

ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL USO DEL SUELO EN LA REGIÓN ORIENTAL DE TABASCO

Ricardo Isaac-Márquez¹,
Bernardus De Jong²,
Susana Ochoa-Gaona²,
Salvador Hernández²

¹ Centro de Estudios sobre Desarrollo Sustentable
y Aprovechamiento de la Vida Silvestre,
Universidad Autónoma de Campeche, ricisaac@hotmail.com
² El Colegio de la Frontera Sur Unidad Villahermosa

Introducción

La deforestación en las zonas tropicales ha sido el cambio de uso del suelo más estudiado en las últimas décadas (FAO, 2001: 58), debido a la alta biodiversidad que caracteriza a los bosques tropicales y al papel clave que desempeñan dentro del cambio climático mundial (IPCC, 2000: 72). Se estima que cerca de la mitad de la superficie total original de los bosques tropicales se han perdido (NRC, 1993: 75), en un proceso que se agudizó durante las últimas tres décadas (FAO, 2001: 62). La conversión de la cubierta forestal tropical a coberturas de carácter antropogénico alcanzó 14.2 millones de hectáreas anuales durante el periodo de 1990 a 2000, con una tasa anual de pérdida de 1% (FAO, 2001). Para la presente la presente década FAO (2007) reporta una deforestación para todos los tipos de bosque de alrededor de 13 millones de hectáreas anuales. América Latina y África constituyen las regiones con las mayores pérdidas de bosque en el mundo, registrando tasas cercanas al 0.5% anual durante el periodo de 2000 a 2005 (FAO, 2007). La deforestación de los bosques tropicales ha desencadenado procesos de degradación, desertificación y alteración de los ciclos hidrológicos entre otros, que a escala local y regional han disminuido la capacidad productiva de los ecosistemas para satisfacer los requerimientos humanos (Turner II et al. 1995). A escala global, el cambio en el uso del suelo se ha traducido en pérdida generalizada de la biodiversidad y ha contribuido de manera significativa al cambio climático mundial así como al calentamiento global del planeta (IPCC, 2000).

México se encuentra entre los países con mayor deforestación a nivel mundial y la tasa anual de deforestación que ocurre en su porción tropical es de una magnitud varias veces mayor que la registrada en su zona templada (Cairns *et al.* 1995). El Inventario Nacional Forestal 2000 estimó para el periodo de 1976 a 2000 una tasa de deforestación a nivel nacional de 0.25% mientras que para el trópico esta se elevó a 0.76% (Velázquez *et al.* 2002). Sin embargo, los estudios regionales han registrado tasas que se ubican en un intervalo de 4.3% a 12.4% anuales (Barton *et al.* 2004). La constante pérdida de superficie forestal en México es motivo de preocupación internacional (FAO, 2007). Los bosques tropicales del sureste de México junto con el Petén de Guatemala conforman, después de la Amazonia, la frontera de bosque tropical más extensa de América (Challenger, 1998: 308). En esta zona confluyen iniciativas ligadas a la conservación de la biodiversidad, el desarrollo social y económico así como la promoción del ecoturismo lo que ha dado lugar a conflictos de intereses entre los diferentes agentes involucrados en el uso del suelo (Primack *et al.* 1998).

Los municipios de Balancán y Tenosique ubicados en la región oriental del estado de Tabasco, colindantes con Guatemala y Campeche, constituyen un caso representativo de los procesos de cambio de uso del suelo que han afectado al trópico de México (Casco, 1980; Tudela, 1989). A

partir de los años setenta la zona ocupada por estos dos municipios ha registrado cambios rápidos y significativos en la cobertura del suelo debido a la aplicación de políticas que han promovido la deforestación, los asentamientos humanos, la modernización agrícola, la ganadería extensiva y la expansión de la infraestructura. Como resultado el paisaje ha sido modificado significativamente predominando los pastizales, las áreas agrícolas y la vegetación secundaria. Sin embargo, persisten significativos remanentes forestales que forman parte de una de las regiones prioritarias más importantes para la conservación en México (RTP No. 138, Arriaga et al. 2000), y que se encuentran amenazadas por la deforestación relacionada con las actividades agropecuarias, proceso que puede extenderse a las áreas selváticas de Chiapas y Guatemala. Se trata de una región con características demográficas y socioeconómicas particulares que le confiere su condición fronteriza y cuyos índices de bienestar han sido de los más bajos de Tabasco en materia de salud, educación y vivienda. La coyuntura impuesta por la crisis de rentabilidad de la ganadería bovina en México como consecuencia de las políticas de ajuste estructural y de la apertura comercial del país, ha impactado significativamente el contexto socioeconómico del oriente de Tabasco en virtud de su especialización productiva en la ganadería extensiva. Esto ha conformado un marco favorable para cambios futuros de uso del suelo en el corto y mediano plazo. A partir del estudio de los patrones de cambio de uso y cobertura del suelo registrados en el oriente de Tabasco de 1984 a 2003, se analizan los principales factores que han motivado el cambio de uso del suelo a escala regional y de sus posibles implicaciones para definir el uso futuro a corto y mediano plazo, particularmente con relación a la conservación del bosque y los costos ambientales y sociales derivados de la deforestación.

Área de estudio

El estudio se realizó en los municipios de Balancán y Tenosique, Tabasco (17° 15' y 18° 10' de latitud norte; 90°59' y 91°42' longitud oeste) y comprende una superficie de 5 474 km², que corresponde al 22 % del territorio de Tabasco. Esta región colinda al sur y este con la República de Guatemala, al norte con el estado de Campeche, al este con el municipio de Emiliano Zapata y el estado de Chiapas (Figura 1). En su geomorfología predominan las llanuras y los lomeríos bajos con extensas planicies de inundación, con una altitud promedio de 60 msnm (INEGI, 2001). En su porción sur se encuentra un relieve de tipo montañoso con rocas calcáreas que alcanzan los 500 msnm (INEGI, 2001). El clima predominante es cálido húmedo con lluvias en verano. La zona registra una temperatura media anual de 26 °C y una precipitación promedio de 2 750 mm anuales (INEGI, 2001). Los recursos hídricos superficiales son numerosos, y el Usumacinta es el principal río que atraviesa la región. En la porción sur y sureste se encuentran vegetación de selva alta perennifolia, mientras que en el resto del área de estudio se localizan remanentes de selva mediana y baja subperennifolia en diferentes condiciones de conservación. La vegetación acuática (popales y tulares) es característica de las zonas inundables y en las zonas de drenaje deficiente es posible observar relictos de sabanas.

Metodología

Se realizó la clasificación supervisada de dos imágenes de satélite Landsat TM correspondientes a noviembre de 1984 y enero de 2003, con una resolución de 30 x 30 m por pixel, que fueron corregidas geométricamente con un modelo polinomial utilizando el programa IDRISI 32 (Eastman, 2001). Se tomó como referencia puntos de verificación en campo obtenidos mediante un GPS (Sistema de Geoposicionamiento Global) y mapas topográficos de INEGI escala 1:50 000 escaneados y georreferenciados por el departamento de Sistemas de Información Geográfica del Colegio de la Frontera Sur.

