



Evaluación y mapeo de los determinantes de la deforestación en la Península Yucatán

Edward Alan Ellis

José Arturo Romero Montero

Irving Uriel Hernández Gómez

15 Agosto de 2015

Monitoreo Reporte y Verificación



www.alianza-mredd.org

Esta publicación ha sido posible gracias al generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal The Nature Conservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable).

Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad de sus autores y no reflejan los puntos de vista del Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, el Gobierno de los Estados Unidos.”

El presente estudio fue elaborado como contribución del Centro de Investigaciones de la Universidad Veracruzana en su participación con el proyecto México REDD+”.

Forma de citar este documento:

Ellis, E.A., Romero Montero, A. & Hernández Gómez, I.U. (2015). Evaluación y mapeo de los determinantes de deforestación en la Península Yucatán. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México, Distrito Federal.

Índice

I. Introducción	2
II. Estudio y Presentación del Informe.....	4
III. Investigación Bibliográfica	8
1. Métodos	8
2. Resultados: Deforestación Histórica y sus Determinantes	8
2.1 Campeche	13
2.2 Quintana Roo	21
2.3 Yucatán	28
IV. Validación en Campo	32
1. Métodos	32
2. Resultados: Descripción de Deforestación Actual en Campo.....	35
2.1 Campeche	38
2.2 Quintana Roo	58
2.3 Yucatán	66
V. Análisis de Deforestación 2000-2013	81
1. Métodos	81
2. Resultados.....	83
2.1 Dinámica de la Cobertura Forestal en la PY	83
2.1 Deforestación y <i>Hotspots</i> en los Estados de la PYD.....	88
2.3 Regionalización de la Deforestación en la PY.....	102
VI. Elaboración del mapa de determinantes de deforestación en la PY.....	106
1. Métodos	106
1.1 Clasificación de Uso Actual y Determinantes	106
1.2 Análisis de Certeza	107
2. Resultados.....	108
2.1 Península Yucatán	108
2.2 Campeche.....	114
2.3 Quintana Roo	128
2.4 Yucatán	140
VII. Conclusiones y Recomendaciones.....	145
VIII. Literatura Citada	150

I. Introducción

A nivel nacional, la deforestación en México se ha ido disminuyendo en este último siglo, fenómeno que se ve viendo en Latinoamérica en general. La FAO reporta en México una baja en la tasa de - 0.52% entre el 1990 y 2000 (354,000 ha/año) a -0.24% entre el 2005 y 2010 (155,000 ha/año) (FAO 2010). Un estudio basado en los mismos datos reprocesados de las Series II a IV de INEGI, curiosamente reporta una baja en la tasa de deforestación, pero con altas pérdidas anuales arriba de los 500,000 ha al año (Rosete-Verges et al. 2014), en gran parte indicando la dificultad y margen de error en usar dichos datos, debido al uso de distintos fuentes, procesamientos de imágenes, y formas de clasificar la vegetación forestal (por ejemplo, primario y secundario), adicionalmente afecta la escala gruesa de 1:250,000 de los datos de las Series II a IV de INEGI. Aunque las cifras reportadas por la FAO, también derivadas de las Series de INEGI, posiblemente reflejan un panorama más realístico del proceso de deforestación en México, se reconoce que los problemas de pérdida de cobertura forestal persisten en el país, especialmente considerando su importancia y función ecosistémico para mitigar el cambio climático. La deforestación al igual que la degradación forestal genera substanciosas emisiones de gases de efecto invernadero. (GEI). La disminución de emisiones de CO₂ generadas por el cambio de uso de suelo y silvicultura, bajó de 101,257 a 45,670 Gg de CO₂ del 1990 al 2006, representando 8.4% del total de las emisiones de CO₂ del país, siendo la tercera fuente de emisiones en importancia (ENAREDD+ 2014). La caída en emisiones de Carbono refleja la reducción en deforestación del 2000 al 2006.

No obstante, los procesos de deforestación en el país han sido son muy variados y heterogéneos geográficamente. Sin duda, estos procesos de cambio de cobertura y uso de suelo, así como sus causas, pueden ser muy complejos y diversos. En cuanto a los ecosistemas forestales mexicanos se observa un mayor impacto de la deforestación en las selvas tropicales del país, comparado a los bosques templados (Velázquez et al. 2002, Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010). Challenger y Soberón (2008) estiman una pérdida mayor de 80% de selvas húmedas y bosques mesófilos y 50% de bosques templados. Regiones tropicales, como la Península Yucatán, se vieron afectados históricamente desde los 1970s por programas federales de desmontes, colonización y desarrollo agropecuario, propiciando un fuerte proceso de deforestación en los 1980s y 1990s (Challenger y Soberón 2008). Entre 1970 y 2000, la región del sureste, particularmente los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, fueron indicados como áreas con fuertes procesos de deforestación y basado en datos de CONAFOR del 1993 al 2002 se reportó los estados de

Campeche y Yucatán entre los mayores con pérdidas de cobertura forestal con 30,968 y 23,007 ha/año respectivamente (Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010).

Actualmente la Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (ENAREDD+) busca contribuir a la mitigación de GEI planteando políticas, medidas y acciones que deben ser incorporadas en instrumentos de planeación que promuevan la reducción de la deforestación y la conservación, manejo y restauración de los recursos forestales. Entre los hitos establecidos en la ENAREDD+ para el 2020 incluye una tasa de 0% de pérdida de carbono en ecosistemas forestales y el aumento de su superficie (Robles, 2014). Si bien es importante implementar una ENAREDD+ para el desarrollo sostenible regional, es igual de importante el actual desarrollo de las Estrategias Estatales REDD+ (EEREDD+) para las actividades en los estados que promuevan un desarrollo territorial integrado. Los estados representan la jurisdicción subnacional del modelo de implementación de REDD+ en México y para impulsarlo requieren desarrollar su marco legal, arreglos institucionales entre agentes públicos estatales, un mecanismo financiero, así como una plataforma de trabajo para el apoyo al sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) nacional (Robles, 2014). Tanto para ENAREDD+ como EEREDD+ es imprescindible conocer a mayor precisión los procesos y problemas de deforestación que ocurren dentro del paisaje de la PY e integrar la información al sistema de MRV.

En la implementación de estrategias REDD+ a nivel estatal o regional para reducir la deforestación y promover un desarrollo rural sostenible en la Península Yucatán, es clave la generación y disponibilidad de buenos datos e información sobre la deforestación y sus determinantes, tanto las causas directas como las causas indirectas o subyacentes. Esta información es de suma importancia en la planeación de proyectos, gestión de recursos, diseño de estrategias REDD+ estatales y en la retroalimentación de políticas públicas a nivel estatal y nacional. Dentro de la Estrategia Regional de la Península Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+ PY) claramente se identifican metas que requieren datos e información regional sobre los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo.

Este informe presenta los resultados de la consultoría “**Evaluación y Mapeo de los Determinantes de la Deforestación en la Península Yucatán**”, liderada por la Alianza México REDD+ y realizada por el Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana. Los objetivos del estudio fueron: 1) evaluar los procesos y determinantes de la

deforestación en la PY (particularmente entre el 2000 y 2013), 2) muestrear y evaluar la deforestación actual en campo y 3) analizar y mapear los determinantes de la deforestación en la Península Yucatán basado en los datos de Global Forest Change (GFC) (Hansen et al. 2013). El estudio comprende de varios componentes o métodos como el análisis de literatura, muestreos de validación en campo, aplicación de SIG y procesamiento de los datos de GFC. Este trabajo aporta al componente de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de la Alianza MREDD+ para fines de monitoreo de la deforestación y sus determinantes en la Península Yucatán a nivel estatal y local.

II. Estudio y Presentación del Informe

Este estudio evalúa los procesos y dinámicas de la deforestación en la Península Yucatán (PY) y determina los factores próximos y subyacentes que inciden en la remoción de la cobertura forestal. Las tareas específicas y como se relacionan para obtener los objetivos y productos principales del estudio se indican en la Figura 1. El trabajo inicia con una investigación exhaustiva de la literatura sobre determinantes de deforestación en la PY. Mediante esta tarea se desarrolla una base de datos bibliográfica como la georeferenciación de los determinantes de deforestación identificados en la literatura. Los resultados obtenidos por la investigación bibliográfica se presentan en el primer apartado de este informe. Seguido, se presenta los resultados del estudio de campo realizado para evaluar y validar *in situ* la deforestación y las causas directas como los factores subyacentes. La tarea de análisis de deforestación se basa en los insumos generados por la investigación bibliográfica, el estudio de campo, y adicionalmente el análisis de los datos de deforestación del GFC (Hansen et al. 2013). Estos resultados, como la regionalización de las causas y los determinantes de deforestación se presentan posteriormente en el informe. Finalmente, sumándose a las tareas anteriores y utilizando los datos de deforestación anual 2001 al 2013 de GFC (Hansen et al. 2013) y otros datos de apoyo, se elabora un producto georeferenciado a nivel de pixel (30 x 30 m) indicando las causas directas e indirectas de la deforestación en la región. Este producto se describe a más detalle en el presente informe junto con el análisis de certeza de este producto que es evaluada usando los datos de deforestación colectados en campo.

Originalmente en los Términos de Referencia (Anexo 1), para fines del análisis y mapeo de los determinantes de la deforestación, se contempló el uso de los datos del producto MAD-MEX elaborado por CONABIO y CONAFOR para el componente MRV del programa MREDD+ (Gebhardt, 2014). Sin embargo, los datos disponibles de deforestación para el 2000, 2005 y 2010

para la región de la PY, basados en imágenes LANDSAT, aún no estaban acabados y la última versión entregada no fue utilizable para el estudio debido a los errores contenidos en el producto. Por otro lado, también se contemplaba el uso de los datos de deforestación de Global Forest Change (GFC) de Hansen et al. (2013) también basados en procesamientos de imágenes LANDSAT. Dichos datos representan la deforestación entre el periodo de 2001 al 2013, y mediante un contrato con la Universidad de Maryland, el equipo de Hansen realizó, con el apoyo del equipo de CITRO, una validación del producto en la región de la PY, presentada a TNC en el 2014. Por estas razones fue lógico seguir trabajando en este estudio con los datos de GFC para el análisis, validación y mapeo de la deforestación y sus determinantes en la región peninsular. Los datos producidos por Hansen et al. (2013) proveen un insumo de información gratis, transparente y fácilmente disponible sobre la deforestación histórica, además de ser un producto de suficiente calidad para ser utilizado como herramienta para fines de guiar e implementar estrategias REDD+ (TNC 2014).

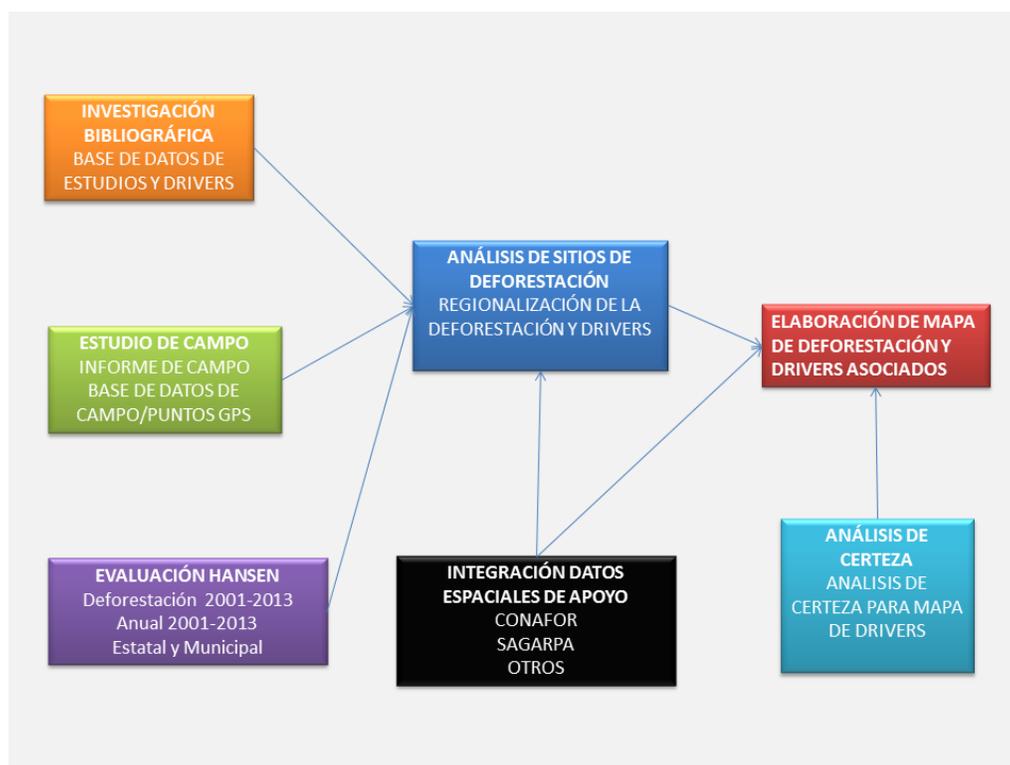


Figura 1. Esquema metodológico del estudio de deforestación para la PY

Como se menciona arriba los procesos de cambio de cobertura y uso de suelo y sus asociados determinantes pueden ser complejos y frecuentemente sujetos a diferentes interpretaciones y definiciones. Estas diferentes perspectivas e interpretaciones sobre las causas y determinantes de la deforestación se han manifestado en los talleres del Observatorio Selva Maya (OSM) y MREDD+ sobre la deforestación en la PY. Por esta razón, este estudio adopta los conceptos y definiciones establecidos por Geist y Lambin (2001 y 2002) sobre factores o determinantes de la deforestación, denominados como “drivers” en inglés. La Figura 2 muestra el esquema empleado por Geist y Lambin (2001 y 2002) para categorizar los determinantes de la deforestación diferenciados entre lo que son las causas inmediatas y las causas o factores subyacentes. Las causas inmediatas (o directas) se definen como las actividades humanas que directamente inciden en el evento de deforestación a escala local o puntual, por ejemplo, la expansión de cultivos o de ganadería, o el aumento de infraestructura por establecimiento de caminos o crecimiento urbano; las causas subyacentes (o indirectas) se refieren a los procesos sociales que forman la base o apoyan a la causa inmediata como pueden ser factores demográficos de crecimiento de población, factores económicos como crecimiento de mercados, inversión y demandas, o factores institucionales como políticas públicas y tenencia de la tierra. Adicionalmente se pueden asociar factores culturales y ambientales como calidad de suelo, y topografía y agentes biofísicos como incendios y huracanes que pueden resultar en la pérdida de cobertura forestal (Geist y Lambin 2001, 2002). Este esquema de categorización y definición de los determinantes de la deforestación, las causas inmediatas y subyacentes, es empleado para fines de presentación y discusión de resultados de este estudio que se obtienen integrando la investigación bibliográfica, análisis y regionalización de la deforestación, y la elaboración del mapa de determinantes de deforestación adaptando los datos de deforestación anual del 2001 al 2013 de Global Forest Change (Hansen et al. 2013).

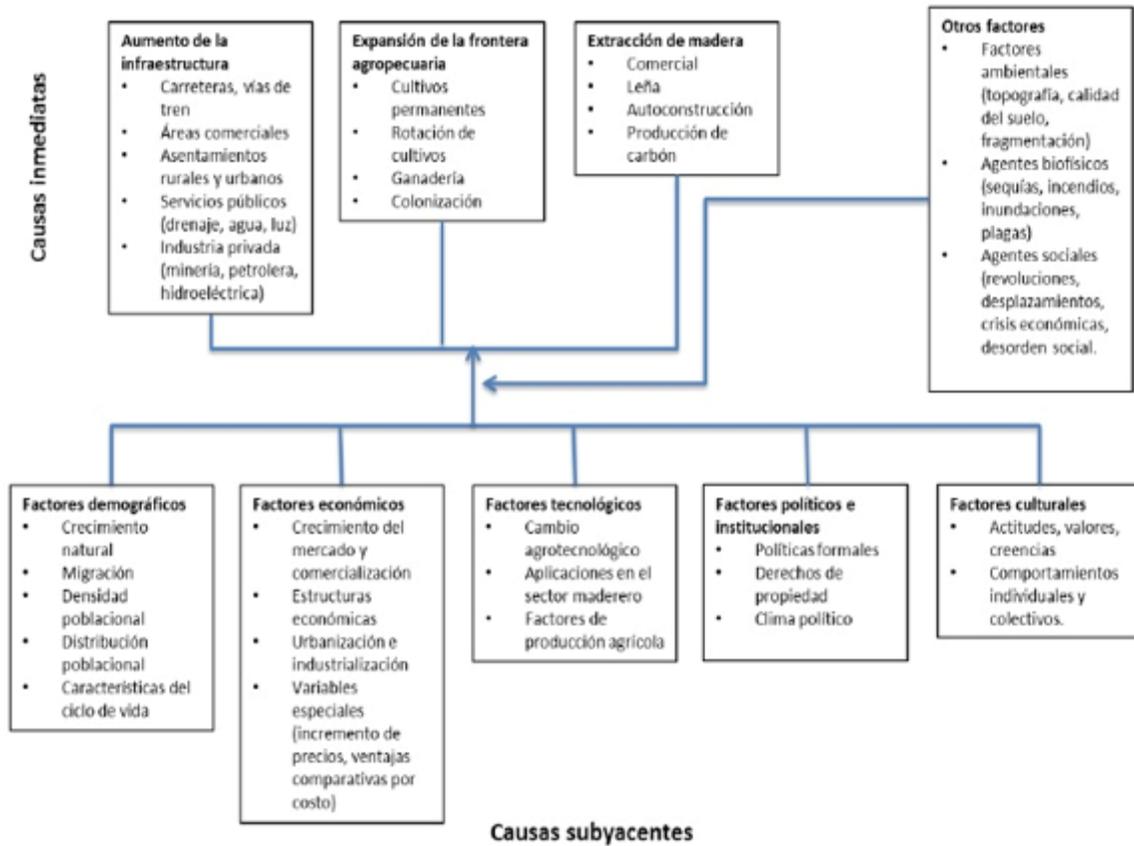


Figura 2. Causas inmediatas y subyacentes de la deforestación definidos por Geist y Lambin 2001 y 2002.

