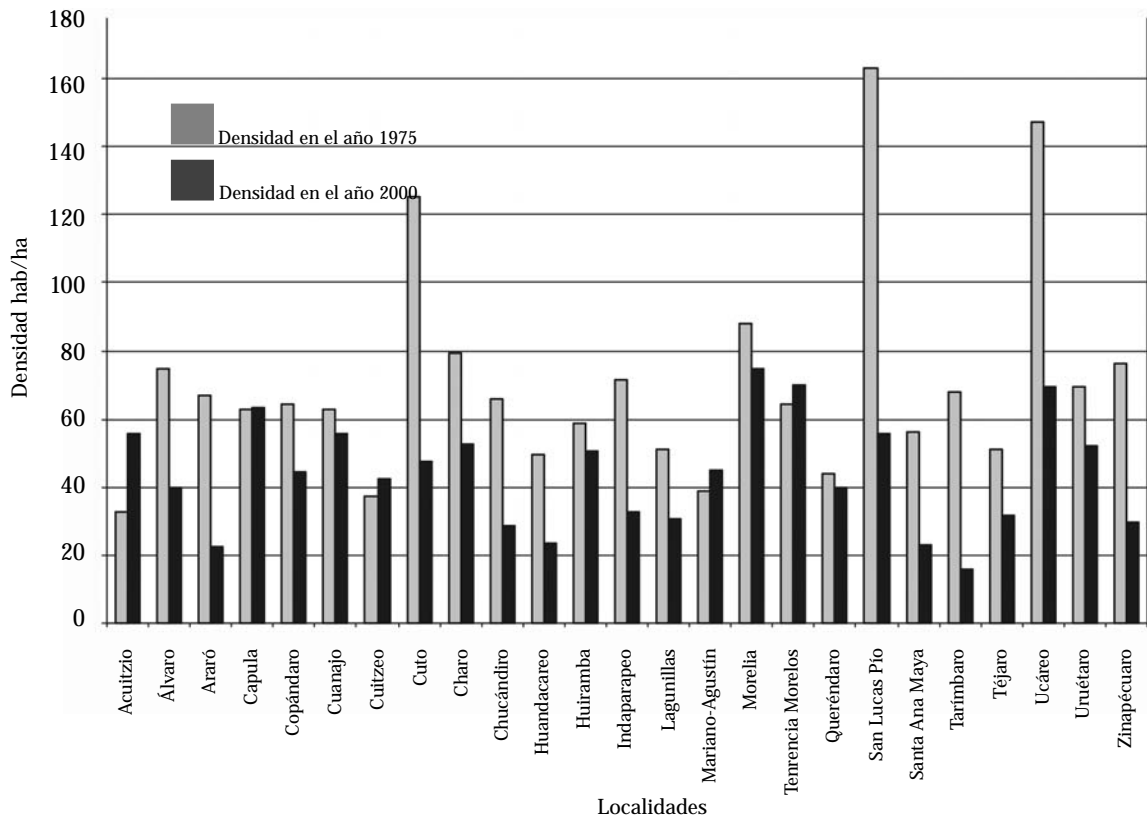
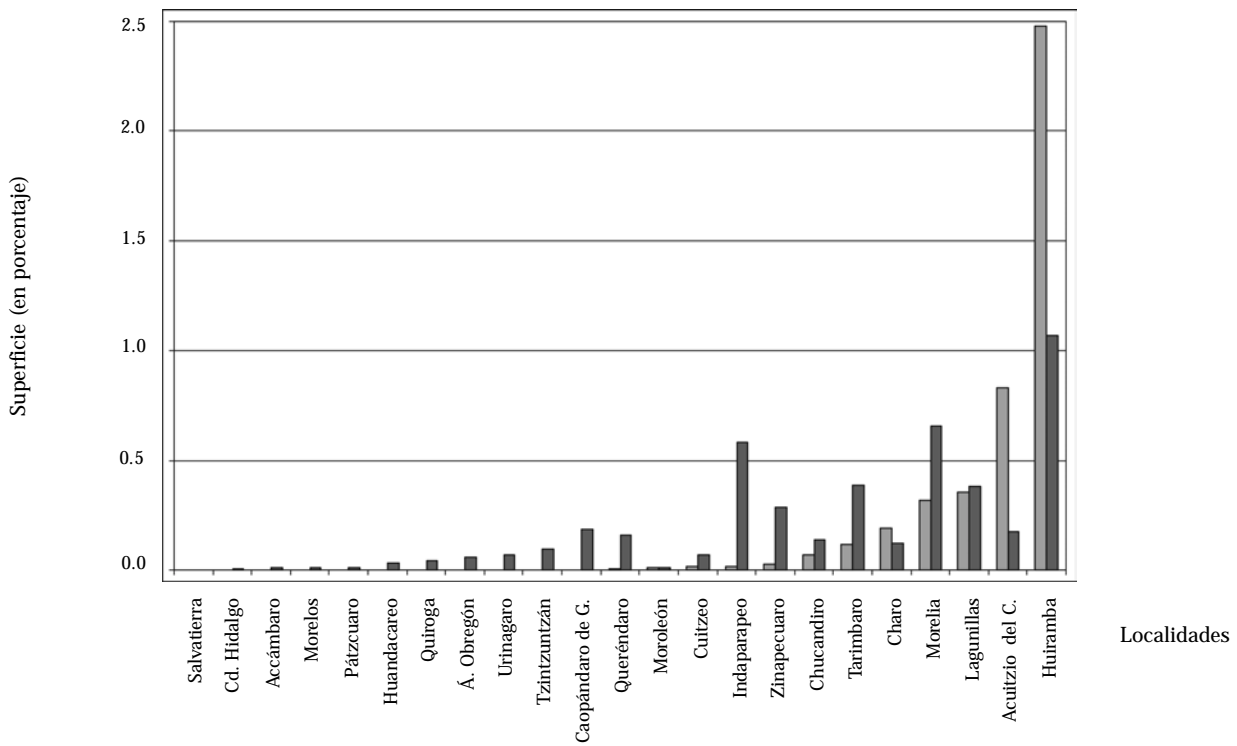
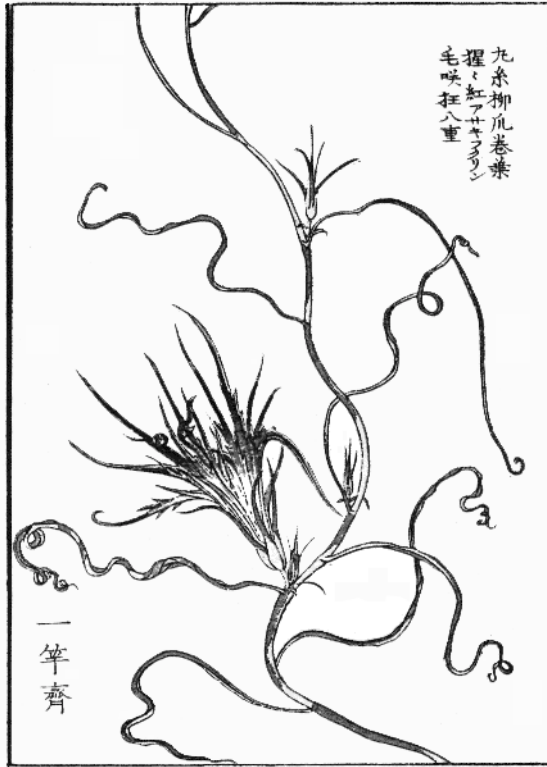