Se generaron compuestos de falso color RGB utilizando las bandas 5,4 y 3 para la clasificación supervisada de las imágenes de satélite mediante el método de máxima probabilidad utilizando el programa IDRISI 32. Para la determinación de las firmas espectrales se utilizaron fotos aéreas escala 1:75 000 correspondientes a marzo de 1984 y enero de 1985, ortofotos digitales escala 1:20000 de enero de 2002 y la carta de uso de suelo y vegetación Tenosique E15-9 escala 1:250 000 obtenidos de INEGI. El trabajo de campo se desarrolló entre julio de 2003 y marzo de 2004, consistiendo en recorridos de reconocimiento, verificación y validación de la interpretación cartográfica en los cuales se levantaron datos de campo de 200 sitios con un GPS. Se identificaron un total de diez clases de uso del suelo y de vegetación (Cuadro 1). Los píxeles aislados se eliminaron con un filtro, reemplazando los tres píxeles circundantes con la mediana. Para evaluar la exactitud de la diferenciación de clases de cobertura y uso del suelo se elaboró una matriz de confusión donde se confrontaron las clases interpretadas y con la verdad de campo. Se obtuvieron valores por encima del mínimo de exactitud (80%) para todas las clases y un valor global de 92%

Las imágenes clasificadas fueron exportadas al programa ArcView 3.1 para aplicar un corte con base en un mapa georreferenciado del área de estudio (municipios de Balancán y Tenosique) y se calcularon las áreas correspondientes a cada clase de uso del suelo y de vegetación. Se generó una matriz de transición para entender la dinámica del cambio de uso y cobertura del suelo a nivel regional. Se calcularon las tasas de cambio para cada clase de uso y cobertura del suelo mediante la fórmula (Velázquez et al. 2002):

$$r = [S_2/S_1]^{1/n} - 1$$

donde r = tasa de cambio, S_1 = superficie en la fecha uno, S_2 = superficie en la fecha 2, n = número de años entre las dos fechas. Esta tasa expresa el cambio en el porcentaje de la superficie al inicio de cada año. Aproximadamente el 3% del área de estudio no se consideró en el análisis del cambio de uso del suelo debido a la presencia de nubes y sombras en la imagen correspondiente al año 2003.

A partir de la matriz de transición se elaboró una matriz de probabilidad de cambio (matrices de Markov) para cada una de las clases de uso y cobertura considerada. Se supuso que la probabilidad de transición (P_{ij}) de cada clase de la matriz es proporcional a la superficie remanente de la misma clase entre 1984 y 2003. Su expresión matemática es (López et al. 2000):

$$P_{ij} = S_{ij} (1984) / S_j (2003)$$

Donde S_{ij} es la superficie del elemento "ij" de la matriz de transición de uso/cobertura del suelo en 1984 y S_j la superficie de la clase uso/cobertura del suelo "j" en 2003. De esta manera, para cada categoría de uso del suelo "j", $\sum P_{ij} = 1$

Análisis de regresión

A partir de un mapa digital del Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares Urbanos (PROCEDE) proporcionado por el Registro Agrario Nacional (RAN) se delimitaron los polígonos correspondientes a las Áreas de Información Geoestadística Básica (AGEBs). Para cada AGEBS se identificaron las comunidades y se demarcó los tipos de propiedad de la tierra por medio del programa ArcView 3.1. El mapa digital de las AGEBS fue sobrepuesto con los mapas de uso y cobertura del suelo generados previamente, con lo cual se obtuvo la superficie deforestada por cada AGEBS para el periodo de estudio. Se consideró

como deforestación toda superficie selvática (primaria o secundaria arbórea) que fue sustituida por agricultura, praderas o asentamientos humanos.

La información correspondiente al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 georreferenciada a nivel de localidad por el departamento de Sistemas de Información Geográfica del Colegio de la Frontera Sur fue sobrepuesto al mapa de deforestación para delimitar espacialmente la información demográfica y socioeconómica correspondiente a cada AGEBS. De manera adicional se consultaron bases de datos de instancias estatales (Gob. del Edo. 2004) y federales (PROCAMPO, 2007) para identificar otras variables para el análisis estadístico a fin de explorar otros factores causales de la deforestación.

Se realizaron pruebas de correlación de Pearson para seleccionar las variables no correlacionadas entre sí y con mayor poder explicativo, que permitieran construir modelos de regresión múltiple (Lesschen *et al.* 2005) para relacionar los cambios en la cobertura forestal con variables de índole demográfica, socioeconómica, estructural y biofísica. Las variables de baja significancia se descartaron paulatinamente mediante el método de estimación por etapas (*stepwise*) con el programa SPSS 15.0. La significancia estadística se estableció con $p \leq 0.05$. Siguiendo la misma metodología se construyeron modelos de regresión múltiple para identificar los factores condicionantes del uso presente del suelo para el caso de las coberturas de bosque y praderas a escala regional, considerando como variables dependientes la superficie de selvas y praderas correspondiente al año 2003.

Resultados

Cambios en el uso del suelo

En la figura 2 se muestran la superficie relativa de las diferentes clases de uso y cobertura del suelo para 1984 y 2003. Para el año 1984 el paisaje del oriente de Tabasco se encuentra significativamente transformado, dominado por las cubiertas de carácter antropogénico particularmente las praderas que ocupan el 67% (376 443 ha) de su superficie. En la porción sur, en la zona de la sierra, se localizan los remanentes de selva que en conjunto ocupan el 7% (38 416 ha). Por su parte la vegetación secundaria de tipo arbóreo se concentra principalmente en la porción oriental paralelo a la frontera con Guatemala y en conjunto representa el 13% del área de estudio. Dentro de la matriz de praderas que domina el paisaje, se localizan de manera dispersa áreas de agricultura temporal y permanente que en su mayoría no rebasan las 5 hectáreas.

En 2003 el paisaje del oriente de Tabasco es muy similar al de 1984, con una matriz de praderas que ocupa el 78% (423 280 ha). Sin embargo, los remanentes forestales de la porción sur se encuentran sumamente fragmentados y ocupan únicamente el 3% (18 751 ha) de la superficie total. El principal cambio de uso del suelo es la deforestación de los remanentes de selva y vegetación secundaria arbórea que pasan a ocupar el 3% y 7% respectivamente, lo que representa la pérdida de cerca de la mitad de la cobertura selvática y de la vegetación secundaria arbórea que existía en 1984 (Figura 2). En 1984 no existía la clase "Plantaciones Forestales" en la zona de estudio. En 2004 es posible distinguir algunas zonas de plantaciones de eucalipto en la porción norte que en conjunto abarcan menos del 1% del oriente de Tabasco (272 ha).

Al comparar las tasas de conversión de las distintas clases de uso y cobertura del suelo se observa que los cultivos permanentes y los asentamientos humanos son las clases que de

manera proporcional más superficie ganan en el periodo considerado, mientras que la agricultura de temporal es el uso del suelo que proporcionalmente pierde más terreno (Fig. 3).

Las coberturas que tienen mayor probabilidad de permanecer en el tiempo son en orden descendente (Fig.4): pastizal (86%), los cuerpos de agua y las áreas sin vegetación aparente ("otras coberturas", 61%), la selva (31%), las zonas inundables (29%) y la vegetación secundaria (22%). Las clases que tuvieron la menor probabilidad de permanecer en el mismo tipo de cobertura son: agricultura de temporal (<1%), vegetación hidrófila (6%) y cultivos semipermanentes (9%).