III. Investigación Bibliográfica

1. Métodos

Para este componente del estudio, se recopilaron trabajos derivados de artículos publicados, tesis, informes y reportes gubernamentales relacionados con el tema de deforestación en la PY. Para la compilación de un acervo bibliográfico se realizaron búsquedas en distintas bases de datos de información científica como son EBSCO Host, Web of Science, SCOPUS y otros relevantes a nivel internacional, y REDALYC y LATINDEX de relevancia para Latinoamérica y México. Se utilizaron palabras claves que incluyeron: *deforestación, Península Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, cambio de cobertura y uso de suelo y cobertura forestal* entre otros. Adicionalmente se realizaron búsquedas en Google y Google Académico para obtener información u otras publicaciones como informes, reportes y tesis que se relacionen con el tema de deforestación en la Península Yucatán.

Posteriormente, se identificaron y se seleccionaron aquellas publicaciones que aportaban información sobre los procesos de deforestación o cambio de cobertura uso de suelo y los determinantes asociados, con énfasis en aquellos que reportan tasas o superficies de deforestación y que se podían localizar geográficamente. A continuación, estas publicaciones fueron integradas en una tabla Excel y representadas espacialmente en un archivo shapefile para identificar y evaluar los procesos y determinantes de deforestación en la región de PY. Finalmente se revisan y se describe los impactos y tendencias de deforestación como las causas directas y subyacentes que se especifica en la literatura obtenida. Los resultados presentados demuestran los procesos históricos de deforestación para cada estado de la PY (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) indicando su grado de amenaza y ubicación en la entidad.

2. Resultados: Deforestación Histórica y sus Determinantes

La Tabla 1 presenta la lista de publicaciones sobre la deforestación y sus determinantes en la región de la Península Yucatán que fueron recopiladas y utilizadas para este estudio. Información notada incluye la región de análisis de deforestación y el periodo o años del proceso de cambio de cobertura y uso de suelo que se reporta. En total se integraron 37 publicaciones para este estudio y se entrega con este informe un archivo Excel conteniendo la base de datos más detallada sobre estas publicaciones. La representación geográfica del acervo bibliográfico utilizado en este estudio se puede observar en la Figura 3, señalando la localización del estudio de la mayoría de las publicaciones.

Tabla 1. Literatura recopilada y consultada para análisis de determinantes de deforestación en la Península Yucatán.

CLAVE	CITA	REGIÓN O ESCALA DE ANÁLISIS	PERIODO DE ANÁLISIS
1	Geist & Lambin 2002	Pan Tropical. Meta análisis de casos de estudio de deforestación en países en trópicos a nivel global	Variado mayormente entre 1940 y 1990
2	Geist & Lambin 2001	Pan Tropical. Meta análisis de casos de estudio de deforestación en países en trópicos a nivel global	Variado mayormente entre 1940 y 1990
3	Lambin et al. 2003	Pan Tropical. Regiones tropicales	Variado. Principalmente 1990-1997
4	Hodgdon et al. 2015	Reserva de la Biósfera Maya, Guatemala	2000-2013
5	Hosonuma et al. 2012	Meta-análisis de datos de 100 países evaluado a nivel nacional	1990-2010 (FRA-FAO 2010)
6	Schneider & Fernando 2010	Reserva del Biósfera Calakmul, México	1989-2005
7	García-Barrios et al. 2009	México nivel nacional	1976-2000 y 1985-2005
8	Baños 1993	Noroeste del Estado de Yucatán	Histórico hasta el 1991
9	Bray & Klepeis 2005	Región este y sur de la Península Yucatán	Histórico con emphasis del 1990-2000
10	Bray et al. 2004	Zona Maya, centro de Quintana Roo. Municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos	1976-1984 y 1984-2000
11	Busch & Vance 2011	22,000 km ² de frontera agrícola en el sur de la Península Yucatán.	1969-1997 y 1997-2004

12	Díaz-Gallegos et al. 2008	Corredor Mesoamericano incluye la franja de las reservas Calakmul y Sian Kaan. Municipios Felipe Carrillo Puerto, Othon P. Blanco (Qroo) y Calakmul (Camp)	1980-2000
13	DiGiano et al. 2013	8 ejidos en el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	1984-2000 y 2000-2007/2010
14	Dupuy et al. 2007	Solferino y San Angel, Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	1979-2000
15	Eastmond & García de Fuentes 2010	Estado de Yucatán	1969-2006
16	Ellis & Porter 2008	Zona Maya, Municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo y Región La Montaña, Municipio Hopelchen, Campeche	1988-2000 y 2000-2005 La Montaña y 1984-2000 y 2000 -2004 Zona Maya
17	Martínez Romero 2008	5 Ejidos en Calakmul, Campeche	1976-2008
18	Mascorro et al. 2014	Península Yucatan	2005-2010
19	Murray 2007	Zona de Cancún, Municipio Benito Juárez, Quintana Roo	Histórico desde 1960s
20	Radel et al. 2010	Región sur de la Península Yucatán	1997-2003
21	Romero Montero 2014	Ejidos en Municipios de Hopelchen y Calakmul en Campeche y Felipe Carillo Puerto y Othon P. Blanco en Quintana Roo.	1988-2010
22	Rueda 2010	96 Ejidos sur de la Península Yucatán. Zona de la Reserva Calakmul.	1984-1993 y 1993-2000
23	Torres & Momsen 2005	Cancun, Riviera Maya	Histórico desde 1960s

24	Turner et al. 2001	Región sur de la Península Yucatán	1987-1997
25	Sohn et al. 1999	Municipio Sotuta, Yucatán.	1985-1995
26	Hirales-Cota et al. 2010	Franja de cosat de Mahahual a Xcalak, Municipio Othon P. Blanco, Quintana Roo	1995-2007
27	Villalobos-Zapata & Mendoza Vega 2010	Estado de Campeche	Histórico desde 1900s
28	Dalle et al. 2006	Ejido de Xmaben, Municipio Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	1976-2000 (1988, 1991 y 1997)
29	Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez 2010	México a nivel estatal	1993-2002
30	Esparza-Olguín y Martínez Romero 2011	Estado de Campeche	1976-1998, 1998-2002, 2002-2009
31	Duran-Medina et al. 2007	Ejidos forestales en centro de Quintana Roo, Municipio Felipe Carrillo Puerto.	1980-2000
32	Ramírez Cancino & Lorca 2010	Estado de Yucatán	2001-2004
33	Bautista-Zuñiga et al. 2005	Hocabá Yucatán	1997-Presente
34	Cortina Villar et al. 1999	Zona sur Campeche y Quintana Roo por carretera Escarcega-Chetumal (Excluye zona de RBC)	1975-1990
35	Porter-Bolland et al. 2007	La Montaña, Sur de Municipio de Hopelche, Campeche	1988-2000 y 2000-2005
36	Schmook & Vance 2009	Región sur de la Península Yucatán	N/A

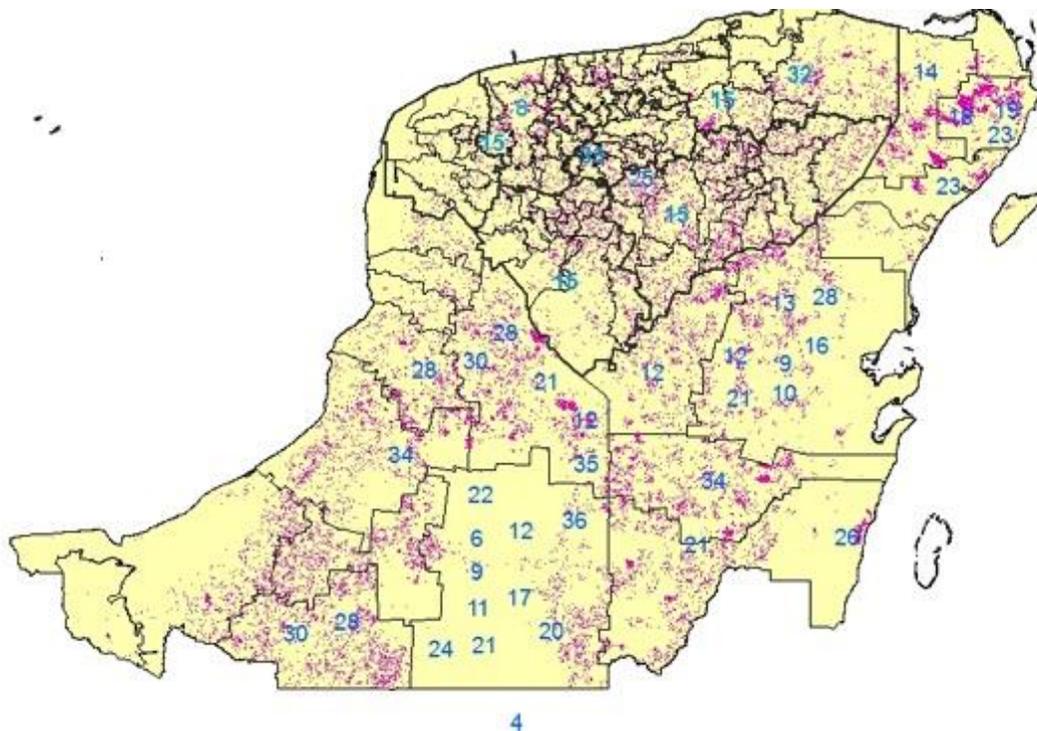


Figura 3. Ubicación geográfica de estudios sobre los determinantes de deforestación en la PY (Rosado indica zonas deforestadas del 2000 al 2013 de Hansen et al. 2013).

Es evidente, en base a la información encontrada, que la mayoría de las investigaciones sobre la deforestación en PY han sido en los estados de Campeche y Quintana Roo, particularmente la región de Calakmul en Campeche y la Zona Maya en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo. La zona de Calakmul ha sido de mayor interés en cuestiones de evaluar la deforestación debido al establecimiento de la Reserva de la Biósfera de Calakmul (RBC) y su importancia para la conservación a nivel nacional e internacional. Una gran mayoría de las publicaciones en esta región fueron relacionadas con un proyecto de gran escala coordinado por Clarke University sobre cambio de cobertura y uso de suelo en la región Calakmul durante los fines de los 1990s. Por otro lado, la región zona maya ha generado interés internacional por su historia de conservación y manejo de recursos naturales, demostrando un mantenimiento de la cobertura forestal en las últimas décadas. Irónicamente, la mayoría de los estudios de deforestación en la Península Yucatán se realizan en zonas donde se representa mucha menor

deforestación como se puede apreciar en el Mapa 1. Adicionalmente, se observa que existen muy pocos estudios (7) que han analizado deforestación en al PY a partir del 2010, la gran mayoría de las investigaciones sobre deforestación en la PY se concentran mayormente entre el periodo 1980 a 2005. Mostrando un gran déficit de información sobre la deforestación en los últimos 10 años. A continuación presentamos por estado una descripción del proceso de deforestación en la PY y los factores impulsores relacionados; estos resultados basados en la revisión de la literatura científica y otras fuentes de información disponibles.

2.1 Campeche

El estado de Campeche cuenta con una gran diversidad de ecosistemas terrestres y acuáticos que le permiten tener una gran riqueza de recursos naturales. Desafortunadamente estos recursos son amenazados por la constante presión al medio que ejercen actividades antropogénicas como la agricultura, la ganadería y la urbanización. Un análisis de los cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal para el estado demuestra que las principales causas de la deforestación entre 1976 y 2005 fueron el avance de la ganadería, la agricultura y la urbanización. Se encontró que las tierras dedicadas a la ganadería (pastizales) se incrementaron a una tasa anual de 3.90%, equivalente a 20,751.5 ha/año (601,793.04 ha en total)(Villalobos-Zapata & Mendoza Vega 2010). Las tierras agrícolas crecieron a una tasa del 6.1%, equivalentes a 25 109 ha/año (728 178 ha en todo el período); mientras que los asentamientos humanos crecieron a una tasa del 7.51% equivalente a 559.33 ha/año (16 220.62 ha en total) (Villalobos-Zapata & Mendoza Vega 2010).

En el estado de Campeche se reporta una tasa de deforestación de -0.74% para el periodo 1976-2005 y de -0.6% del 1976-1998, mayor que la tasa promedio nacional de deforestación de -0.43% anual para el periodo 2000-2010 (Villalobos-Zapata & Mendoza Vega 2010, Esparza Olguín & Martínez Romero 2011). Las publicaciones que describen los procesos de deforestación a nivel estatal en las últimas cuatro décadas reportan mayores pérdidas de cobertura forestal ocurriendo en la región de Los Chenes y Valle Edzna en los municipios de Hopelchen y parte de Campeche y en la región sur del municipio Candelaria; las causas directas se atribuyen principalmente por la expansión de la agricultura mecanizada y de la ganadería y urbanización, la ganadería siendo de mayor importancia en la región Candelaria. Las causas subyacentes que se atribuyen a la deforestación en el Estado de Campeche son los programas de colonización de los 1970s y 1980s, migración, crecimiento poblacional, programas de desarrollo agropecuario (por ejemplo PROCAMPO y PROGAN) y la modernización y tecnificación agrícola (Villalobos-Zapata & Mendoza Vega 2010, Esparza Olguín & Martínez Romero 2011, Martínez-Romero 2010).

En 1970 y 1980 el PIB agropecuario, silvícola y pesquero del Estado llegó a cifras récords históricas de 28.89% y 26.33% respectivamente. Este éxito se debió a que el Estado mexicano fomentó la colonización hacia la región sureste, en particular el estado de Campeche, con el establecimiento de nuevos núcleos agrarios y ganaderos. Campeche con sus 5.6 millones de hectáreas en 1970 era un candidato a colonización debido a su baja densidad de población rural (0.015 hab/km²) y a sus 3 548 572 ha de terrenos nacionales, que según el Departamento de Asuntos Agrarios y Colonización, eran susceptibles a desmontarse para la actividad agropecuaria principalmente: arrocera, ganadera, frutícola y forestal. Así, la primera ola de colonización en el estado de Campeche se llevó a cabo durante el periodo de 1959-1964 con el proyecto “La Candelaria”. Este proyecto tuvo como objetivo formar seis nuevos centros de población ejidal para desarrollar agricultura comercial de arroz y ajonjolí, y constituye un ejemplo de colonización dirigida con un alto costo ecológico por campesino instalado (Martínez-Romero y Esparza, 2010).

En la década de 1970 los principales proyectos de colonización dirigidos en Campeche fueron en las regiones de los Chenes, el Camino Real, Valle de Edzna, además de la ampliación y la reactivación del proyecto de La Candelaria. Uno de los objetivos principales fue la generación de polos agro-industriales basados en la producción de arroz y en menor grado de la ganadería. Los resultados en todos los casos fueron pobreza y deterioro ambiental con altas tasas de deforestación, dado que se tumbaron grandes extensiones de selva para poner campos agrícolas que fracasaron, por las condiciones del clima y el terreno que no fueron aptas para el cultivo del arroz y otros cultivos comerciales; así como por la construcción de infraestructura hidráulica y eléctrica que fue abandonada debido al alto costo de mantenimiento y reparación (Martínez-Romero y Esparza, 2010).

Durante la década de 1980 la actividad agrícola y ganadera fue apoyada por programas públicos, se intensificó la apertura de la frontera agropecuaria con paquetes tecnológicos y asistencia técnica, lo que trajo consigo el desmonte de grandes extensiones de selva que se convirtieron en tierras agrícolas y ganaderas. Sin embargo, a finales de esta década se evidenciaron las consecuencias de la crisis económica de 1982, el ajuste financiero frenó la construcción y el mantenimiento de infraestructura, además de retrasar planes y obligar al abandono o a la reducción (e.g. asistencia técnica o de sanidad agropecuaria), trayendo consigo la crisis agropecuaria del estado de Campeche que se manifestó en toda su magnitud durante el periodo 1997-1998 (Martínez-Romero y Esparza, 2010).