FIGURA 8. PIEDEMONTE CON EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN LA CUENCA DE CUITZEO



EROSIÓN EN CÁRCAVAS POR MUNICIPIOS DE LA CUENCA DE CUITZEO PARA 1975 Y 2000





El análisis de series de tiempo indica que la precipitación y la temperatura tienen un comportamiento estacional. La serie de precipitación muestra tres periodos relativamente secos: a) 1940 a 1960, b) 1980 a 1990 y c) 1995 a 2000. Estos periodos se asocian con la reducción de la superficie del lago a lo largo del tiempo (1948, 1998 y 2000) (figuras 10 y 11).

CONCLUSIONES

Al inicio del trabajo se pensaba que los principales procesos de degradación en la cuenca serían ocasionados por la disminución de la superficie de los bosques, aumento de tierras agrícolas, pérdida de suelos por erosión y azolvamiento del lago de Cuitzeo.

Sin embargo, los resultados presentados demuestran que la disminución de la superficie del vaso del

lago de Cuitzeo está ligada principalmente a una reducción del agua en los cauces debido al incremento en el consumo de agua, tanto urbano como para riego de zonas agrícolas, así como a un incremento de la cobertura acuática y subacuática que prácticamente ha cerrado la comunicación entre el vaso este y el vaso central del mencionado lago. En segundo lugar, se encuentran los procesos de degradación de las laderas, lo que se ve reflejado en un aumento de los valores de escorrentía y en el crecimiento de áreas con cárcavas, generadores de sedimentos.

En general la cuenca del lago de Cuitzeo ha presentado una recuperación de su cobertura vegetal en los últimos 25 años, la cual se observa principalmente en las categorías de matorrales y bosques.

La degradación de la cuenca es ocasionada principalmente por el crecimiento desmedido de los asentamientos urbanos, que crecen a partir de la transformación de los cultivos de riego y de temporal, lo cual tiene consecuencias en la pérdida de suelos de vocación agrícola. La expansión de la mancha urbana no se encuentra relacionada en todos los casos con el crecimiento poblacional, debido a que existen ciudades donde la población disminuye, pero la ciudad sigue creciendo.