Factores condicionantes de la deforestación

En el cuadro 2 se muestra el modelo de regresión múltiple final obtenido para la superficie deforestada. El modelo representa una relación positiva entre la superficie total de las AGEBS y el promedio de ocupantes por cuarto con la deforestación y una relación negativa entre el número de cabezas de ganado y la superficie deforestada. La ecuación predictiva generada es la siguiente:

$$\text{Superficie deforestada} = -920.559 + 465.341(\text{promedio de ocupantes por cuarto}) + 0.204(\text{superficie total de AGEBS}) - 0.183(\text{número de cabezas de ganado})$$

Esta ecuación puede predecir y explicar cerca de las dos terceras partes de la variación encontrada con respecto a la superficie deforestada (R^2 ajustada=0.594). Aunque la incorporación más variables independientes puede mejorar un poco el poder de predicción del modelo, la correlación que existe entre las variables independientes conduce a un incremento sustancial de la colinealidad. De tal forma que la capacidad explicativa y de predicción colectiva de las variables independientes disminuye ante el incremento de la varianza compartida y de los niveles más bajos de varianza única, a partir de los cuales se puede determinar los efectos de las variables independientes individuales. Por esta razón variables altamente correlacionadas con la deforestación como el tipo de propiedad ejidal no aparecen en el modelo, pero no porque sean intrascendentes, sino porque se encuentran correlacionadas con otras variables independientes ya consideradas en la ecuación, lo que limita sustancialmente su contribución al poder explicativo del modelo.

De acuerdo a los coeficientes beta estandarizados la magnitud de la deforestación depende en primera instancia de la disponibilidad de tierra. Mientras más grande es la AGEBS considerada mayor será la deforestación registrada. Es interesante observar la relación negativa entre la deforestación y el número de cabezas de ganado. Esto pudiera explicarse por el hecho de que los remanentes de vegetación selvática se encontraban en 1984 concentrados en los ejidos, mientras que en los otros tipos de propiedad prácticamente habían desaparecido dando paso a las praderas. La ganadería ejidal representa cerca del 30% de las existencias ganaderas de la región, por lo cual las áreas ejidales cuentan con menos ganado en comparación con las propiedades privadas. Por tal motivo la deforestación ocurrió lógicamente en las áreas donde todavía existían selvas, que al mismo tiempo son las zonas con menos población de ganado. Finalmente el modelo sugiere una importante contribución de la marginación, expresada a través de un indicador del nivel de hacinamiento en el hogar, como determinante de la deforestación. De tal forma que es más probable que la deforestación se registre en las AGEBS de mayor superficie, con menor número de existencias de ganado y con mayores índices de marginación. Es importante considerar que los coeficientes de correlación beta solamente pueden interpretarse en el contexto de las otras variables de la ecuación, de ninguna manera en sentido absoluto.

Factores condicionantes del uso presente del suelo

En el cuadro 2 se muestra el modelo de regresión múltiple obtenido para explicar la cobertura actual de selvas. El modelo es capaz de explicar el 73% (R^2 ajustada= 0.736) de la variabilidad registrada con relación a la cobertura selvática. De acuerdo a los coeficientes beta estandarizados, la cobertura de selvas se encuentra relacionada en primera instancia de manera positiva con la altitud y después con la superficie total de las AGEBS y el relieve de serranía. A diferencia de la deforestación, el incremento en el número de cabezas de ganado se relaciona con menores superficies presentes de selva. De tal forma que es más probable encontrar áreas selváticas en las AGEBS de mayor tamaño, localizadas a mayor altitud en la zona de serranía y con menores existencias de ganado. La ecuación predictiva generada es la siguiente:

$$\text{Superficie con selva} = -659.980 + 15.687(\text{altura promedio AGEB}) + 0.121(\text{hectáreas con relieve de sierra}) + 0.127(\text{superficie total de la AGEB}) - 0.120(\text{número de cabezas de ganado})$$

En el cuadro 2 se muestra el modelo de regresión múltiple obtenido para explicar la cobertura actual de praderas. El modelo tiene un poder predictivo muy alto, pues es capaz de explicar poco más del 90% de la variación registrada con respecto a las praderas (R^2 ajustada=0.917). De acuerdo a los coeficientes beta estandarizados, la superficie de praderas se encuentra relacionada en primera instancia de manera positiva con la superficie total de la AGEB y en menor medida con el relieve de planicie. Por otra parte se relaciona de manera positiva con un indicador de marginación, viviendas con piso de tierra, que se refiere fundamentalmente a una pobreza de patrimonio; y de manera negativa con otro indicador de marginación, población analfabeta mayor de 15 años, que se relaciona con una pobreza de capacidades. El modelo parece indicar que la ganadería implica una relativa mejoría para la población, más allá de la pobreza de capacidades pero sin superar el umbral de la pobreza patrimonial. De esta forma, es más probable encontrar praderas en las AGEBS de mayor tamaño, con relieve de planicie, menor porcentaje de población analfabeta mayor de 15 años y con mayor proporción de viviendas con piso de tierra. La ecuación predictiva generada es la siguiente:

$$\text{Superficie de praderas} = 350.817 + 0.674(\text{superficie total de AGEB}) + 0.116(\text{hectáreas con relieve de planicie}) + 36.557(\text{promedio de viviendas con piso de tierra}) - 63.749(\text{población analfabeta mayor de 15 años}).$$

Discusión y conclusiones

El cambio de uso del suelo del oriente de Tabasco en el contexto nacional y estatal

Las tendencias observadas en el cambio de cobertura y uso del suelo en el oriente de Tabasco es similar al patrón registrado a escala nacional y estatal. De acuerdo con datos provenientes del Inventario Forestal Nacional 2000 (Velázquez et al. 2002) en nuestro país la vegetación silvestre, tanto primaria como secundaria, se han perdido a una tasa de más de un millón de hectáreas anuales durante el periodo de 1993 a 2000. La situación es particularmente grave en el caso de las selvas cuya pérdida anualizada es del orden de 263 mil hectáreas anuales, lo que equivale a una tasa anualizada de 0.76% para el periodo de 1976 a 2000. Más grave aún es confirmar que este proceso se está acelerando pues la tasa de deforestación de las selvas

se incrementó a 2.06% anual para el periodo de 1993 a 2000. Por su parte los pastizales inducidos o cultivados y los terrenos dedicados a la agricultura se expandieron. Los pastizales promovidos por el hombre se incrementaron en más de 300 mil hectáreas por año entre 1976 y 2000, lo que equivale a una tasa anualizada de 1.72%, mientras que los cultivos lo hicieron en poco más de 260 mil hectáreas anuales, a una tasa de 0.90% anual durante el mismo periodo.

Siguiendo la tendencia nacional, el estado de Tabasco se ha caracterizado por presentar cambios de uso del suelo muy significativos en los últimos años. Esto ha ocasionado la pérdida de casi la totalidad de su cobertura forestal en favor del incremento de las áreas agropecuarias, principalmente los pastizales. La fase más aguda de este proceso de deforestación-praderización se realiza entre 1940 y 1970 (Tudela, 1989). En 1940 el 49.1% de Tabasco se encontraba cubierto de selvas, mientras que en 1970 esta proporción se reduce al 15%, de tal forma que para la década de los setenta el paisaje del Estado se encontraba sumamente modificado con cerca de la mitad de su superficie ocupada por praderas. En las décadas siguientes esta tendencia se mantuvo y para el año 2000 la superficie de selvas se ha reducido a menos de la mitad (7.61%) con relación a 1976.