A partir del tratado de libre comercio en la década de los noventa se implementaron programas agropecuarios como PROCAMPO, ASERCA, Alianza para el Campo y PROGAN (Programa de Producción Pecuaria Sustentable y de Ordenamiento Ganadero y Apícola). Estos programas han sido incentivados por el gobierno federal y del Estado –aún en la actualidad– para apoyar a las actividades agropecuarias en un contexto de libre mercado. Los agricultores con recursos económicos han orientado la producción a cultivos como chile, tomates y cítricos, mientras que la actividad ganadera ha sido fuertemente apoyada con recursos públicos y privados, esta última está siendo objeto de múltiples programas en el Estado. Desafortunadamente estos incentivos no han detonado el desarrollo agropecuario en el Estado pero si han generado frentes importantes de deforestación (Martínez-Romero y Esparza, 2010).

La Figura 4 muestra la representación geográfica de los procesos de deforestación en el estado de Campeche y las causas directas e indirectas identificadas en las publicaciones revisadas mediante la investigación bibliográfica. Entre los estudios más puntuales se determinó los procesos de deforestación en la zona sur del estado en la región de la carretera Escarcega-Xpujil, demostrando los impactos de las causas subyacentes de programas de colonización y migración y desarrollo de infraestructura durante los 1970s y 1980s; la tasa de -0.15% para el periodo 1975-1986 aumenta a -0.54% para el periodo 1986-1990 (Cortina Villar et al. 1999). Otras investigaciones de deforestación se han realizado en la Región de La Montaña en el sureste del municipio Hopelchen donde se reportan tasas de deforestación de -0.3% entre el 1988 y 2000 y de -0.7% entre el 2000 y 2005, y las causas directas identificadas como la expansión de agricultura mecanizada y ganadería, el establecimiento de caminos, la venta y renta de tierras a menonitas y programas de subsidios para el desarrollo agropecuario (Porter-Bolland et al. 2007, Ellis & Porter 2008). Otro estudio que determino los procesos y determinantes de deforestación en los ejidos de los municipios de Hopelchen y Calakmul (Romero Montero 2014); en Hopelchen reporta una ganancia de cobertura forestal promedio de $+0.2\%$ dentro de la superficie ejidal para el periodo 1988-2010, indicando la mayor presencia de deforestación en propiedad privada y tierras nacionales, y en Calakmul reporta una pérdida de -0.2% en propiedad ejidal. Las causas directas de nuevo se identifican como la expansión agropecuaria, y los factores subyacentes asociados incluyen características de suelo, pendientes, programas de desarrollo agrícola, superficie parcelada en los ejidos y los números de vecindados en los ejidos, estos factores más evidentes y significativos en el municipio de Calakmul (Romero Montero 2014).

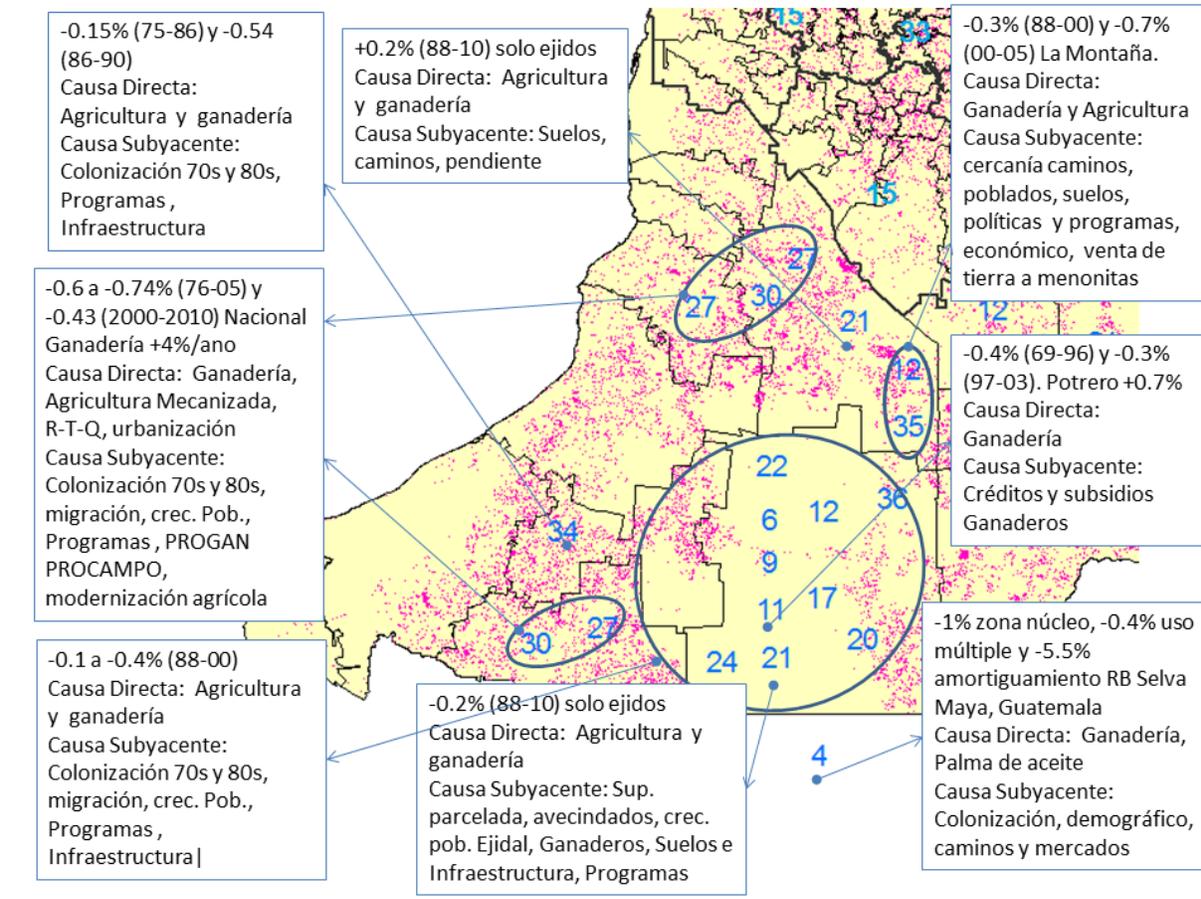
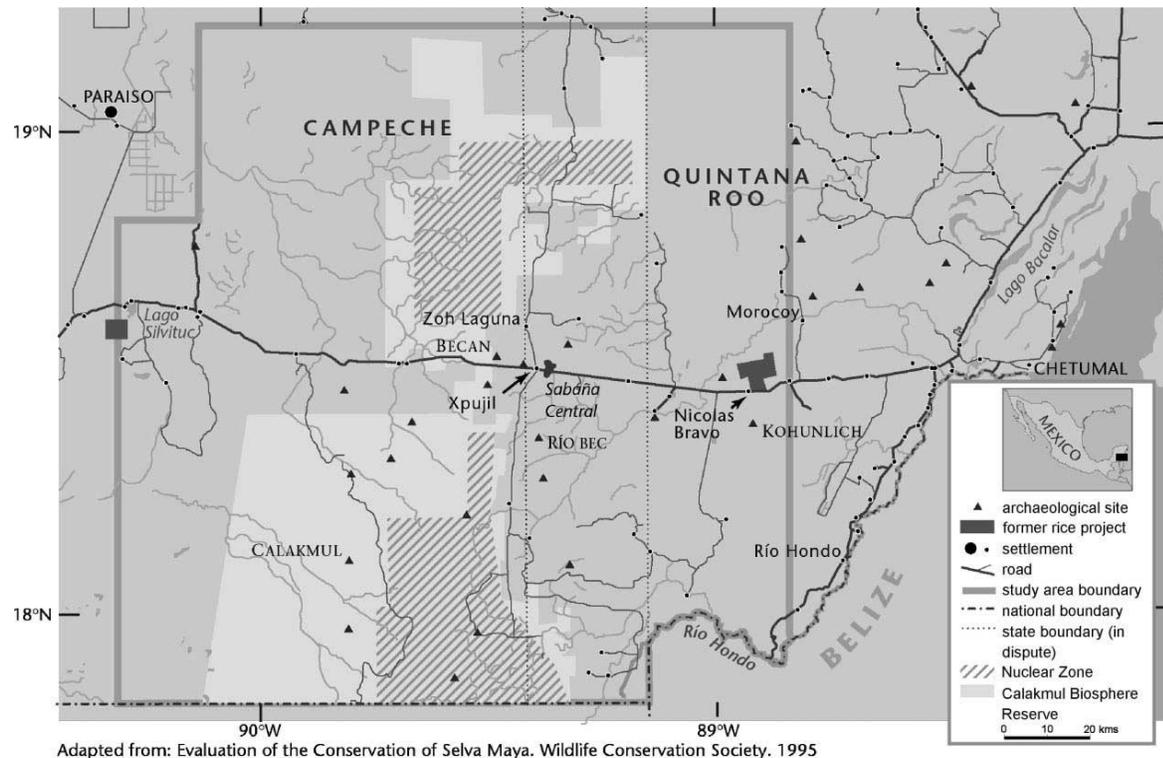


Figura 4. Representación de los procesos y determinantes de deforestación en Campeche basado en la revisión bibliográfica.

Como se menciona anteriormente, la mayoría de las investigaciones de deforestación en el estado de Campeche se realizaron para la región de la RBC en el municipio de Calakmul. Estas investigaciones en gran parte coinciden con tasas de deforestación entre -0.3% y -0.4% entre el 1988 y 2000 siendo la causa directa la expansión y la expansión de la ganadería, y los programas de desarrollo agrícola, créditos y subsidios ganaderos factores subyacentes de mayor importancia (Busch & Vance 2011, Bray & Kleipis 2005, Vester et al. 2007, Turner et al. 2001). En el sur de Yucatán (zona Calakmul) (Figura 5) la presión sobre la tierra viene del aumento de la ocupación, de la milpa de subsistencia y la inversión del cultivo de chile. En el pasado reciente fueron la promoción para la creación de pastizales de manera "espectacular". En esta zona la ocupación y conversión de las selvas no se distribuye de manera uniforme en toda la región de estudio, se enfoca a lo largo de las carreteras de Este-Oeste y de Norte-Sur que cruzan la región, en la zona occidental cerca del lago de Silvituc y por toda la zona que comprende a Quintana Roo. El cultivo

de milpa en las áreas más densamente ocupadas por población (a lo largo de la carretera federal 186) puede degradar las tierras como la invasión y sucesión de *Pteridium aquilinum*, especie que se distribuye en superficies de cultivo sostenido y en los bordes de la Reserva de la Biósfera de Calakmul (Figura 6) (Turner, et al. 2001).



Note: The thick gray line represents the boundaries of the general region of study, comprising about 22,005.6 km².

Figura 5. Sur de la región peninsular. Fuente: Turner et al. (2010).

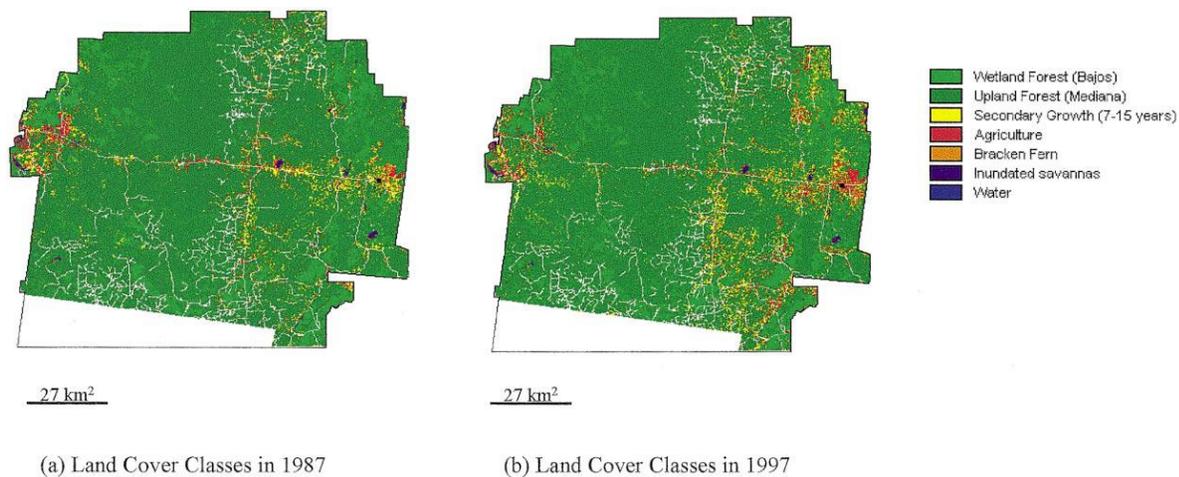


Figura 6. Cambios en la cubierta del suelo 1987-1997. Fuente: Turner et al. (2001).

En esta misma región, Busch y colaboradores desarrollaron un modelado para analizar la decisión de los hogares la conveniencia de iniciar la ganadería y si esta decisión es impulsada por incentivos para la adopción de la misma. Los resultados mostraron que un porcentaje mayor de quienes adoptaron la ganadería, aumenta la posibilidad de adopción para el próximo año hasta que alrededor del 64% de la población la adoptaron, después de lo cual el efecto es negativo. También se encontró que el peligro de adoptar la ganadería se incrementa cuando la precipitación media es mayor, existen incentivos gubernamentales (especialmente dirigidos a ganadería) y mayor la superficie de explotación. También se ha encontrado que aquellas familias que han cultivado por más años chile jalapeño, tienen mayor probabilidad de adoptar la ganadería. Asimismo se encontró evidencia de que los jefes de familia con mayor educación son más propensos a adoptar la ganadería.

Una de las conclusiones del trabajo es que la expansión de la ganadería ha impulsado la deforestación reciente, aun cuando la superficie dedicada a la agricultura ha disminuido. La evidencia señala que esta tendencia continuará. Aquellos hogares que no han adoptado la ganadería mostraron en las encuestas que se encontró un notable interés por adoptarla.

Otro trabajo en esta zona sur basado en entrevistas a hogares de 18 ejidos encontró que entre 1997 y 2003 se está registrando una transición (Radel et al. 2010), por un lado algunos hogares se están retirando del uso de la tierra y de los medios de subsistencia agrosilvopastoriles, otro grupo se está diversificando o intensificando las actividades agrícolas de maíz mezclado con chile y una

proporción de ganado cada vez más comercial, y un pequeño grupo no cultivan ni maíz ni chile para 2003, retirándose de la agricultura o insertándose de manera intensa a la ganadería como una especialización.

Los autores también observaron que de continuar con la migración en la zona, anticipan una fuerte divergencia en las estrategias de vida de los hogares, acompañada de cambios ambientales, muchos hogares continuarán con las actividades de subsistencia con el cultivo de maíz, los cuales tienen una presencia significativa pero continuará disminuyendo. Los hogares rurales minifundistas ajustarán las estrategias agrícolas para incorporarse a las economías mundiales, así se nota que son dos caminos divergentes aparentemente contradictorios, la recuperación de las selvas y la expansión de los pastos para ganado, el retiro de productores agrícolas pudieran observarse como una transición forestal (Radel et al. 2010).

Rueda (2010) realizó también en la región Calakmul un análisis de los cambios en ejidos y los distintos drivers de la deforestación a nivel más regional (1984-1993 y 1993-2000), sus resultados mostraron que durante el primer período las tasas de deforestación fueron de casi el 5% anual y que se relacionó con una fase de experimentación de desarrollo agrícola por parte del gobierno, en el segundo período esta tasa disminuyó a cerca de 0.5% anual (figura 7). En cuanto a los drivers encontró que la región experimentó el crecimiento de la agricultura y ganadería con cultivos como chile jalapeño, en algunos ejidos grandes y antiguos y en ejidos pequeños cercanos a la carretera Escárcega-Chetumal. También se encontró que la deforestación se presentó en algunos ejidos más grandes y antiguos y con mayor población.