El consumo de agua para diferentes actividades, constituye también una causa importante de degradación en la cuenca, principalmente la que se consume para actividades agrícolas y la que requiere la población de la zona.

NOTAS

1 Conocida también como cuenca «cerrada», la cuenca endorreica se caracteriza porque las aguas superficiales o subterráneas ubicadas en el área de la cuenca no drenan hacia el mar o hacia otro río, sino que quedan confinadas en su interior.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. 2001. Cambio en los patrones de consumo de agua y cambio de uso de suelo. El caso de la cuenca del lago de Cuitzeo (1975–2000). Tesis de Licenciatura, Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo. México. 142 pp.
- Bocco, G., M. Mendoza y 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. y H. Riemann 1997. «Quality assessment of polygon labeling». *Photogrammetric Eng. Remote Sensing* 63 (4): 393–395.
- Foster, D.R., M. Fluet y E.R. Boose 1999. «Human or natural disturbance: landscape-scale dynamics of the tropical forests of Puerto Rico». *Ecological Applications*, 9 (2): 555–572.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) 1993. *IX Censo General de Población, 1970*. Dirección General de Estadística. Vol. II. México: 383 – 521.
- 1997. *Conteo de Población y Vivienda 1995. Resultados Definitivos*. Michoacán. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. Disco Compacto.
- 1975. Cartas edafológicas. Escala 1:50,000.
- 1975. Cartas topográficas. Escala 1:50,000.
- Lambin, E.F. 1994. *Modelling Deforestation Processes. A Review. Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites (TREES)*. TREES Series: Research Report No. 1. Publicado por la Comisión Europea, Luxemburgo. 113 pp.
- López Granados, E.M., G. Bocco y M.E. Mendoza 2001. «Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo». En: Mendoza, M.E., G. Bocco y E. López 2001. *Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán*. Informe Técnico. Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS–CONACYT, México 273 pp.
- McCullough, D. y K. Moore 1995. «Issues and methodologies in integrating aerial photography and digital base maps». *Geo. Info. Syst.* 5 (3): 46 – 48.
- Mendoza, M.E. y G. Bocco 1998. «La regionalización geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento del territorio: una revisión bibliográfica». *Serie Varia* 17 Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México: 25 - 55.
- Mendoza, M.E., G. Bocco y E. López 2001. «Regionalización ecológica». En: Mendoza, M.E., G. Bocco y E. López 2001. *Regionalización ecológica, conservación de recursos naturales y ordenamiento territorial en la cuenca del lago de Cuitzeo, Michoacán*. Informe Técnico. Proyecto No. 98306024. Programa SIMORELOS–CONACYT, México. 273 pp.
- Mendoza, M.E., G. Bocco y M. Bravo 2002 (en prensa). «Spatial prediction in hydrology: status and implications in the estimation of hydrological processes for applied research». *Progress in Physical Geography* 26 (3).



- Meyer, W.B. y B.L. Turner II 1994. «Global land-use and land-cover change: report of working group A». En: Meyer, W.B. y B.L. Turner II (eds.) 1994. *Changes in land use and land cover: a global perspective*. Cambridge University Press.
- Pasquarè, G., L. Ferrari, V.H. Garduño, A. Bibaldi y L. Vezzoli 1991. Geologic map of central sector of Mexican Volcanic Belt, State of Guanajuato and Michoacan, Mexico. Map and Chart Series MCH072. Geological Society of America.
- Reid, R.S., R.L. Kruska, N. Muthui, A. Taye, S. Wotton, C.J. Wilson y W. Mulatu 2000. «Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia». *Landscape Ecology* 15: 339–355.
- Van Zuidam, R. y F.I. Van Zuidam-Cancelado 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs*. ITC Books VII-6 Enschede, Holanda: 309 pp.
- Velázquez, A. y G. Bocco, 1994. «Modelling conservation alternatives with ILWIS: a case study of the volcano rabbit». *ITC Journal* 3: 197–204.
- Verburg, P.H., G.H.J. Kok, K. Veldkamp, A. Bouma y J. de Koning 1999. «A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use». *Ecological Modelling* 116: 45– 61.
- Verstappen, H.TH. y R.A. van Zuidam 1991. *El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales*. ITC. Publicación No. 10. Enschede, Holanda: 89 pp.
- Zinck, J.A. 1988. *Physiography and Soils*. Soil Survey Course. ITC. Enschede; Holanda: 156 pp.
- Zonneveld, I.S. 1979. *Land Evaluation and Land(Scape) Science. Lectures of Land(Scape) Science; Land(Scape) Survey and Land Evaluation (Pragmatic Land Classification)*. Textbook VII.4. ITC. Enschede, Holanda. 134 pp.



ERNA LÓPEZ GRANADOS, MANUEL MENDOZA Y ALEJANDRA ACOSTA son investigadores en el Laboratorio de Geoecología del Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.