Para la región oriental de Tabasco no se disponen de estadísticas respecto al uso y cobertura del suelo para la década de los setenta y anteriores. Sin embargo Tudela (1989) apunta que la ganaderización de Tabasco siguió un patrón espacial partiendo de un núcleo formado por los municipios de Centro, Jalapa, Teapa y Macuspana en la parte central del estado, afectando más tarde a los extremos, Cárdenas y Huimanguillo en el poniente; y Balancán y Tenosique en el oriente. De tal forma que el proceso de praderización en el oriente de Tabasco ocurre de manera tardía en comparación con la porción central del estado, teniendo este proceso su fase más intensa durante el periodo de 1960 a 1970. Para principios de la década de los ochenta el paisaje del oriente de Tabasco se encontraba dominado por praderas, pero con importantes remanentes forestales al sur y este, en la zona de relieve de serranía y en el área ocupada por el Plan Balancán-Tenosique (Casco, 1980) colindante con Guatemala. La praderización de las tierras continuó de tal forma que la mitad de los remanentes forestales de 1984 se perdieron para el año 2003.

La principal singularidad del cambio de uso del suelo en el oriente de Tabasco es con relación a la superficie destinada a los cultivos agrícolas. A diferencia de lo que ha ocurrido a nivel nacional y estatal, la superficie ocupada por la agricultura ha disminuido de manera significativa. Mientras que en 1984 las tierras agrícolas ocupaban el 5% de la superficie total del oriente de Tabasco, para 2003 este porcentaje se redujo en cerca de la mitad para ubicarse en un 3%. Sin embargo si se hace una distinción entre la agricultura de temporal (principalmente maíz) y los cultivos permanentes o semipermanentes (principalmente caña de azúcar) se observa que los primeros son los que han resentido esta reducción pues actualmente ocupan menos del 1% de la superficie, en comparación con el 5% que registraban para el año de 1984. La situación ha sido la opuesta para el caso de la caña de azúcar, mientras que en 1984 ocupaba menos del 1%, en 2003 se encuentra presente en cerca del 3% de la zona de estudio.

Esta situación puede explicarse por la sistemática baja de los precios de venta que el maíz ha registrado desde finales de los años ochenta a nivel nacional, y que se ha agravado en los últimos años con la liberación del sector agrícola y con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio en 1994, debido a las crecientes importaciones de maíz fuertemente subsidiado proveniente de los Estados Unidos, (Flores y Schwentesius, 2001:15). Esto ha motivado que los productores con recursos busquen nuevas opciones para invertir y se orienten hacia cultivos más lucrativos como las hortalizas y los forrajes, mientras que aquellos de escasos recursos (campesinos e indígenas) hayan reducido las superficies dedicadas a la agricultura de básicos,

manteniéndolos para fines de subsistencia exclusivamente (Davis, 2000: 104). Los escasos retornos económicos de la agricultura ha motivado a los agricultores del oriente de Tabasco, principalmente campesinos, a destinar más del 90% de las áreas agrícolas para el establecimiento de praderas, en un intento por obtener mayores beneficios económicos de la tierra (Isaac-Márquez et al. 2008). Zavala y Castillo (2002) reportan comportamientos similares en el cambio de uso del suelo para otras subregiones de Tabasco durante el periodo de 1965 y 1996, donde reportan una disminución en las superficies del cultivo de maíz y el mantenimiento o aumento de las superficies de cultivos semiperennes (plátano, caña de azúcar) en ambientes de planicies aluviales (municipios de Cunduacán y Centro) y de sierra (municipio de Tacotalpa y Teapa).

Durante los últimos años el proceso de ganaderización en el oriente de Tabasco se ha realizado sobre áreas de serranía donde las tierras son de carácter marginal con baja o nula aptitud para los usos agropecuarios, debido a su alto riesgo de erosión. En consecuencia, la praderización ha originado procesos severos de degradación de la materia orgánica de los suelos lo que afecta significativamente su potencial productivo (Zavala y Castillo, 2002). Estas tierras son principalmente ejidales, cuyos campesinos se vinculan con la ganadería principalmente a través de la renta de sus parcelas porque la mayor parte de ellos no poseen ganado o tienen un minúsculo hato. Una situación similar se presenta en el sureste de la Península de Yucatán donde Vance et al. (2004) reportan que la mitad de los ejidatarios han convertido entre el 10 y 30% de sus parcelas a praderas, aunque solamente una cuarta parte posee ganado. La deforestación de las tierras ejidales para expandir la frontera ganadera ha sido un fenómeno generalizado en el sureste de México desde la década de los noventa (Villafuerte et al. 1993). Los campesinos se encuentran desaprovechando la capacidad productiva de sus tierras poniéndolas al servicio de los propietarios privados, quienes resultan ser los verdaderos beneficiarios, a cambio de un ingreso marginal con la esperanza de hacerse del capital necesario para tener sus propios animales. Se trata de una ganadería por demás desventajosa para el campesino pues se encuentra enfocada a la producción de crías para su venta pues no tienen la capacidad económica para sustentar el periodo de engorda del animal o no disponen de los pastos necesarios para tal fin.

Condicionantes del uso del suelo

Los modelos de regresión múltiple pueden considerarse robustos dado que su poder predictivo explica entre el 60 y el 90% de la variación registrada para las variables dependientes analizadas en el estudio. La disponibilidad de tierra (expresada por la variable superficie total) es un predictor consistente en los tres modelos de regresión múltiple. Por una parte, su relación positiva con la superficie actual de selvas parece sugerir que la disponibilidad de la tierra disminuye la presión humana sobre el uso del suelo favoreciendo con ello la conservación del bosque. Por otra parte, su relación positiva con la deforestación y con la cobertura actual de praderas parece apuntar en el sentido contrario, es decir que a mayor extensión de tierra disponible, los propietarios tienden a deforestar mayores superficies. Ambas situaciones han sido reportadas en estudios realizados en el sureste de México (Reyes-Hernández et al. 2003; Geoghegan et al. 2004). Lo más probable es que el papel desempeñado por la disponibilidad de tierra se defina en función de su interrelación con factores de índole social y económico.

El relieve ha sido un factor biofísico fundamental para modular a escala regional el proceso de praderización del oriente de Tabasco. Esto es consistente con lo reportado por Veldkamp & Lambin (2001: 262) quienes identifican al relieve como uno de los principales factores determinantes del uso del suelo a escala regional. Las condiciones de la sierra en cuanto a pendiente y los suelos delgados de origen calcáreo han limitado las posibilidades productivas

de las tierras, particularmente los usos agropecuarios. La poca presión humana sobre el uso del suelo (los ejidatarios tienen una mediana de 31 ha como dotación) ha contribuido también a que los remanentes forestales de la sierra se conserven. En contextos caracterizados por una alta densidad poblacional y escasez de tierras incluso los terrenos ubicados en pendientes muy pronunciadas han sido deforestados para su incorporación a pesar de tratarse de suelos no aptos para la agricultura (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000: 178). La baja densidad poblacional (20 personas/km²) explica el hecho de que, a diferencia de lo reportado por otros estudios (Ochoa-Gaona y González-Espinosa, 2000; Reyes-Hernández, 2003) la población no sea un factor importante en el oriente de Tabasco para condicionar el uso del suelo.