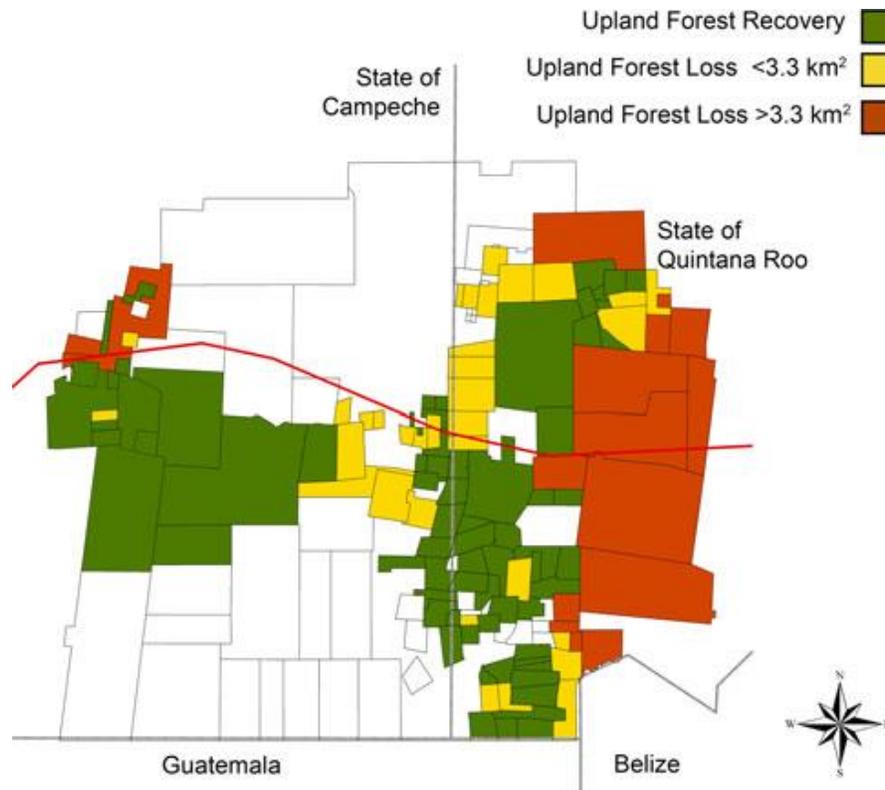


Figura7. Pérdida y recuperación de selva en ejidos del sur de Yucatán en el período 1993-2000.

En la Tesis de Martínez-Romero (2010) denominada “Factores de impacto directos e indirectos que determinaron el proceso complejo de la deforestación a nivel ejidal, en la región Calakmul, Campeche, durante el periodo 1976-2008” señala que la cultura del ganado ovino ha sido fomentada fuertemente desde 1990 hasta el 2005 por el Instituto Nacional Indigenista (INI) financiado a través del Fondo Regional de Xpujil a 70 proyectos para cría de ganado ovino. Por otro lado la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), a través del Programa de Opciones Productivas había financiado entre 2002 y 2005, un promedio de 25 proyectos para la producción ovina. La SAGARPA a través del programa “Procampo Capitaliza” ha fomentado la producción de ganado ovino en diferentes comunidades del municipio de Calakmul. La comercialización de la producción ovina consiste principalmente en la presencia de compradores de la región de Escárcega, que posteriormente comercializan la producción en el centro y norte del país Poot et al. (2006).

La aceptación de dichos apoyos se debió a que los ejidatarios de la región de Calakmul se encontraban en condiciones económicas, políticas y sociales deprimidas, en las que interactuaron

actores estatales y organizaciones no gubernamentales, tomaron control sobre sus tierras con la reforma del artículo 27 constitucional y fueron objetivo de políticas públicas orientadas al desarrollo social como Pronasol (Programa Nacional de Solidaridad) y Progresá-Oportunidades (Ericson et al. 1999, Vadillo 2000). A partir del tratado de libre comercio se implementaron programas agropecuarios como PROCAMPO, ASERCA, Alianza para el Campo y PROGAN (Programa de Producción Pecuaria Sustentable y de Ordenamiento Ganadero y Apícola). Los ejidatarios multiplicaron sus estrategias de sobrevivencia a través de actividades como la ganadería caprina y ovina, la apicultura, tiendas rurales y con trabajo no agrícola (Stedman-Edwards 1997, Vadillo 2000). Además la CONAFOR y PROCYMAF han fomentado la extracción de madera regulada en los ejidos de Nuevo Becal, Nueva Vida y Álvaro Obregón, por otra parte la CONAFOR ha apoyado con plantas para plantaciones forestales a los ejidos de Nueva vida, Nuevo conhuas y Álvaro Obregón (Poot et al. 2006).

2.2 Quintana Roo

Los procesos de deforestación en el estado de Quintana Roo han sido menores que las se describen para Campeche que destaca entre los estados con mayor deforestación (#7) en el país (Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010). Para Quintana Roo se reportan 11,300 ha/año de pérdida neta de cobertura forestal (1993-2002), a lo que equivale una tasa entre 0.3 y 0.4% para ese periodo, la mitad de lo que se ha calculado para Campeche y el estado de Yucatán (Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010). Para el periodo del 2002-2007 se reporta en base a datos Vegetación y Uso de Suelo de INEGI una tasa de -0.58% (CCMSS 2013), sin embargo, como se menciona al inicio del informe, los cálculos de deforestación con estos datos presentan mucha incertidumbre y errores por su interpretación y clasificación heterogéneas como la escala de estos datos. Dentro del estado, los estudios sobre el cambio de cobertura y uso de suelo revelan regiones con problemáticas de deforestación como también regiones con buena conservación de cobertura forestal. La Figura 8 muestra la representación geográfica de los procesos de deforestación que se describen en el estado de Quintana Roo y las causas directas e indirectas identificadas en las publicaciones revisadas mediante la investigación bibliográfica.

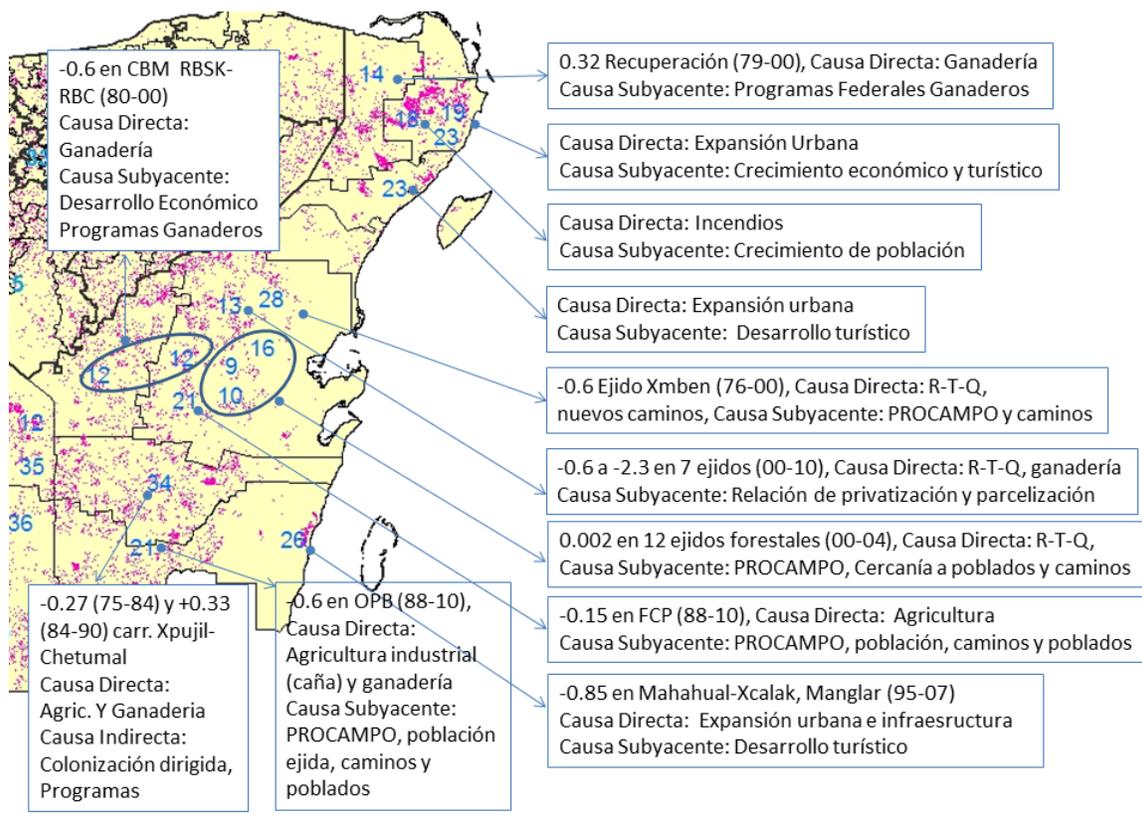


Figura 8. Representación de los procesos y determinantes de deforestación en Quintana Roo basado en la revisión bibliográfica

En el estado de Quintana Roo son diversas las actividades productivas que impactado a la cobertura forestal. Considerando el desarrollo turístico, a principios de la década de 1970, el gobierno mexicano decidió impulsar el desarrollo de Cancún como polo turístico, desde su planificación y lanzamiento como uno de los principales destinos turísticos del Caribe, las costas del norte del estado han sufrido un proceso de pérdida de dunas costeras, manglares, selvas y biodiversidad en general. La construcción de infraestructura, como hoteles, restaurantes, centros comerciales, y el mismo desarrollo urbano para la población que provee los servicios turísticos, han tenido un impacto negativo en los ecosistemas forestales del estado.

Sorprendentemente, se carecen de estudios que hayan cuantificado el proceso de deforestación en la región turística del noreste del estado, sin embargo esta deforestación se documenta por Torres & Momsen (2005) y Murray (2007). Estos autores describen como la expansión urbana ,

el crecimiento poblacional, como el crecimiento de áreas agrícolas aledañas a áreas urbanas se deben al crecimiento económico turístico de la región. De manera asociada, el crecimiento urbano en el norte del estado ha modificado el paisaje y provocado la pérdida del hábitat original por la apertura de caminos y el establecimiento de los núcleos de población para las personas que han encontrado en los centros turísticos una fuente de empleo (Calmé et al., 2011). Este proceso está ahora llegando al sur de la entidad, en la Costa Maya, donde el desarrollo aún es incipiente (Calmé et al. 2011). En la zona de Mahahual-Xcalak se ha documentado una tasa de deforestación, mayormente manglares, de -0.85% ; la causa directa siendo expansión urbana y de infraestructura impulsada por el desarrollo turístico Hirales-Cota et al. (2010). Aunado a los cambios producidos en el uso del suelo y sus consecuencias, la actividad turística ha tenido un impacto importante en la dinámica de la población rural (particularmente maya), al fomentar la migración hacia los centros urbanos lo que ha dejado entre otros efectos, el abandono de tierras (Calmé et al. 2011).

En Quintana Roo los impactos en la cobertura forestal por huracanes e incendios son notables. Los fenómenos naturales han tenido un impacto directo y negativo sobre los ecosistemas forestales del estado (Mascorro et al. 2014), en particular y más recientemente Gilberto (1988), Wilma (2005) y Dean (2007) (Mascorro et al. 2014). El frecuente impacto de huracanes amenaza al sector forestal, por el impacto directo al arbolado y porque después de un huracán aumenta la biomasa de material vegetal muerto y altamente combustible, con altos riesgos de incendios forestales, asimismo, el bosque afectado por un huracán muchas veces se concibe como sistema improductivo, lo que aumenta los riesgos de cambio de uso de suelo (Calmé et al., 2011). Mascorro et al. (2014) describe los impactos de incendios y huracanes como un a causa de “deforestación” o pérdida de cobertura forestal muy importante en la Península Yucatán. Desafortunadamente, además de los daños directos, a veces se ha aprovechado para acelerar el cambio de uso de suelo en las zonas afectadas, incluso se han llegado a provocar incendios y a destruir dunas, manglares y zonas de selva baja para reportarlas como “afectadas e improductivas” (Calmé et al., 2011), estos procesos se observan mayormente en las zonas turísticas del Noreste que rodean las áreas urbanas de Cancún y Playa del Carmen.

La relación entre los impactos naturales y antropogénicos en las dinámicas de deforestación y cobertura forestal se describen más puntualmente en la región Norte del estado del Municipio Lazaro Cardenas, donde reportan una tasa de recuperación forestal de 0.32% (1979-2000) en áreas que previamente fueron quemadas (deforestadas, resaltando con ello a los incendios como agentes de cambio de cobertura forestal)(Dupuy et al. 2007). A la vez, se observan los procesos

de deforestación humana que se presentó en los primeros 6 km alrededor de las localidades, incluso en caminos dentro del Área de Protección Yum Balam, mientras la regeneración de selvas se encontró en sitios más distantes de localidades (entre 7 y 12 km). Por otro lado, mediante las encuestas encontraron que la deforestación de hasta 2,400 ha entre 1968 y 1972 se debió al fomento a la ganadería por los créditos otorgados a las sociedades ganaderas formadas en ambas comunidades. En los 80's las sociedades se disolvieron por el endeudamiento con las fuentes financieras, con lo cual se registró una regeneración de selvas catalogándolo como una “transición de selvas” (Dupuy et al. 2007).

En base a la literatura se observa que Las políticas de desarrollo agropecuario han sido encaminadas a fomentar la ganadería en las zonas sur y centro del estado, sin embargo hasta el momento esta actividad no ha tenido los resultados deseados. Las amenazas a la biodiversidad ligadas a la ganadería extensiva son directas, ya que se eliminan áreas de selva para convertirlas en potreros, causando una pérdida del hábitat. En la región de la ribera del Río Hondo del sur de Quintan Roo, la caña de azúcar representa una causa directa sustantivo ocupando una superficie de más de 30,000 ha y, debido a ello, la continuidad de la vegetación natural se pierde casi por completo en una franja que mide en promedio 12 km de ancho por 45 de largo (Calmé et al., 2011). En Quintana Roo, la agricultura de roza, tumba y quema, practicada en la mayoría de los ejidos, no representa una amenaza directa a la biodiversidad, ya que los mosaicos de milpas asociados a parches de vegetación favorecen el mantenimiento de los procesos ecológicos y la conservación de la mayoría de las especies de flora y fauna (Calmé et al., 2011).

En el centro de Quintana Roo, los procesos de deforestación han sido menores en parte por la presencia de suelos muy inadecuados para la agricultura comercial y por otra parte por una importante presencia de la actividad forestal en esta región, conocida también como la Zona Maya. De acuerdo con Bray y Klepeis (2005) las causas próximas a la deforestación están asociadas a las dinámicas de expansión de la agricultura y la ganadería. Para esta región, Bray et al. Reporta una tasa de deforestación de -0.4% entre 1976 y 1984 y -0.1% entre 1984 y 2000. Esta reducción en la tasa de deforestación en la Zona Maya se atribuye en parte a que los ejidos de esta zona han tenido un uso de suelo forestal mediante el impulso del Plan Piloto forestal de 1983, lo que ha propiciado un mantenimiento en la cobertura forestal. Como se puede observar en la Figura 5, la mayoría de estudios en Quintana Roo se realizan en esta región del estado. Además del estudio de Bray et al. (2004), se actualiza esta investigación en una región de 12 ejidos de la Zona Maya, incluyendo los principales comunidades forestales del estado (Ellis & Porter 2008); los resultados indicando una tasa nula de deforestación (-0.002%) (Figura 9). Sus resultados

mostraron que los factores socioeconómicos relacionados con la deforestación son una mayor cantidad de población en el ejido y tamaño del ejido. Más aún la deforestación se asocia con factores ambientales como mejores suelos en zonas aledañas a selvas bajas inundables o humedales. Por el otro lado, se asocia la presencia y tamaño de áreas permanentes forestales como la producción forestal con la baja probabilidad de deforestación en la Zona Maya (Bray et al. 2004 y Ellis y Porter 2008). Las bajas tasas de deforestación en el centro del estado están corroborados por el estudio de Romero-Montero (2014) que reporte una tasa de -0.15% en los ejidos del municipio Felipe Carrillo Puerto

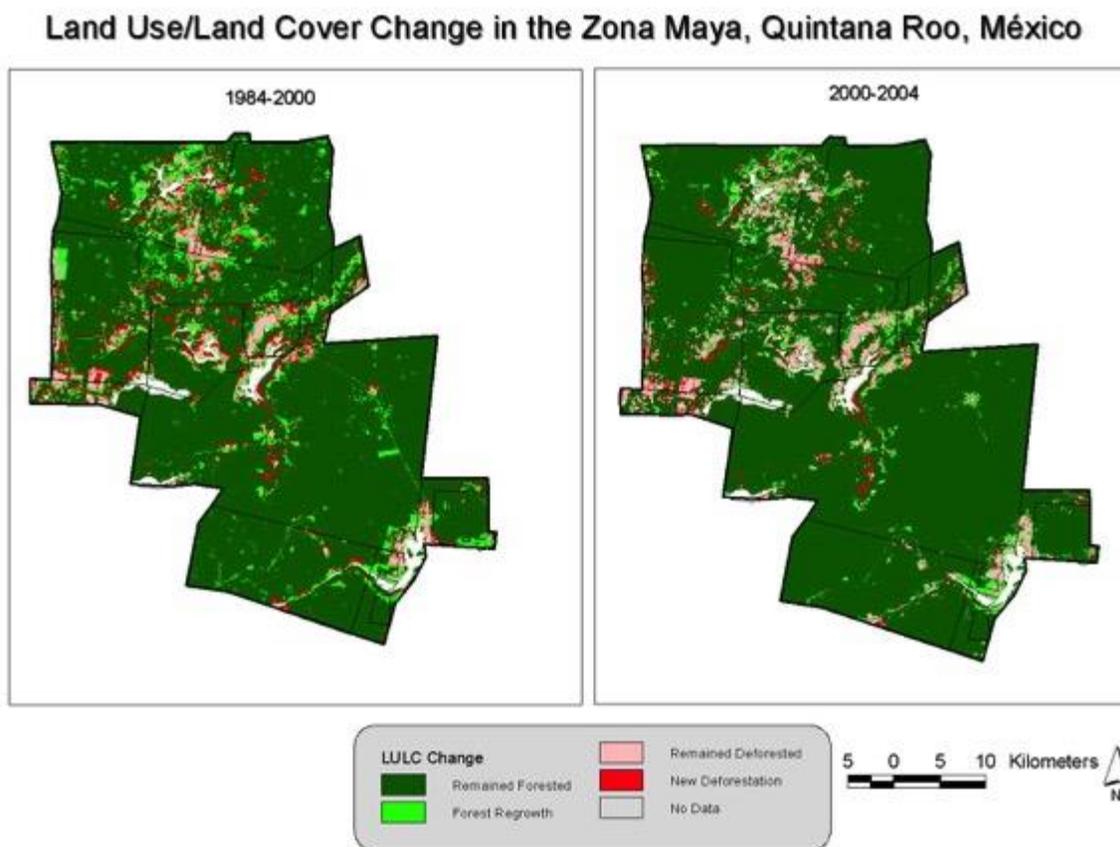


Figura 9. Cambios en la cobertura y uso de suelo en la zona maya, Quintana Roo, México para los periodos 1986-1984 y 1984-2000. Fuente: Ellis & Porter 2008.

Otros estudios en el centro del estado se han concentrado en la influencia de factores institucionales en los proceso de deforestación, como es la tenencia de la tierra,. Digiano et al.

(2013) encontraron en ejidos del estado de Quintana Roo que el proceso de privatización puede estar relacionado con un incremento en la conversión de selvas a otros usos de suelo (período 2000-2010). También se encontró que los ejidos con propiedad colectiva y pequeñas áreas con derechos individuales han experimentado menos deforestación comparado con aquellos ejidos con la superficie total o parcialmente parcelizada (figura 10). La privatización aunque informal, ha proporcionado nuevas oportunidades para una mayor inversión de capital en las explotaciones individuales y una diversificación productiva que incluye ganadería, hortalizas y agroforestería. En ejidos más privatizados tuvieron mayor deforestación, mientras en los ejidos con más propiedad colectiva pueden ser más eficaces en la conservación de las áreas de selva.

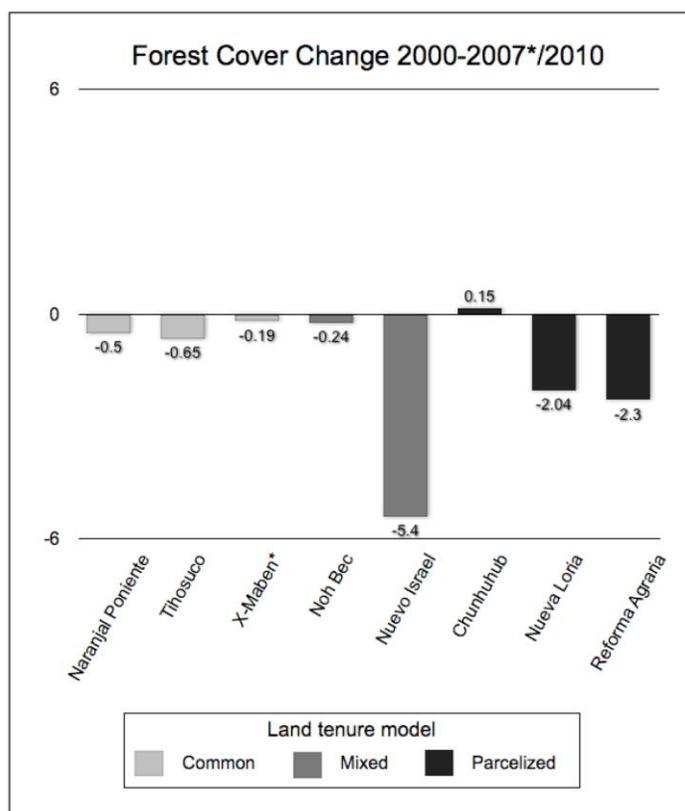


Figura10. Tasa de cambio en la cobertura forestal para el período 2000-2010 desplegado por ejido y de acuerdo al tipo de derechos sobre la tierra en ejidos del estado de Quintana roo, México. Fuente: Digiano (2011).

El centro y sur del estado de Quintana Roo se distinguen por su importancia como zonas de corredor biológico y áreas de amortiguamiento entre dos ANPs notables del país, las reservas de la biósfera de Sian Kaan y Calakmul. En el artículo escrito por Diaz-Gallegos, J., et al. (2008)

denominado Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, se realizó un análisis de comparación de usos del suelo elaboradas por INEGI y el Instituto de Geografía de la UNAM, ambas cartografías a 1:250000 del 2000, encontrando que para la región sur de la PY la afectación de la deforestación entre 1980 y 2000 se debió a un uso de suelo agrícola y ganadero abarcando un 7% de la superficie de la región, encontrando mayor afectación de cambio de uso de suelo a potreros (pastizales) en los municipios de José María Morelos y Bacalar en Quintana Roo, Peto y Chemax en Yucatán y Hopelchen y Calakmul en Campeche; y de uso agrícola, en los municipios de Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos en Quintana Roo y Hopelchen en Campeche (Figura 11).

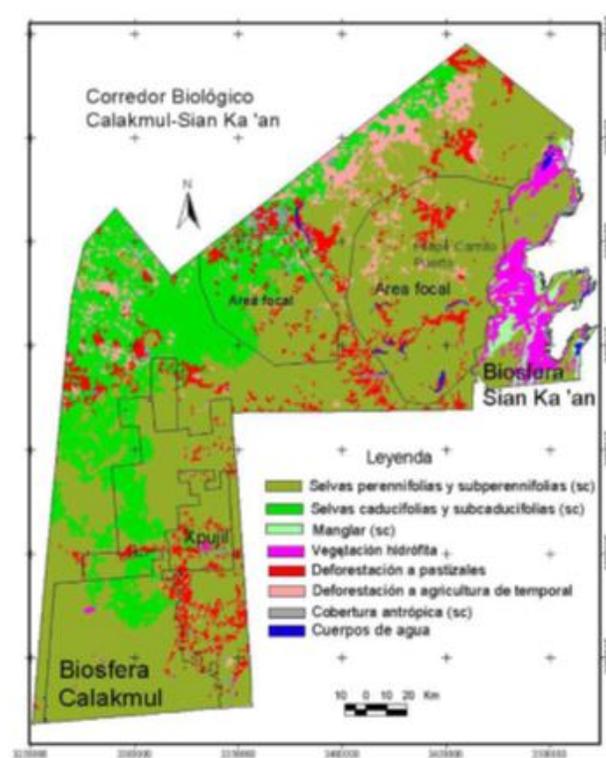


Figura 11. Mapa de procesos de cambios registrados en el corredor biológico Calakmul-Sian Ka'an, para el periodo 1980-2000. Sc: coberturas sin cambios en el periodo.

Romero-Montero (2014) realizó un análisis de cambio de uso de suelo y cobertura forestal en ejidos de cuatro municipios del centro y sur de Quintana roo y la parte este de Campeche, región que destaca por su alta importancia para la conservación de la biodiversidad debido a las grandes superficies de ecosistemas forestales en la región. Romero-Montero (2014) encontró que continúa la deforestación en la mayoría de los ejidos analizados de esta región de la Selva Maya, únicamente

la media de los ejidos de Hopelchen, Campeche mostró tasas de cambio positivas muy asociadas al abandono de las áreas de cultivo para desempeñarse en otras actividades en las ciudades cercanas. Indicando el abandono de usos agropecuarios en terrenos ejidales y procesos de deforestación representados mayormente en propiedad privada.

Los resultados mostraron que el aumento en la tasa de crecimiento poblacional puede tener efectos negativos en la cobertura forestal, asimismo se encontró que a menor distancia a localidades y vías de comunicación la probabilidad de deforestación es mayor. En los factores institucionales se encontró que ejidos con dotaciones más recientes y una mayor superficie parcelada pueden tener mayor deforestación, asimismo cuando los ejidos presentan mayor número de ejidatarios, vecindados y posesionarios tienen mayor probabilidad de deforestación. En cuanto a programas Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) mostró influencias tanto positivas como negativas, mientras el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales (PROCYMAF) mostró reducir la superficie deforestada, especialmente en ejidos pequeños en superficie.

2.3 Yucatán

Los estudios y cifras que se han generado sobre la deforestación en el estado de Yucatán sin duda son menores de las que se observan para los estados de Campeche y Quintanan Roo. Sin embargo, Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez (2010) reportan un mayor proceso de deforestación dentro de la región norte de la PY, lo que abarca mayormente el estado de Yucatán. Dicho estado supera Campeche en pérdida de cobertura forestal histórica, con una tasa anual de -0.8% entre el 1993 y 2002, y destaca teniendo el sexto lugar a nivel nacional entre los estados con mayor deforestación. La Figura 12 muestra la representación geográfica de los procesos de deforestación que se describen en las publicaciones que corresponden al estado de Yucatán, más aún se presentan las causas directas e indirectas identificadas en estas publicaciones.

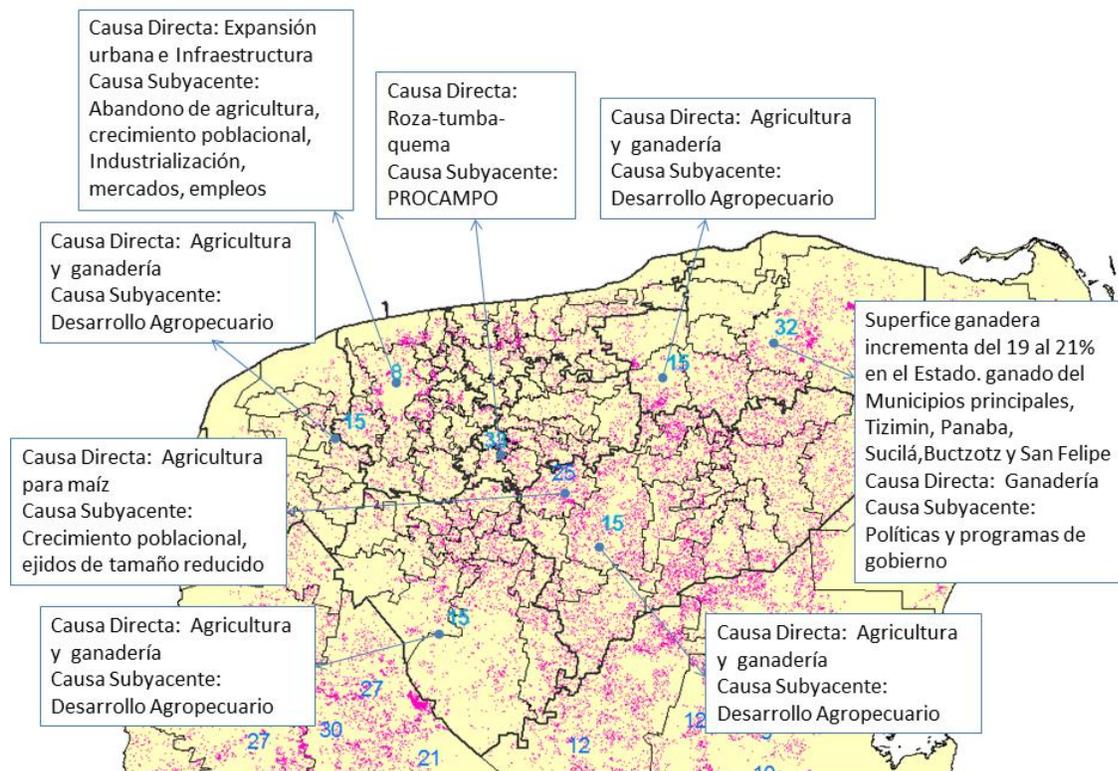


Figura 12. Representación de los procesos y determinantes de deforestación en Yucatán basado en la revisión bibliográfica

En Yucatán en los últimos años se han realizado ejercicios de planeación y organización del territorio estatal a diferentes escalas, las cuales han generado información importante sobre las actuales tendencias en relación al estado de los ecosistemas y grupos de especies. La información generada hasta la fecha advierte que el mayor impacto global por su alcance territorial es la deforestación originada por la ganadería y la agricultura. En el estado se registra una disminución de la cobertura vegetal derivada del cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, por ejemplo en el período 1976-2000 (24 años) la superficie cultivada se incrementó casi 100%, lo cual implicó el desmonte de grandes extensiones de selvas para dedicarlas a la ganadería extensiva y la agricultura de roza, tumba y quema. Se sabe, no obstante, que la ganadería en el oriente del estado presenta varios problemas debido a lo inapropiado de los suelos para tal fin (Andrade, 2010).

En los últimos 24 años, Yucatán ha perdido aproximadamente el 30% de su cobertura vegetal y solo el 15.3% tiene un estatus de protección, los bosques secos se han restringido a pequeños parches. La duna costera registra una reducción de al menos 7% de su cobertura en esos años, causada por las plantaciones de cocales, posteriormente desarrollo urbano y la infraestructura portuaria. En la zona costera la inmigración es el hecho demográfico más notable, reflejado en los cambios drásticos de uso del suelo. En la entidad las áreas con mayor impacto se ubican alrededor de Mérida y el oriente del estado (Andrade, 2010).

Como se menciona arriba, para el estado de Yucatán son escasos los estudios que hayan analizado las causas directas o subyacentes del cambio en la cobertura vegetal, uno de estos estudios fue desarrollado por Youngsinn y Colaboradores (1999) en el municipio de Sotuta, Yucatán, situado en el corazón de la región de maíz de dicho estado. Los resultados de este estudio sugieren que los claros amplios y masivos de este municipio en la cobertura forestal se produjeron a finales de 1970, intensificándose en los últimos 10 años (1995). Se encontró que las selvas en sucesión o selvas secundarias maduras se encuentran dentro de reservas forestales y ranchos privados, con una fragmentación grave. En todas las tierras se cultiva de manera intensiva la agricultura (Figura 13).

El declive de las selvas es de preocupación para milperos, así como a otras partes interesadas, ya que implica la pérdida de recursos importantes. Las agencias de desarrollo del gobierno mexicano tienden a considerar la agricultura migratoria tradicional como la actividad más ecológicamente destructiva. Por otro lado, muchos argumentan que la agricultura migratoria no es por definición, enemiga de las tierras forestales en sí mismo y consideran que los proyectos de desarrollo agrícola (iniciados por las agencias de desarrollo gubernamentales) fomentan insumos agrícolas modernos, el desarrollo de los pastos para el ganado, y las operaciones de tala comercial sin tener en cuenta las limitaciones medioambientales y la sostenibilidad como las mayores causas de destrucción de grandes extensiones de bosque en el estado de Yucatán.



(a)



(b)



Figura 13. (a) Estado de Revegetación y uso de suelo agrícola en Sotuta, Yucatán, 1985. (b) Estado de Revegetación y uso de suelo agrícola en Sotuta, Yucatán, 1995. Fuente: Youngsinn et al. (1999).

IV. Validación en Campo

1. Métodos

Con base en de una imagen de satélite LANDSAT 8 del 2014 y una clasificación no supervisada de áreas sin cobertura forestal se localizaron las áreas deforestadas para validar y muestrear en campo los patrones y procesos de deforestación en la región. Para este propósito se hicieron 13 polígonos de 80 x 80 km que fueron distribuidos sobre áreas con deforestación de manera que se pudiera cubrir una superficie representativa de la PY, cumpliendo con ello el objetivo de abarcar un muestreo que pudiera registrar los cambios en el uso de suelo, particularmente en los años recientes.

Dentro de cada polígono de muestreo mediante el programa Arcmap 9.2 y su herramienta Randon point se sacaron 40 puntos aleatorios con la condición que estos estuviesen localizados en zonas clalsificadas sin cobertura arbórea, esto significa que los puntos solo se ubicaron en zonas de agricultura, potreros, pastos, cítricos, cultivos mecanizados, excluyendo las zonas con polígonos de conservación (ANP´s, PSAH y similares) después de tenerlos 40 puntos se elaboraron mapas sencillos con el polígono de los ejidos y las vías de transporte en formato geopdf (documento en pdf georeferenciado), con la finalidad de cargarlos en una aplicación (pdf maps de android) y poder ubicarlos en los polígonos de los recorridos de campo. Hay que mencionar que el muestreo se concentró en áreas rurales y en usos de suelo agropecuarios, y la representación de puntos de muestreo en sitios deforestados por expansión urbana o incendios forestales son escasos.

Las actividades realizadas en cada sitio de muestreo localizado en campo son las siguientes:

1. Localización. Empleando GPS con coordenadas en Universal Transversa de Mercator, zona 15 o 16 norte, dependiendo de la región.
2. Evidencias. Tales como:
 - Uso de suelo y cobertura
 - Rastrojo o esquilmo de maíz
 - Pasto mejorado o nativo
 - Tocón (grosor y color) para estimar el tiempo aproximado de la quema y la probable edad del acahual o selva madura
 - Carbón existente (para estimar si fue reciente la quema o ya tiene varios años)
3. Fotografía. Por sitio se tomaron dos fotografías como evidencia del sitio.