Las condiciones de marginación de la población más que su tamaño absoluto parecen tener una mayor influencia en la definición del uso del suelo. La ganadería parece asociarse con mejores condiciones de vida de la población, pues la mayor parte de los indicadores de marginación se asocian unilateralmente de manera negativa y significativa con la superficie actual de praderas. Esto sugiere que los ingresos económicos provenientes de la renta ganadera permite mejorar el nivel de vida de la población, al menos más allá de la pobreza de capacidades, pero sin que esto signifique que la superación de las condiciones de pobreza como lo demuestra el modelo final donde un indicador asociado a la pobreza de patrimonio (porcentaje de viviendas con piso de tierra) se relaciona de manera positiva con la superficie actual de praderas.

En el modelo final se muestra una relación positiva entre un indicador de pobreza de patrimonio (promedio de ocupantes por cuarto) con la superficie deforestada. La relación entre pobreza y degradación de recursos naturales ha sido ampliamente analizada y debatida (v.g. Morales y Parada, 2005). Se trata de una relación compleja, donde las condiciones de degradación de los recursos favorecen la pobreza al romper las estructuras familiares y sociales, y provocar inestabilidad económica. En estas condiciones los pobladores de las zonas degradadas tienen que intensificar la explotación de los escasos recursos naturales disponibles, causando mayor degradación de los ecosistemas y consecuentemente mayor pobreza y migración. Estas restricciones dan lugar procesos migratorios característicos de las áreas degradadas y forman parte de un ciclo de agotamiento de recursos. En el oriente de Tabasco, la pérdida de la fertilidad de los suelos agrícolas debido a la praderización extensiva y la alteración de la dinámica de la agricultura itinerante, junto con los problemas de la degradación de las praderas por efecto del sobrepastoreo que implica la renta de las tierras (altas cargas de animales en periodos de tiempo cortos) han incrementando la presión humana sobre los remanentes forestales con el fin de sustituir los terrenos degradados. La relación entre pobreza y la degradación de los recursos es muy importante de ser considerada en el oriente de Tabasco pues se trata de una zona donde el 70% de las localidades se encuentran con niveles de rezago social de alto a muy alto (CONEVAL, 2007).

A diferencia de estudios similares llevados a cabo en el sureste de México (Reyes-Hernández et al. 2003, Klepeis & Vance, 2003; Abizaid & Coomes, 2004), los subsidios gubernamentales de tipo productivo como el Programa de Apoyo Directo al Campo (PROCAMPO), el principal apoyo instrumentado durante la última década en el sector agropecuario (SARH, 1993), no parecen tener una influencia significativa en el cambio del uso del suelo. Esto puede explicarse por la baja penetración de este programa en la zona, donde menos del 2% de la superficie cuenta con este recurso y menos de la mitad de los campesinos tienen acceso al mismo. Por el contrario el programa Oportunidades (SEDESOL, 2007) orientado al combate de la pobreza extrema tiene una influencia importante en el uso del suelo. Se trata sin embargo de una variable que presenta una alta correlación con las demás variables consideradas en el estudio, razón por la cual no se encuentra presente en los modelos finales. Atendiendo sus correlaciones unilaterales

con las variables dependientes, este subsidio a la pobreza se relaciona de manera significativa y positiva con la deforestación y de forma negativa con la superficie actual de praderas. Se requieren estudios a nivel de la unidad familiar para conocer el destino que los beneficiarios del programa otorgan a los subsidios recibidos, con el fin de contar con elementos que permitan explicar su relación con el uso del suelo. Una particularidad de este programa es que, a diferencia de PROCAMPO, las mujeres como madres de familia son las beneficiarias directas del programa por lo tanto son las que reciben el subsidio y determinan en gran parte su destino. Se podría especular que al satisfacer parte de las necesidades básicas de la familia se reduce la presión de cambio de uso de las tierras agrícolas a praderas, subsidiando de manera indirecta la permanencia del cultivo de maíz. Sin embargo como apunta Agelsen y Kaimowitz (1999:82) esta clase de subsidios podrían incrementar también la deforestación si se utilizan para financiar actividades asociadas con el aclareo de tierras. Las relaciones estadísticas señaladas podrían indicar que los recursos del programa podrían también estar subsidiando a la agricultura a través del financiamiento de la deforestación para sustituir las tierras agrícolas degradadas o para ampliar las áreas de cultivo.

La ganadería, la actividad productiva más importante de la zona, es también un factor significativo de deforestación y de condicionamiento del uso del suelo. Su importancia es tal, que una vez que una superficie es cubierta con praderas difícilmente se revierte el cambio de uso del suelo. Para 1984 la mayor parte del oriente de Tabasco había sido transformado a praderas, conservándose muy pocos remanentes forestales en las áreas ganaderas. Por lo tanto, en las áreas ya transformadas es menos probable haya ocurrido la deforestación por los remanentes forestales eran mínimos. Esta situación puede explicar la relación negativa que muestra el modelo final entre el número de cabezas de ganado y la deforestación, la cual podría interpretarse de manera errónea en el sentido de que la ganadería induce o favorece la conservación del bosque. Este supuesto se confirma al considerar el modelo final de la cobertura actual de selvas, donde el número de cabezas de ganado está relacionado de manera negativa con las superficies de selva, evidenciado a la actividad ganadera como un agente promotor de la deforestación.

La ganadería es una actividad netamente comercial, por lo tanto el número de cabezas de ganado puede considerarse también como un indicador de la influencia del mercado de la carne en el uso del suelo. De esta manera la relación que muestra el modelo para la superficie actual de selvas también resalta el papel del mercado para promover la deforestación. En última instancia la producción ganadera en Tabasco, históricamente ha sido un reflejo del comportamiento del mercado interno de la carne bovina y en general de la economía del sector primario del país (Hernández, 2005: 75). El hecho de que los campesinos deforesten sus tierras para sembrar pastos sin tener animales refleja la fuerza que tiene el mercado para influenciar las decisiones del uso del suelo. Isaac-Márquez et al. (2005: 67) encontraron que el mercado es el principal factor que más del 70% de los campesinos de la región consideran para decidir el uso de sus tierras.

Los resultados obtenidos apuntan a que la deforestación y el uso del suelo del Oriente de Tabasco ha sido determinado en primera instancia por una alta disponibilidad de tierra y modulado por las condiciones de relieve de la región. En una segunda instancia las condiciones de marginación de la población (pobreza de capacidades y de patrimonio) y el mercado del ganado han motivado a los propietarios a dedicar la mayor parte de sus tierras a las actividades ganaderas. La praderización se ha llevado a cabo sin considerar que se trata de una zona eminentemente forestal y que su uso ganadero se recomienda únicamente para la porción central de los lomeríos, mientras que para el resto del área no hay condiciones para la producción o el aprovechamiento de plantas forrajeras (Hernández, 2005: 70). La racionalidad

productiva basada exclusivamente en el retorno económico de la tierra no ha considerado los costos ambientales (deforestación, degradación del suelo y sobreexplotación de los recursos naturales) que en el mediano y largo plazo amenazan con condenar a la región al estancamiento productivo y económico así como a la marginación social. Un proceso que ha sido favorecido finalmente por la ausencia de una política integral que favorezca el uso sustentable de la tierra y que posibilite la transformación del sureste mexicano en algo más que un territorio de extracción de recursos naturales, humanos y materiales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Nardy Fermín Estrada Guzmán, Rodolfo Moreno Rodríguez y Arturo Romero Martínez su colaboración para la recolecta de datos y el trabajo de campo en los municipios de Balancán y Tenosique. El presente trabajo fue realizado con financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología clave CONACYT 33851-B, a través del proyecto "Ecological and socioeconomic assessment of Land-use/Land-cover change in the humid tropics of eastern Tabasco and Selva Lacandona, Chiapas", del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) clave UACAM-51, a través de la Universidad Autónoma de Campeche, y con la infraestructura de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa.

Bibliografía

- Abizaid C. y Coomes O.T.** 2004. Land use and forest following dynamics in seasonally dry tropical forest of the southern Yucatan Peninsula, Mexico. *Land Use Policy* 21:71-84
- Angelsen A. y Kaimowitz D.** 1999 Rethinking the causes of deforestation: lessons from economic models. *World Bank Res. Obs.* 14(1):73-98
- Arriaga, L., Espinoza J.M., Aguilar C., Martínez E., Gómez L. y Loa E.** 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Barton D., Ellis E.A., Armijo-Canto N. y Beck C.T.** 2004. The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the "Mayan Zone" in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy* 21: 333-346
- Cairns M.A., Dirzo R. y Zadroga F.** 1995. Forests of Mexico A diminishing resource? *Journal of Forestry* 93:21-24.
- Casco R.** 1980 Los planes de desarrollo del trópico: el caso de Balancán-Tenosique, Tabasco. Centro de Ecodesarrollo, México, D F. 137 pp.
- Challenger A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, México. 847 p.
- Chauvet, M.** 2004. La ganadería bovina de carne en México frente a la reestructuración global de los sistemas agroalimentarios. En: El sector agropecuario mexicano frente al nuevo milenio, coordinado por Blanca Rubio, 185-204. México: Plaza y Valdés.
- CONEVAL.** 2007. Mapas de pobreza en México. <http://www.coneval.gob.mx/coneval/> (2 de octubre de 2007).
- Davis, B.** 2000. Las políticas de ajuste de los ejidatarios frente a la reforma neoliberal en México. *Revista de la CEPAL* 72, 99-119.
- Eastmand J. R.** 2001. *Idrisi* 32. Guide to Gis and image processing. Clark University, Worcester, MA. 161 p
- FAO 2001.** Global forest resources assessment 2000. FAO Forestry Paper 140. Main Report. FAO, Roma. 479 p.
- FAO 2007.** Situación de los bosques del mundo 2007. Roma, 143 p.

- Flores J. J., Schwentesius, R.** 2001. Razones para renegociar el TLCAN en el sector de granos y oleaginosas de México. En: *Estrategias para el cambio en el campo mexicano*, coordinado por Manuel N. Gómez y Rita Schwentesius, 87-111. México: Plaza y Valdés.
- Gobierno del Estado.** 2004. Sistema dinámico de consulta estadística. Gob. del Estado de Tabasco, Villahermosa.
- Hernández, S.** 2005. La frontera de colonización asistida. La ganadería bovina en la frontera de reciente colonización. El caso de Balancán y Tenosique, Tabasco. En: *Frontera sur de México. Cinco formas de interacción entre sociedad y ambiente*, coordinado por Salvador Hernández 89-97, San Cristóbal de las Casas: El Colegio de la Frontera Sur
- INEGI 2001.** Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco. Aguascalientes, México, 100 p.
- IPCC 2000.** Land Use, Land-use change, and Forestry. Cambridge. 377 p.
- Isaac-Márquez, R., De Jong B., Ochoa-Gaona S., Hernández S. y Kantún D.** 2005. Estrategias productivas campesinas: un análisis de los factores condicionantes del uso del suelo en el oriente de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 21 (42): 56-72.
- Klepeis P. y Vance C.** 2003 Neoliberal policy and deforestation in Southeastern Mexico: An assessment of the PROCAMPO Program. *Economic Geography* 79(3):221-240
- Lesschen J.P., Verburg P. H., y Stal S. J.** 2005. Statistical methods for analyzing the spatial dimension of change in land use and farming systems. LUCC Report Series No. 7. LUCC Focus 3 Office, ILRI, Nairobi, Kenia 80 p.
- Morales C. y Parada S.** 2005. Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales. CEPAL, Santiago de Chile, 267 p.
- Ochoa-Gaona S. y González-Espinosa M.** 2000. Land use and deforestation in highlands of Chiapas, Mexico. *Applied Geography* 20: 17-42.
- Primack R. B., Bray D., Galletti H.A. y Ponciano I.** 1998. Timber, tourists and temples. Conservation and development in Maya forests of Belize, Guatemala and Mexico. Island Press, Washington. 420 pp.
- PROCAMPO.** 2007. Lista de beneficiarios. Programa Directo de Apoyo al Campo http://www.procampo.gob.mx/artman/publish/article_1515.asp (Noviembre de 2007)
- Reyes-Hernández H., Cortina-Villar S., Perales-Rivera H., Kauffer-Michael E., y Pat-Fernández J.M.** 2003. Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el período 1990-2000 en la región de Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas* 51: 88-106.
- SARH.** 1993. PROCAMPO. *Vamos al grano para progresar*. México: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- SEDESOL.** 1993. Programa de desarrollo regional Los Ríos Tabasco 1993-1994. Dirección de Programas Regionales, Gob. del Edo. 70 pp.
- SEDESOL.** 2007. Oportunidades un programa de resultados. México 25p.
- Tudela F.** 1989. La modernización forzada del trópico: el caso de Tabasco. Proyecto integrado del Golfo. El Colegio de México, México. 391 p.
- Turner II B.L., Skole D., Sanderson S., Fischer G., Fresco L. y Leemans R.** 1995. Land-Use and Land-Cover change. Science/Research Plan. IGBP Report No. 35, HDP Report No. 7, Estocolmo y Génova. 132 p.
- Vance C.** 2004. The semi-market and semi-subsistence household: The evidence and test of smallholder behavior En: Turner II BL, Geoghegan J, Foster D R (ed) *Integrated land-change science and tropical deforestation in the southern Yucatan*. Oxford University Press, Oxford. 221-243
- Velázquez A., Mas J. F., Díaz-Gallegos J. R., Mayorga-Saucedo R., Alcántara P.C., Castro R., Fernández T., Bocco G., Ezcurra E. y Palacio J.L.** 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* (62):21-37

Veldkamp A. y Lambin E.F. 2001. Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85:1-6.

Villafuerte D., García M. C. y Meza S. 1993. Ganaderización-desforestación en el trópico mexicano y sus expresiones en el Estado de Chiapas. CINVESTAV, PROAFT (SARH), México, D F. 25 pp.