4. Tenencia. Con la cartografía que se llevaba en Tablet se iba verificando el tipo de tenencia.
5. Zonas colindantes. Se anotó si ese uso encontrado era dominante o solo estaba inmerso dentro de algún otro uso predominante.
6. Entrevista. Cuando fue posible encontrar a alguien en el sitio consultar los antecedentes del sitio y si tenía algún programa de apoyo a esa actividad.

Anexo a este documento se integran un par de archivos de los puntos de campo y de las áreas de muestreo en formato shapefile, asimismo se integra un archivo fotográfico de dichos sitios.

El archivo de los puntos de campo contiene las siguientes columnas:

- Waypoint. Este es el número consecutivo de cada punto tomado.
- Antecedente. Se hace una breve descripción del sitio resaltando el uso actual, evidencias de antecedentes (quema y/o cultivo anterior, edad aproximada de la quema).
- Tenencia. Donde fue posible contar con la información, se señaló el tipo de tenencia del sitio muestreado.
- Uso actual. Para fines de análisis y simbolización se colocó el uso actual.

En el caso del archivo fotográfico se anexaron dos fotografías por cada sitio, la numeración de dichas imágenes corresponde con el waypoint del shapefile de puntos de campo, a una de las fotografías se les señaló como a/b/c/d.

Por razones operativas se distribuyeron de la siguiente manera las fechas de salida de campo y polígonos muestreados durante el estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de polígonos y sitios de muestreo indicando el número de puntos de validación colectados.

Fecha	Polígonos muestreados	Puntos colectados
7 - 18 diciembre 2014	1 - 3	114
24 enero - 3 febrero 2015	4 - 8	205
17 - 26 abril 2015	9 - 13	201
Total	13	520

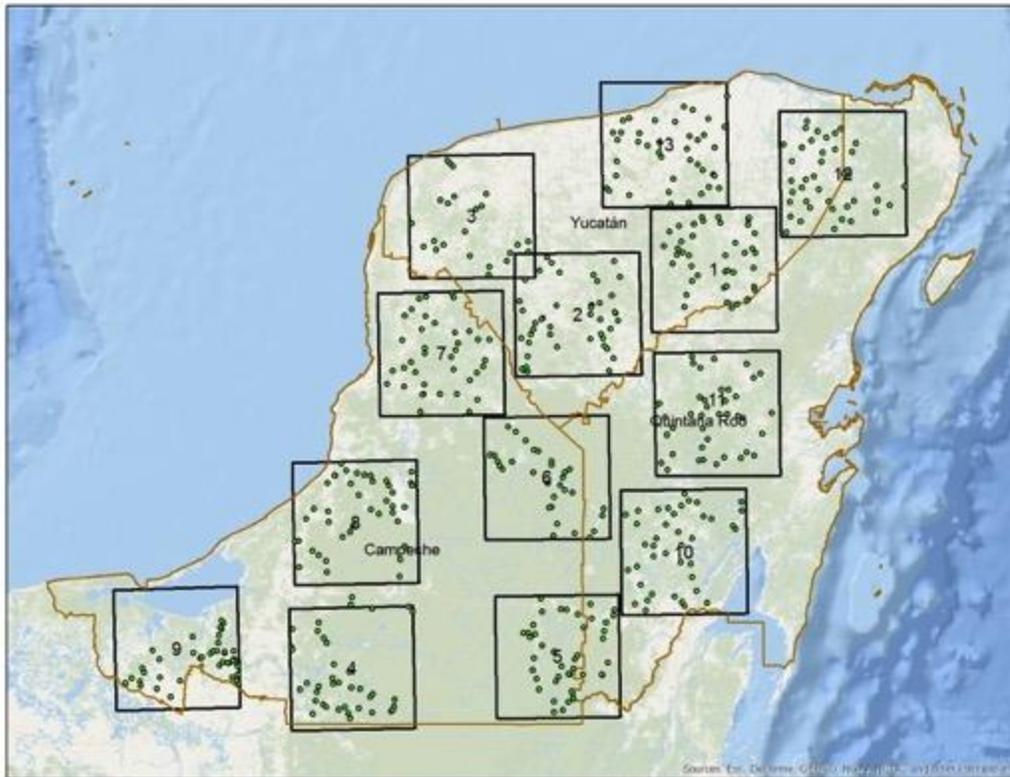


Figura 14. Mapa de localización de polígonos y sitios de muestreo de campo.

2. Resultados: Descripción de Deforestación Actual en Campo

En la Figura 15 se resume los usos de suelo actual representados por el total de puntos muestreados en campo en la PY. De un total de 520 puntos casi la mitad (47%) de ellos (240) representa sitios deforestados con uso de suelo de potrero para la actividad ganadera. El cultivo de maíz para venta y autoconsumo ocupa el segundo lugar en cuanto frecuencia de sitios deforestados ocupando un 21% de los puntos. El cultivo de maíz en sistemas de milpa con mayor diversidad y mayormente para subsistencia se registra en un 9% de los puntos muestreados y la agricultura mecanizada para cultivos de maíz, sorgo y soya principalmente se registran en un 8.5% de los puntos. La Figura 16 resume la distribución de usos de suelo muestreados en campo por estado. La predominancia de superficie deforestada para potrero se observa en Campeche, seguido por Yucatán y la menor representación de potreros en Quintana Roo. Es notable, también, la mayor presencia de áreas deforestadas para la milpa tradicional de autoconsumo en Quintana Roo. La mayoría de puntos con agricultura mecanizada se registran en Quintana Roo y Campeche, donde se observa una mayor proporción en el estado de Quintana Roo. En contraste la mayoría de registros de zonas deforestadas para cultivos de maíz con propósito de comercialización se observan mayormente en Campeche y Yucatán.

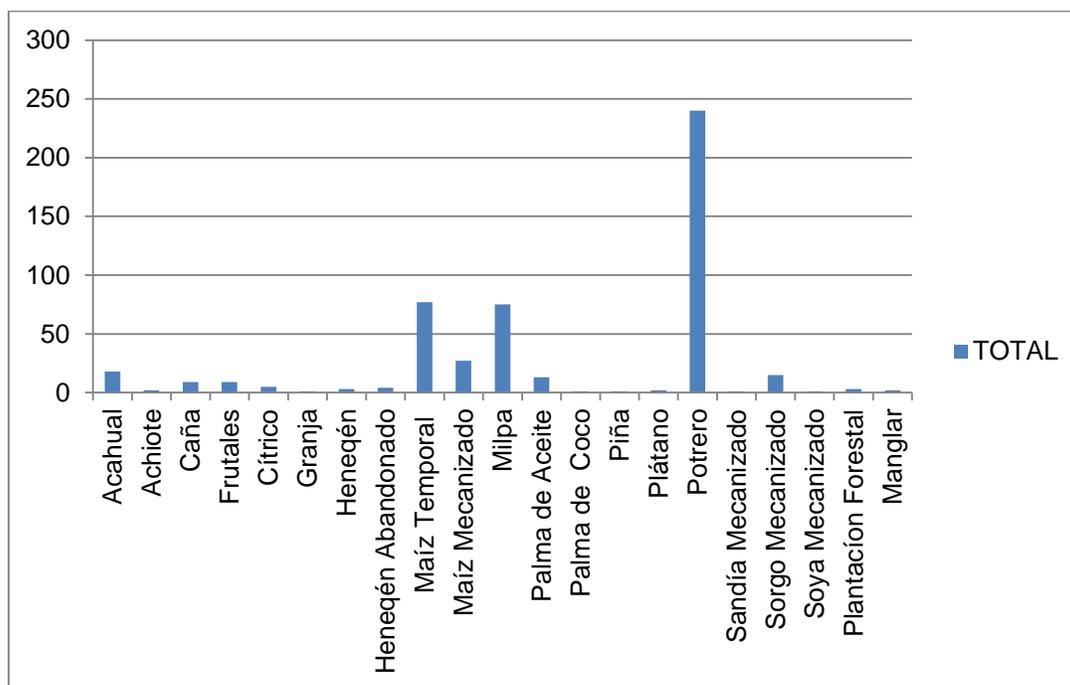


Figura 15. Frecuencia de usos de suelo actual registrado en la PY.

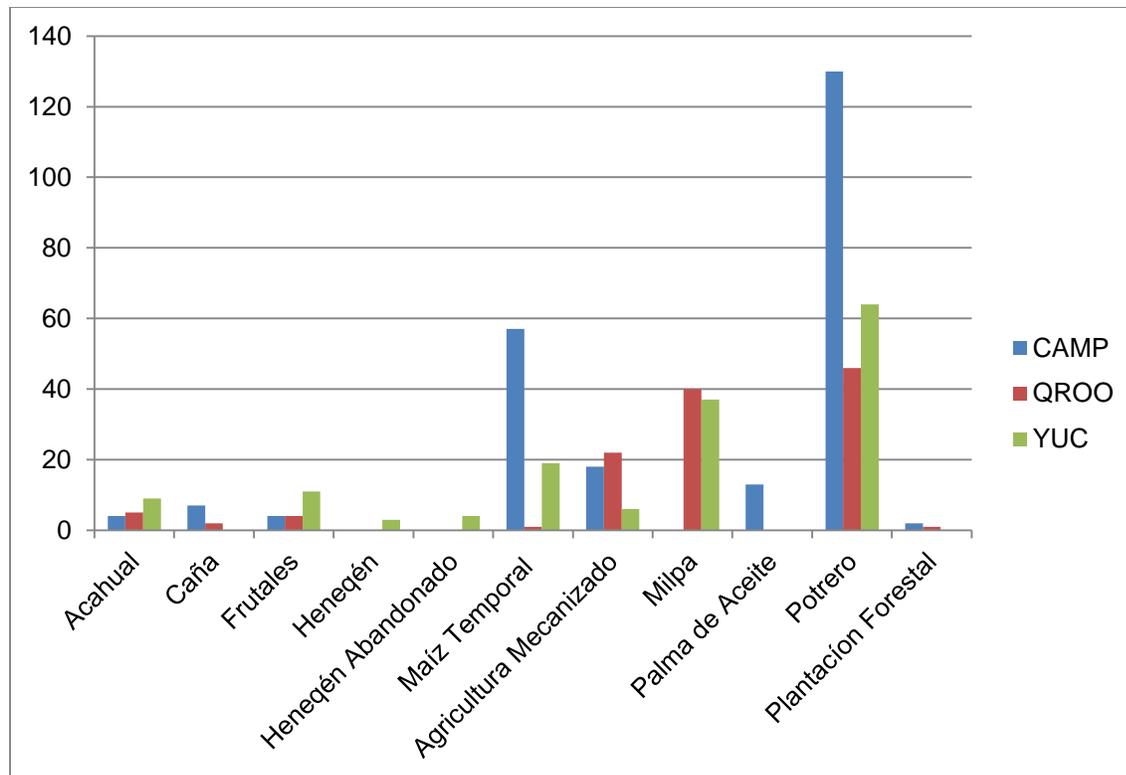


Figura 15. Frecuencia de usos de suelo actual registrado en la PY por estado.

Los resultados de las causas de deforestación indetificados en los polígonos muestreados e indicando su ubicación por estado y municipios, se resume en la Tabla 3. Campeche, claramente tiene una mayor presencia de agricultura mecanizada y potreros, comparado a Quintana Roo con mayor presencia de agricultura de milpa, mayormente para subsistencia, con excepción de la región sur con alta presencia de potreros y agricultura mecanizada principalmente para caña. En Campeche se reporta una reconversión considerable de áreas de potreros, mayormente para aceite de palma. En el estado de Yucatán, se observa una gran presencia de potrero y en el sur del estado también se registra la presencia de agricultura mecanizada y producción citrícola. Sin embargo, a la vez, se observa una mayor presencia de agricultura abandonada. Seguido, se detalla los procesos de deforestación que se validaron en cada polígono de muestreo.

Tabla 3. Resumen de las causas directas de deforestación dentro de los polígonos muestreados para la validación de campo.

Polígono	Municipios/Regiones	Usos de suelo/Causas Directas	Factores Subyacentes
7: Norte los Chenes, Campeche	Calkiní, Hecelchackán, Tenabo, Campeche, Hopelchpen	Maíz, Potrero, Sorgo mecanizado (Hop), Plant. For. (Ten)	Programas, PROCAMPO y PROGAN
6: Sur los Chenes, Campeche	Hopelchén	Sorgo y maíz mecanizado (menonitas), Potreros (ejidos)	PROCAMPO, PROGAN, Renta y venta de tierras
8: Champotón, Campeche	Champotón, Escarcega	Caña (ejidos), potrero (privado), sorgo y maíz mecanizado (menonitas)	PROCAMPO, PROGAN, Renta y venta de tierras
5: Calakmul, Campeche	Calakmul	Maíz, potreros (remontados)	Migración NCPE, PROCAMPO
4. Sur, Campeche	Candelaria, Escarcega	Potreros, maíz (reconversión de potreros a palma de aceite)	PROGAN, PROCAMPO,
9. Oeste, Campeche	Carmen, Palizada	Potreros (reconversión de potreros a palma de aceite)	Col. 70s y 80s, PROCAMPO
12: Norte, Quintana Roo/Yucatán	Lázaro Cardenas/ Tizimín, Chemaz	Potreros, maíz mecanizado, maíz de milpa, incendios	PROCAMPO
11: Centro, Quintana Roo	Felipe Carrillo Puerto	Milpa maya, potreros	PROCAMPO
10: Sur, Quintana Roo	Bacalar, Othon P. Blanco	Maíz de milpa, potreros, sorgo mecanizado (menonita), caña,	PROCAMPO, Créditos
3: Noroeste, Yucatán	Regiones Poniente y Noroeste	Agricultura abandonada, pocos potreros	Sin deforestación
13: Norte, Yucatán	Regiones Noreste, Litoral Centro, Centro	Potreros	PROCAMPO, PROGAN
1: Este, Yucatán	Región Oriente	Maíz, milpa maya	PROCAMPO
2: Sur, Yucatán	Región Sur	Corredor crítico (privada), maíz, soya y sorgo mecanizada, reconversión a achiote	Programa Peso a Peso, PROCAMPO

2.1 Campeche

Polígono7: Norte de los Chenes (Calkiní, Hecelchakán, Tenabo, Campeche, Hopelchen)

Esta área abarca el norte del estado de Campeche. En el paisaje fragmentado de esta zona se puede apreciar una predominancia en agricultura de autoconsumo. Es una zona con predominancia de selvas bajas, siendo el cultivo dominante en la zona el del maíz el cual se cultiva hasta 2 años en pequeñas parcelas para luego abandonarse en un ciclo de 5 a 10 años lo que se denomina localmente como barbecho (descanso del sitio para acahual). El 60% de los puntos fueron representados por cultivos de maíz, seguido por potreros con un 16%. La agricultura mecanizada corresponde a un 8% y los demás en otros usos como frutales. Los ejidatarios de la zona tienen que hacer estas rotaciones debido a la poca productividad de maíz que el terreno les da. En esta zona muy pocos productores asocian el cultivo de maíz con calabaza, chile o frijol, siendo predominante el monocultivo, además se pudo observar que algunas de las zonas henequeneras que existieron en esta región en colindancia con el estado de Yucatán ahora están abandonadas y siendo utilizadas para pastos y ganado en grandes extensiones.

Es importante mencionar que en el trayecto (China, Tenabo, Pomuch hasta Calkini) se pudo observar y platicar con algunos ejidatarios-productores de carbón, estos comentaron que reconocían que su actividad es ilegal, sin embargo ellos han solicitado que se revise la legislación debido a que su extracción de madera para carbón es de tipo tala selectiva de ciertas especies que abundan en la zona y que tienen una rápida recuperación en los ecosistemas de selva baja.



Figura 17. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el norte de Los Chenes.



Figura18. Cultivo de maíz en el ejido Chunchintoc, Campeche.



Figura 19. Cultivo de maíz al sur del ejido Dzibalchén, Campeche.

En general la dinámica de los procesos de deforestación observada en este polígono se puede describir como tala de selvas bajas para cultivo de maíz por dos años en pequeñas parcelas y dejarlas descansar entre 2-5 años a que se vuelvan acahuals jóvenes para así nuevamente convertirlos a maíz mediante la roza-tumba-quema (Figura 20). Anteriormente del cultivo de maíz hubo un auge de henequén siendo estos y otros terrenos utilizados para el cultivo de dicha especie. Actualmente un ejidatario nos comentó que la mayoría de los terrenos y haciendas que fueron utilizadas para el henequén han sido abandonadas (muchas de ellas se observar remontadas con acahuals de más de 10 años) y otras son ahora utilizadas como potreros en grandes extensiones. También se comentó de una reconversión de zonas henequeneros y maizales abandonados a potreros con el programa PROCAMPO que continúa dando apoyos aun cuando cambien el destino del terreno a potrero y que este apoyo puede ser heredado a sus hijos o si no tienen familiar que se quede con él, este en automático se pierde (Figura 20).