Zavala C. y Castillo O. 2002. Cambios de uso de la tierra en el estado de Tabasco. *In: Palma-López D. J. y A. Triano (eds.) Plan de uso sustentable de los suelos del Estado de Tabasco*, vol. II, ISPROTAB, Colegio de Postgraduados, Villahermosa, 38-56

Cuadro 1. Leyendas utilizadas en la evaluación del cambio de uso del suelo

Formación	Tipo de vegetación y uso del suelo	Coberturas
I.Vegetación hidrófila	1.Vegetación hidrófila	Popal-tular Vegetación de galería
II.Selvas	2. Selva 3.Vegetación secundaria	Selva alta y mediana perennifolia Selva alta y mediana subperennifolia Selva baja subperennifolia
III.Cultivos	4. Agricultura de temporal 5.Cultivos permanentes o semipermanentes 6. Plantación forestal	Agricultura de temporal Cultivo de arroz Caña de azúcar Plantación de eucalipto
IV.Pastizal	7. Pastizal	Pastizal natural Pastizal inducido Pastizal con vegetación arbustiva
V.Otras coberturas	8. Zonas inundables 9.Asentamiento humano 10.Otras coberturas	Zonas inundables Praderas inundables Asentamiento humano Área sin vegetación aparente Cuerpo de agua

Cuadro 2. Modelos de regresión múltiple finales para la deforestación periodo 1984-2004 y la cobertura 2003 de selvas y praderas. (B=coeficiente de correlación beta, Sig=Nivel de significancia)

Modelo Final	Deforestación 1984-2003		Superficie de Selvas 2003		Superficie de Praderas 2003	
	B	Sig.	B	Sig.	B	Sig.
Constante		0.005		0.007		0.362
Promedio de ocupantes por cuarto	0.439	0.000		0.00		
Superficie total	0.702	0.000	0.395	0.000	0.791	0.000
Número de cabezas de ganado	-0.511	0.000	-0.303	0.001		
Altitud			0.461	0.000		
Relieve de serranía			0.390	0.000		
Relieve de planicie					0.193	0.001
Porcentaje de viviendas con piso de tierra					0.146	0.002
Porcentaje de población >15 años analfabeta					-0.179	0.001
R ² ajustada	0.594		0.736		0.917	
Valor F del modelo	30.214	0.000	42.867	0.000	166.504	0.000

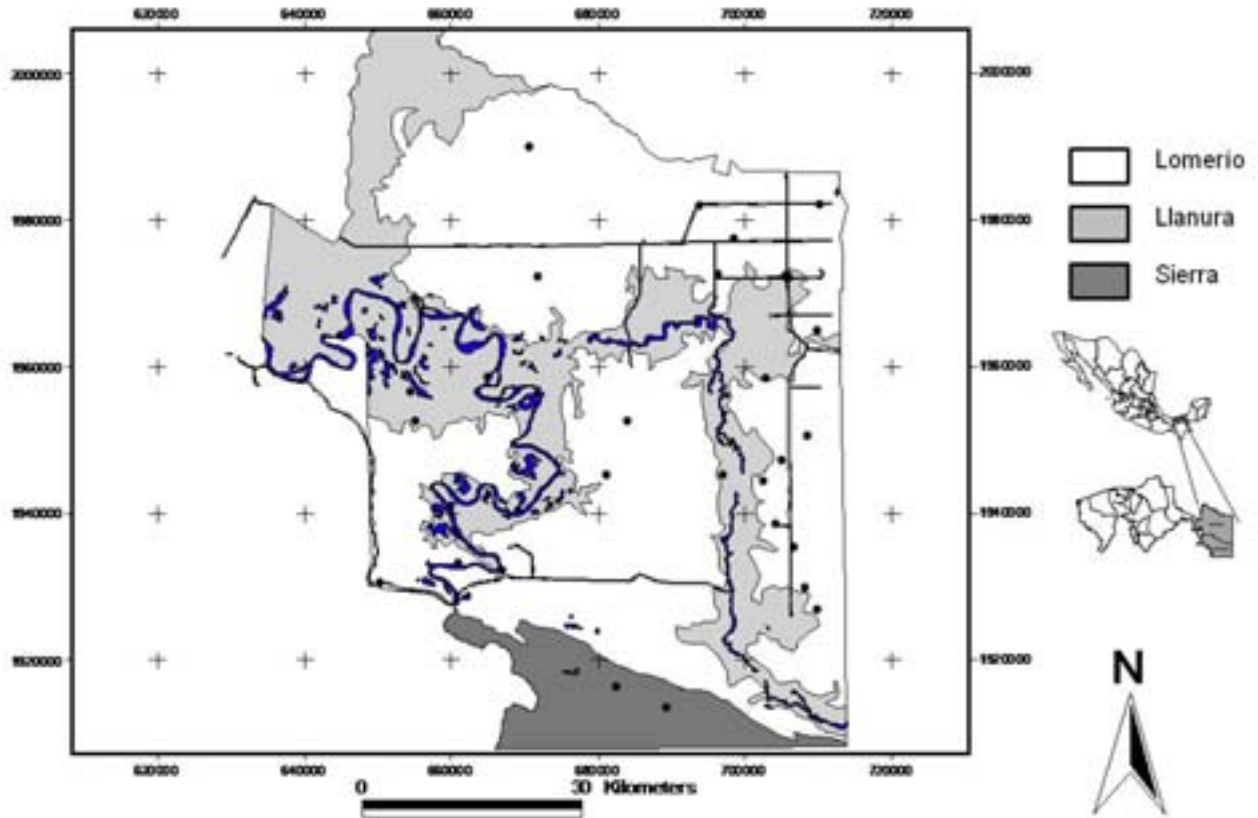


Figura 1. Área de estudio. En círculos negros se ubican las localidades con más de 500 habitantes. Se presentan las principales carreteras y los cuerpos de agua permanentes. Puede observarse el predominio de las llanuras y los lomeríos bajos susceptibles de inundación.

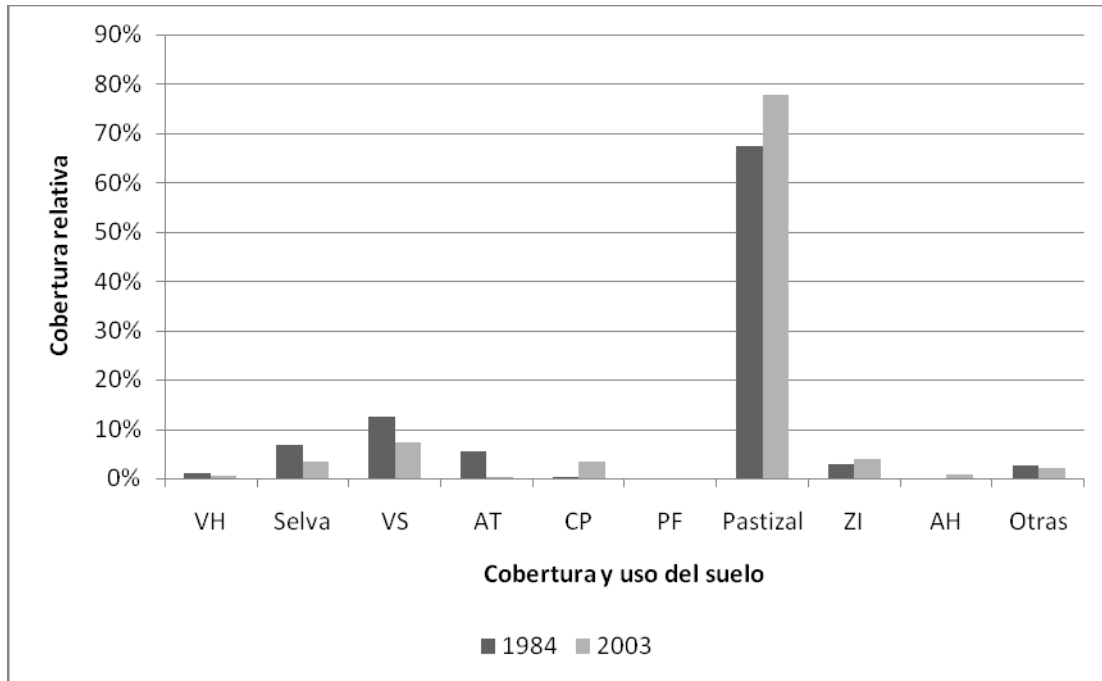


Figura 2 Distribución de la superficie relativa de las clases de uso y cobertura del suelo por clase y por año (VH= Vegetación hidrófila, VS= Vegetación secundaria, AT= Agricultura de temporal, CP=Cultivos perennes, PF= Plantación forestal, ZI= Zonas inundables, AH= Asentamientos humanos)

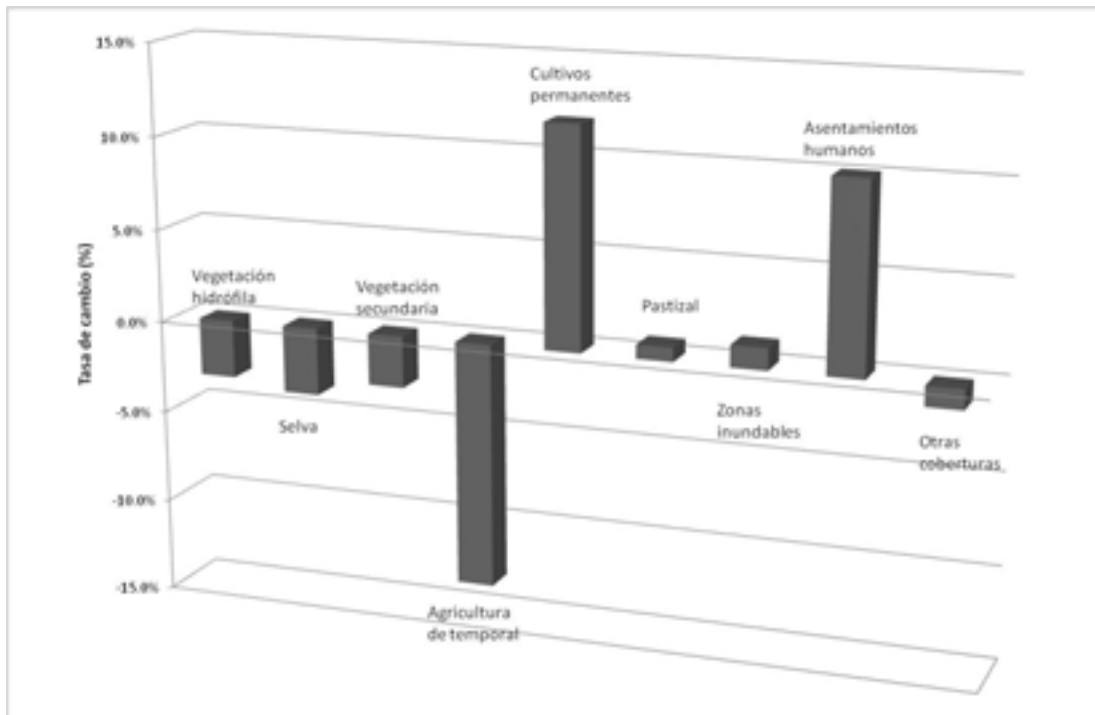


Figura 3. Tasas de cambio para las clases de usos y coberturas de suelo en el oriente de Tabasco durante el periodo de 1984 a 2004

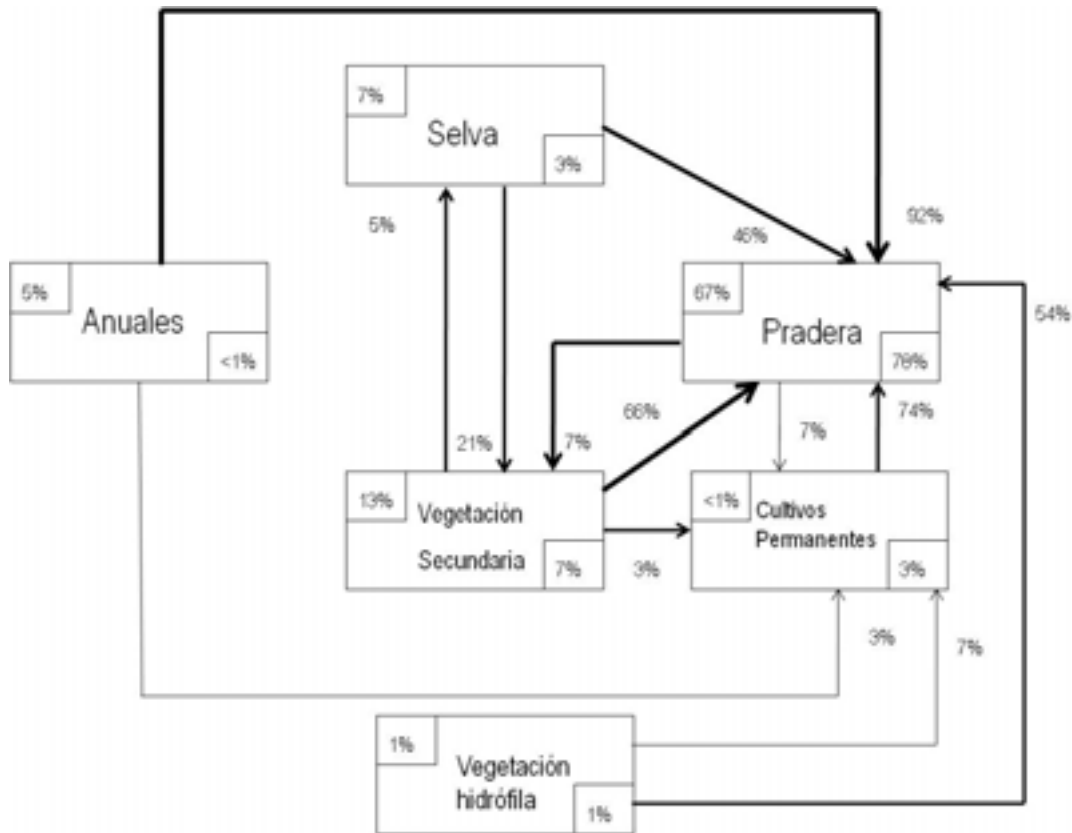


Figura 4 Diagrama de flujo con la probabilidad de transición entre las diversas clases de uso y cobertura del suelo para el periodo 1984 a 2003. Se presentan solamente las probabilidades de eventos relevantes ($\geq 3\%$). El grosor de las flechas es proporcional a la superficie de cambio. El recuadro superior izquierdo indica la superficie relativa de las diferentes clases en 1984 y el recuadro inferior derecho se refiere a la superficie relativa de las clases en 2003