En la zona costera con predominancia de selvas bajas existen familias que se dedican a la actividad carbonera, estas talan especies de árboles que abundan en la región para convertirlas en carbón

insitu, mencionando que dicha actividad es más redituable que si migran hacia Mérida o se dedican a la albañilería.

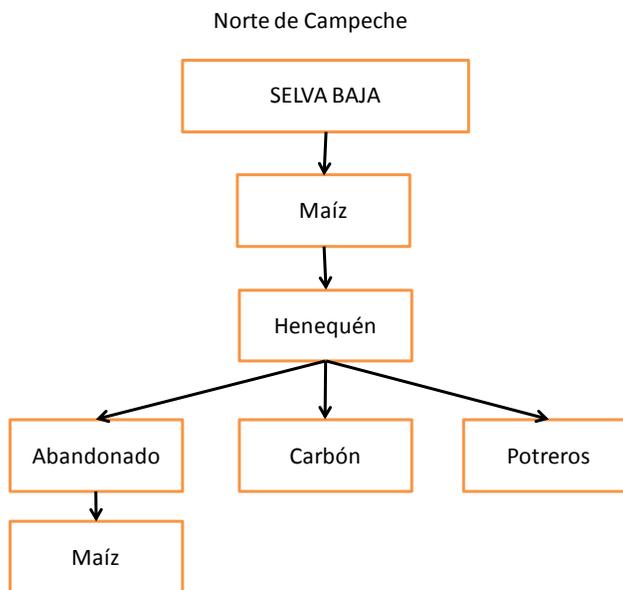


Figura 20. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 7

La tenencia de la tierra en esta zona mayormente es propiedad privada principalmente en las cercanías de la costa y más predominancia en propiedad ejidal hacia el sur este del polígono. Las zonas que se encontraron con frentes de deforestación o tumba de acahuales en pequeñas superficies son para algún cultivo (Maíz) y principalmente la zona de carboneros en la costa.

Al sureste del polígono se han asentado comunidades menonitas las cuales tienen grandes extensiones de terreno con uso (carbón, agrícola y urbano). Este es un caso especial debido a que estas colonias compran y rentan terrenos ejidales con suelos rojos y con muy poca pendiente las cuales primero deforestan para sacar carbón para después utilizar estos terrenos para uso agrícola mecanizado (Maíz, Sorgo, Sandía, Soya) y algunas superficies para uso urbano (Figura 21). Algunos ejidatarios mencionaron que dichas colonias también reciben apoyos del gobierno como PROCAMPO.

SELVA MEDIANA

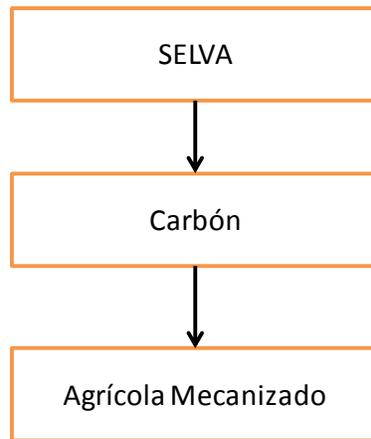


Figura 21. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 7 (Menonitas)

Polígono 6: Sur de los Chenes (Hopelchen)

Esta área abarca el noreste del estado de Campeche. Este paisaje tiene la peculiaridad de ser muy diferente a los de todo el estado debido a que en esta región se encuentran muchos asentamientos de colonias menonitas las cuales aplican prácticas agropecuarias con maquinaria. En la zona también se representa una presencia significativa de sitios deforestados para portreros ocupando un 45% de los registros. El cultivo de maíz también es común, con una representación de 36% de los sitios muestreados. La agricultura mecanizada se registra en un 15% de los sitios muestreados. Es una zona con predominancia de selvas medianas, relieve plano y de suelos rojos teniendo solo los pequeños lomeríos con cobertura forestal y siendo los cultivos mecanizados de maíz y de sorgo los que predominan en la región.



Figura 22. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el polígono 6

Algunas personas que viven cerca de estas comunidades menonitas comentaron que dichos agricultores reciben apoyo del gobierno como PROCAMPO y PROGAN, además comentaron que aparte de tener sus cultivos dentro de sus tierras, han comenzado a rentar tierras similares para darles el mismo uso de zonas agrícolas en grandes extensiones, muy pocos se dedican a la ganadería, sin embargo para esta zona las superficies ganaderas se localizan dentro de los polígonos ejidales.



Figura 21. Agricultura mecanizada en el ejido Xmaben, Campeche.



Figura 22. Cultivo de chile en el ejido Xmaben, Campeche.

La dinámica observada en este polígono se puede describir y reducir en una tala de selvas medianas para cultivo mecanizado de maíz y sorgo cultivos que año con año se siembran y cosechan debido a que los agricultores (menonitas) usan semillas mejoradas o transgénicas además de que también utilizan fertilizantes y herbicidas (Figura 25). Por lo regular las superficies son desmontadas para ser utilizadas por agricultura mecanizada, sin embargo algunas zonas no aptas para la actividad mecanizada pasan a ser potreros, algunos de ellos con pastos y otros con ganado vacuno (Figura 25).

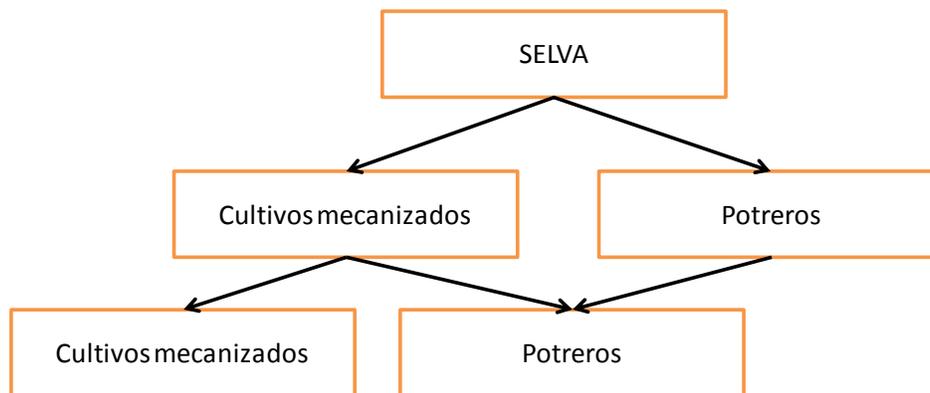


Figura 25. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 6

La tenencia de la tierra en esta zona mayormente es propiedad privada principalmente en las tierras compradas por menonitas, algunas más son propiedad ejidal pero rentadas por algunos menonitas para darle uso mecanizado y en menor escala. En fragmentos pequeños, las tierras ejidales se componen de cultivos de maíz aislados y potreros en grandes superficies. En esta zona se ubicó un camino nuevo e inconcluso el cual fue completado rústicamente hacia las colonias menonitas, la creación de estos caminos tipo “saca cosecha” está propiciando fragmentación de las selvas.

Polígono 8: Champotón (Champotón y Escarcega)

Este polígono se conforma por tres zonas de uso de suelo predominante, posiblemente esta diversidad en usos de suelos se deba a que predomina la propiedad privada en la tenencia de la tierra. La primera predominancia se localiza cerca de Champoton, Campeche y está destinada a actividades cañeras (terrenos ejidales) y ganaderas (potreros con ganado en propiedad privada) en grandes extensiones ambas zonas reciben apoyo tanto PROCAMPO como PROGAN.

La segunda zona se localiza al este del polígono en donde predominan predios de grandes extensiones de agricultura mecanizada (Actividades menonitas) donde se cultiva sorgo y maíz, algunos de estos predios están siendo rentados por los menonitas a los ejidatarios de la región, cabe destacar que los cultivos de maíz están distribuidos al centro y noreste cerca de Carrillo Puerto, Campeche. Algunas personas comentan que los menonitas reciben apoyos como PROCAMPO como ya se mencionó anteriormente. La tercera predominancia se localiza al norte de Escárcega y al sureste del polígono de muestreo en esta se pueden ubicar predios de grandes extensiones de pastos y potreros con ganado principalmente de propiedad privada, algunas personas de la región comentaron que la mayoría de estos predios reciben apoyo de PROCAMPO (predios con pastos) y PROGAN (con alambrado, rotoplas, alimento). Los puntos demuestran un 55% de los sitios muestreados con uso de suelo de potrero, seguido por un 20% con agricultura mecanizada y 12.5% específicamente con caña.

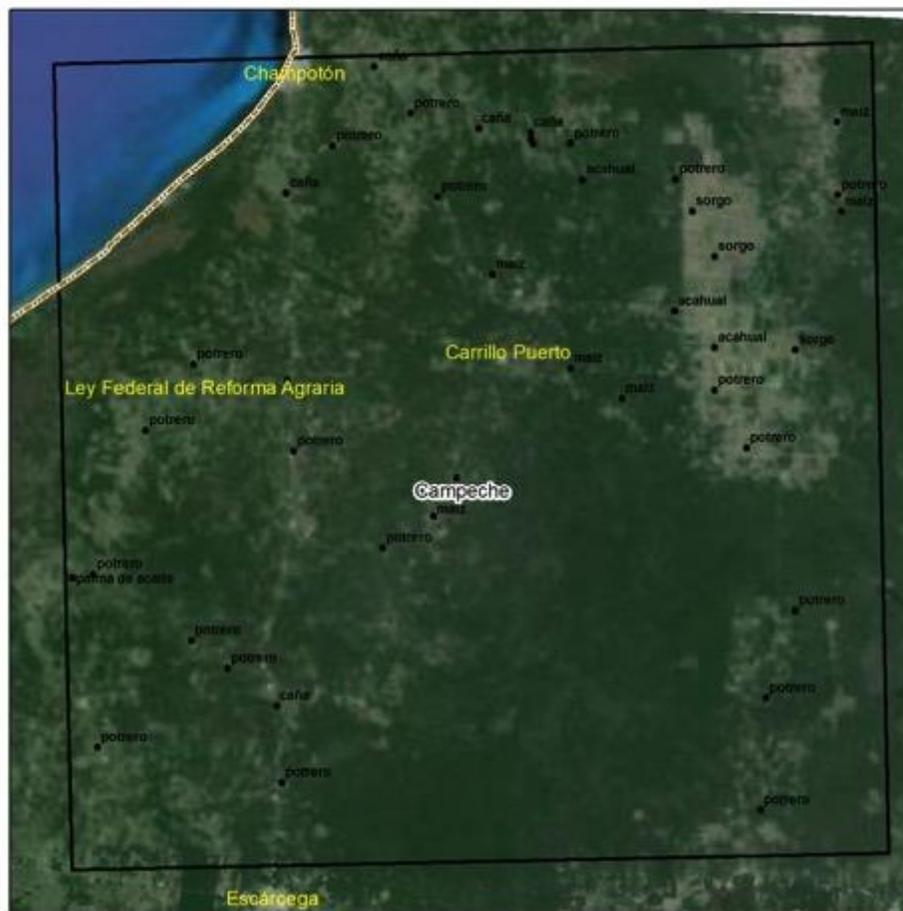


Figura 26. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el sur de Champotón, Campeche.



Figura 27. Cultivo de maíz en el ejido Felipe Carrillo Puerto, Campeche.



Figura28. Potrero en el ejido Yaxcab, Campeche.

El polígono de muestreo se compone de selva baja en la costa y selva mediana al centro y al este del polígono, la dinámica general para este polígono de muestreo se puede decir que: en la zona no se aprecian nuevas zonas de deforestación de selvas, se pudieron observar algunas ampliaciones de deforestación de acahuales en el valle de Yoactun, dichas zonas anteriormente fueron zonas arroceras y actualmente son potreros pero se comentan que al ser planas son aptas para que los menonitas puedan rentarlas y convertirlas en sorgo mecanizado (Figura 29). Como se observa en la dinámica anterior los terrenos de selva mediana fueron convertidos a arrozales mecanizados, para después pasar a potreros en grandes extensiones con ganado y ampliación de estos con derribo de acahuales, estos potreros tienen una extensión de 2x2km cada cuadrante, algunos de estos terrenos con potreros se han comenzado a rentar a menonitas las cuales las están cultivando con sorgo mecanizado (Figura 29).

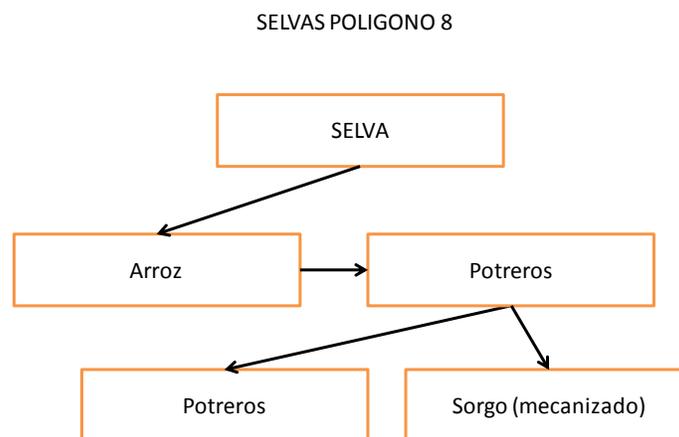


Figura 29. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 8

Polígono 5: Calakmul (Calakmul)

Esta área comprende principalmente el sureste de Campeche y un pequeño fragmento al oeste del estado de Quintana Roo. A nivel paisaje se puede decir que el oeste del polígono colinda con la reserva de la biosfera de Calakmul la cual prácticamente esta conservada, el cultivo dominante en la zona es el maíz el que se cultiva hasta 2 años y se localiza de norte a sur en el centro de polígono de muestreo, el barbecho en la zona de maíz es de periodos cortos de 2-7 años, predominando los

5 años debido a que los ejidatarios o personas dedicadas a dicha actividad mencionan que períodos más cortos de barbecho producen menor cantidad y mala calidad de maíz esto en el estado de Campeche, por parte de Quintana Roo se pueden apreciar potreros remontados y con cercas en mal estado y en algunos casos con pocas cabezas de ganado. Cabe mencionar que al sur del polígono de análisis en la frontera con Guatemala se han establecido nuevos centros de población ejidal (NCPE) los cuales traen consigo culturalmente las practicas agropecuarias de potreros o pastizales. Los puntos demuestran los patrones observados con 64% de los sitios deforestados con uso de suelo de potrero y el 36% con cultivo de maíz.

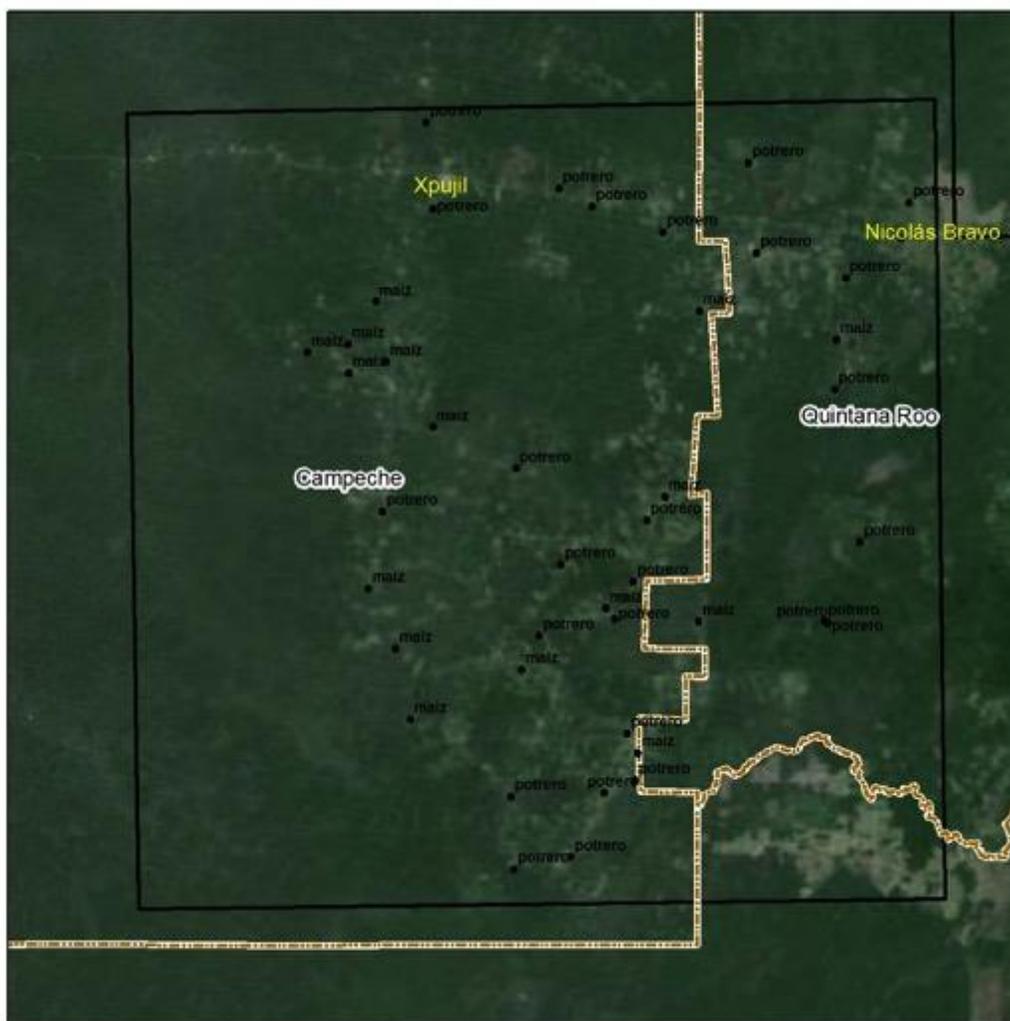


Figura 30. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el sureste de Calakmul.



Figura 31. Cultivo de maíz en el ejido Nuevo Paraiso, Quintana Roo.



Figura 32. Potrero con palma en el ejido 16 de septiembre, Calakmul, Campeche.

La dinámica observada en los recorridos de campo para esta zona de muestreo dan a conocer que los acahuales jóvenes pasan a ser entre 5 a 7 años nuevamente a maíz mediante la roza-tumba-quema, dejando para ello tocones de diámetros pequeños y en algunos casos árboles más grandes secos, como en la mayoría de los sitios a los 2-3 años de cultivo de maíz el predio se deja en descanso o barbecho, además personas encontradas en su predio mencionaron que si obtienen apoyos a cuenta de PROCAMPO (Figura 31).

En esta zona se pudo observar que predominan los terrenos agrícolas cercanos a las localidades para su cultivo de maíz y también muy próximas a vías de comunicación, así como también se pudo identificar que la mayoría de las superficies de uso de suelo agrícola o ganadero pertenecen a propiedades ejidales. Para este polígono no se encontraron frentes de deforestación o quemas de acahuales reciente, sin embargo se lograron apreciar dos zonas claras: a) las zonas de maíz al sur de Xpujil las cuales son rotativas dejando descansar los predios después del cultivo de 2 años de maíz y la b) en la frontera con Guatemala en donde su uso o driver de deforestación hasta la fecha es el de tener potreros (Figura 31).

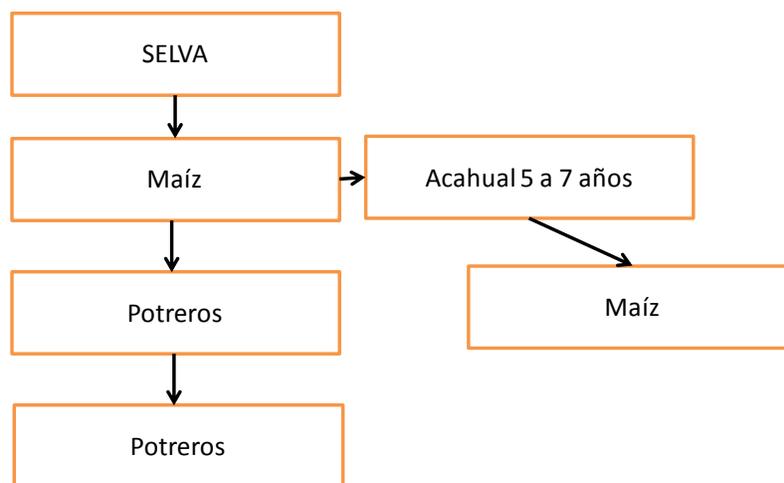


Figura 33. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 5

Polígono 4: Sur de Campeche (Candelaria y Escarcega)

Como se observa en la Figura 32 la mayoría de los puntos georeferenciados del muestreo se localizan del sureste al noroeste del cuadrante debido a la falta de vías de transporte, sin embargo la mayoría de las zonas muestreadas son ocupadas por potrero de grandes extensiones, la mayoría con ganado localizadas al sur de la localidad de Escárcega. Los puntos muestran un 78% de los

sitios con uso de suelo de potrero para la actividad ganadera, un 17% con cultivo de maíz y 5% con palma de aceite. Los rancheros de estas zonas comentaron que reciben PROGAN recibiendo apoyos como alambre de púas, alimento, depósitos para agua, entre otros, se pudo observar que la mayoría del ganado es engorda. Los pocos fragmentos que se pudieron ubicar de maíz en monocultivo fueron a las cercanías de las localidades y en muy pequeñas superficies y con cultivos de mala calidad con por lo menos dos ciclos de cosecha en el cual practican roza, tumba y quema en acahuals no mayores a 7 años.



Figura 34. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el sur de Campeche.



Figura 35. Potrero cerca del río Esperanza en Campeche.



Figura 36. Palma madura en el ejido Lic. Miguel Alemán, Campeche.

Se empieza a notar una reconversión productiva en los potreros abandonados, inundables y con superficies planas al este de la localidad de Candelaria, siendo esta conversión a cultivos de palma de aceite y en donde algunas de estas grandes extensiones de cultivos reciben apoyo de PROCAMPO (verificado en la lista de apoyo de PROCAMPO 2014) y otros programas (Figura 37). En esta región como en muchos otros sitios con producción ganadera en esta zona predomina la propiedad privada para dicha actividad, salvo en algunos casos aislados cuando estos usos de suelo se practican en ejidos tienen la particularidad de ser de menores superficies y estar descuidados con tierras de menor calidad (poco suelo, rocoso, remontados, etcetera).

En el polígono de muestreo predomina la selva mediana y se puede decir que en la zona no se aprecian nuevas zonas de deforestación de selvas además de que colinda al este con la reserva de la biosfera de Calakmul, se apreció algunos pequeños quemadales localizados cerca de las localidades los cuales serán usados para cultivo de maíz por dos años, además como ya se mencionó se empieza a extender las plantaciones de palma de aceite (reconversión productiva de potreros). Como se observa en la dinámica del cambio de uso de suelo, los predios pasaron de tener selva mediana a cultivos de maíz cerca de las localidades y en pequeñas parcelas por dos años para después dejarlas en descanso hasta 5 años y volver a tumbar y quemar para convertirlo en maíz. En otros casos pasaron a ser potreros en grandes extensiones, la mayoría de estos son inundables o pantanosos con pocas cabezas de ganado y principalmente de propiedad privada. Actualmente algunos predios de potreros están reconvirtiéndose a palma de aceite denominándose reconversión productiva a dicha actividad (Figura 37).

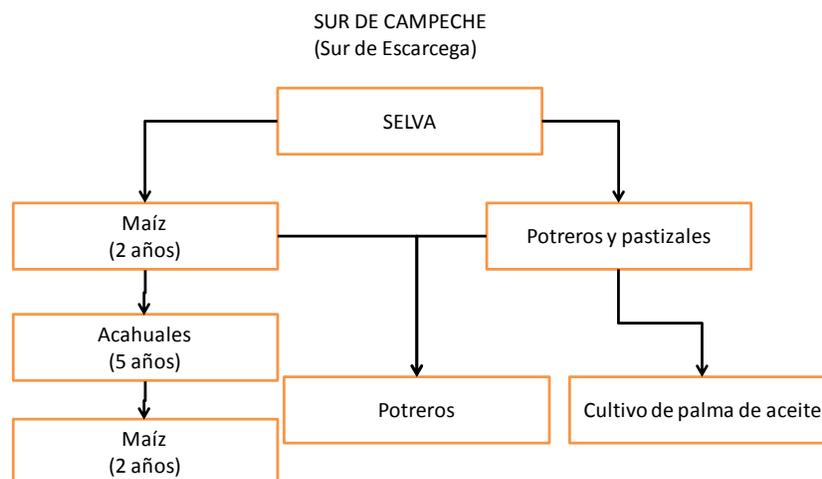


Figura 37. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el sur de Campeche.

Polígono 9: Oeste de Campeche (Carmen y Palizada)

Este polígono de estudio y en general esta región localizada al oeste de Campeche y sur de la laguna de Términos tiene la particularidad de ser históricamente ganadero y de pastizales posiblemente a colonizaciones de chiapanecos reubicados por la erupción del volcán Chichonal. Sin embargo en los recorridos de campo se logró observar grandes superficies de reconversión productiva que va de Potreros hacia Palma de aceite. En comentarios de campo algunas personas mencionaron que se pretenden cultivar más de 20 mil hectáreas de este cultivo mismas que cuentan con el apoyo del gobierno del estado, SAGARPA y PROCAMPO además de empresas privadas como OLEOSUR. Esta reconversión productiva está teniendo auge tanto en terrenos particulares como ejidales debido a que se espera una remuneración económica mejor que la que actualmente se tiene con la ganadería del lugar. La mayoría de estos nuevos cultivos se están reproduciendo en superficies con gran potencial a inundarse debido a que este tipo de cultivos requiere de agua para crecer favorablemente. Los puntos demuestran la presencia de un 67.5% de sitios deforestados para potreros, el 25% estaban ocupados con plantaciones de palma de aceite y un 7.5% con agricultura mecanizada.



Figura 38. Palma madura en el ejido La Conquista Campesina, Campeche.



Figura 39. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el polígono 9.

El polígono de muestreo se compone de selva mediana predominantemente y un poco de selva baja hacia las orillas de laguna de términos. En cuanto a su dinámica general se pudo observar que: en la zona de recorridos no se aprecian nuevas zonas de deforestación de selvas, se observaron algunas quemas localizadas en potreros esto porque comienza la temporada de lluvias de mayo a septiembre y pues esta práctica ayuda a que el pasto crezca, lo que si se logró apreciar es una reconversión productiva de potrero a palma de aceite en grandes extensiones.



Figura40. Potrero con desmonte al norte del ejido Cuauhtemoc, Campeche.

Como se observa en la dinámica anterior los terrenos de selva mediana fueron convertidos a potreros debido a los usos y costumbres que tenían las personas que se introdujeron en estas tierras del estado de Campeche, aunque en el paisaje aunque observan muchas superficies de potreros inundables algunos con árboles y cercas vivas, actualmente existe un proyecto de convertir estos pastizales a palma de aceite impulsado por la iniciativa privada y el gobierno del estado.

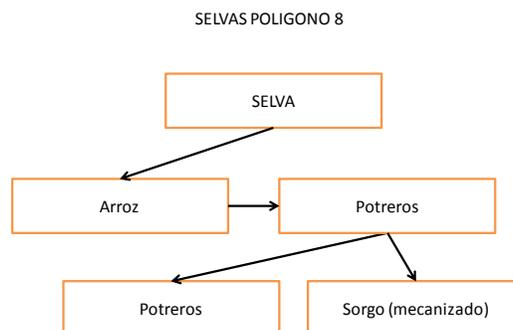


Figura 41. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 8

2.2 Quintana Roo

Polígono 12: Norte (Lázaro Cárdena y partes de Tizimin y Chemaz, Yucatán)

Este polígono que abarca partes noreste de Yucatán y norte de Quintana Roo, tiene características importantes en cuanto a uso de suelo, la parte que corresponde a Yucatán muestran un uso de suelo agropecuario más intenso, con potreros de mayor tamaño -se ubica al este de Tizimin-, zona eminentemente ganadera. Del lado de Quintana Roo, la superficie agropecuaria disminuye considerablemente, además de que los predios son de menor tamaño, donde además la mayor parte de territorio es de tenencia ejidal. En la parte que corresponde al norte del polígono se encontró que existen proyectos de agricultura mecanizada, fue el caso de cientos de hectáreas de maíz mecanizado con instalación de riego. También fue posible encontrar reconversión productiva de pastizales a Teca, como el caso del rancho San Miguel, donde trabajadores mencionan que es un proyecto de reconversión muy reciente, tecnificado y con inversión privada. En este polígono se representaron un 63% de los puntos con sitios deforestados para potrero, el 17% se representó por agricultura mecanizada y otro 16% con milpa para autoconsumo.



Figura 42. Maíz mecanizado al norte de la localidad Colonia Yucatán, del mismo estado.

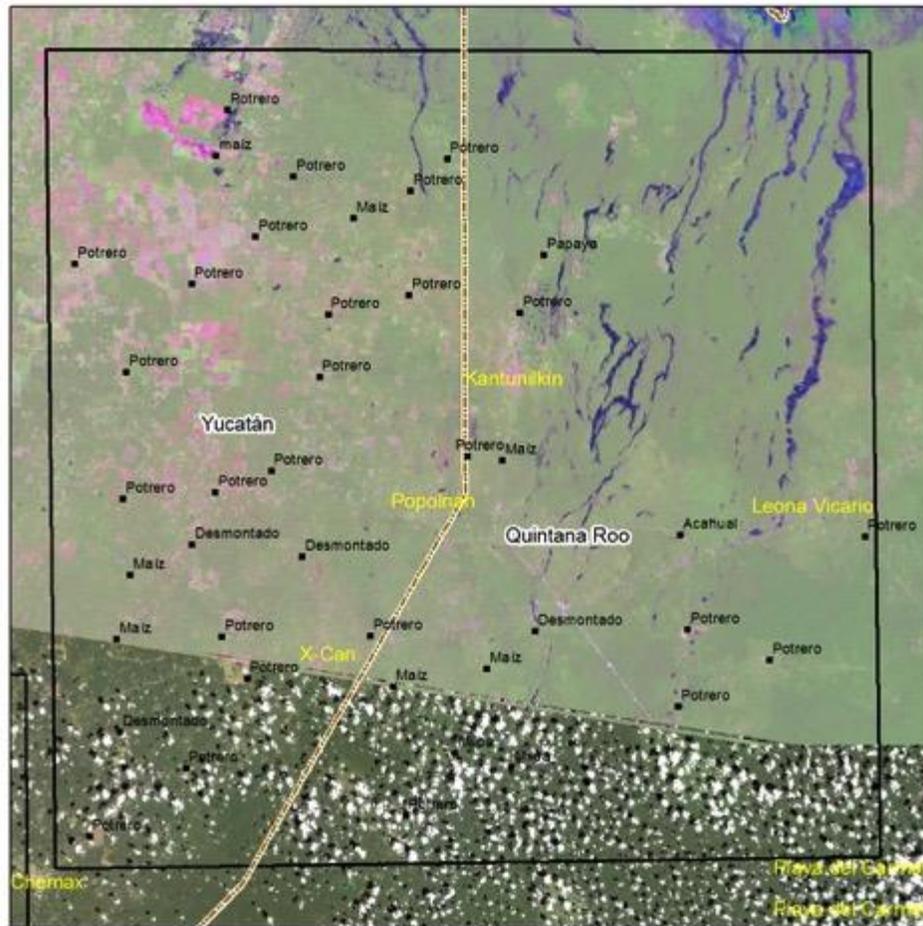


Figura 43. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el Norte de Quintana Roo - Yucatán.

Se encontró que el área que forman sur de Popolnah, Xcan y Chemax, Yucatán y la correspondiente a Quintana Roo cerca de Leona Vicario ya se aprecian mayor cantidad de sitios con cultivo de maíz/milpa, con presencia de algunos potreros de menor tamaño que la parte de Yucatán.

En cuanto a la dinámica de la zona es muy similar a la que se puede considerar para la Península de Yucatán, es decir, de acahual que seguramente fue maíz años atrás, pasó nuevamente a milpa y esta a su vez a potreros o al descanso de dicho predio. En esta región no se encontraron nuevos frentes de deforestación, solo sitios desmontados que han formado parte del sistema de Roza-tumba-quema dados los antecedentes de sitios donde se tumbó acahual de edades que fluctúan de entre 2-3 años hasta no más de 10 años.



Figura 44. Milpa en el ejido San Francisco del municipio de Lázaro Cárdenas, Quintana Roo.

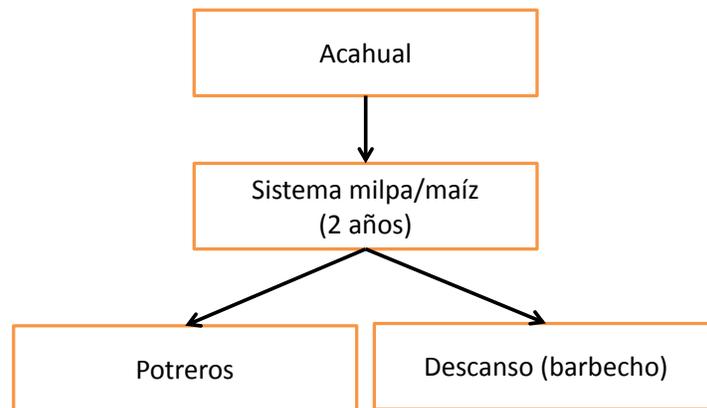


Figura 45. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 12.

Polígono 11: Centro (Felipe Carrillo Puerto)

Esta zona continúa como otras de Quintana Roo, conservando el esquema de roza-tumba-quema para la siembra de milpa y maíz, es uno de los sitios de la PY donde se encontró que hay mayor cantidad de milpa con calabaza. También se encontraron zonas desmontadas en el mes de abril preparándose para la siembra del grano. Espacialmente se aprecia que toda la zona presenta sitios de desmonte, milpa, maíz y algunos potreros. En este polígono dominó la milpa dentro de los sitios muestreados con un 55%, el potrero representó el 25% de los sitios, la agricultura mecanizada un 10% de los sitios y el resto con frutales y acahuales.

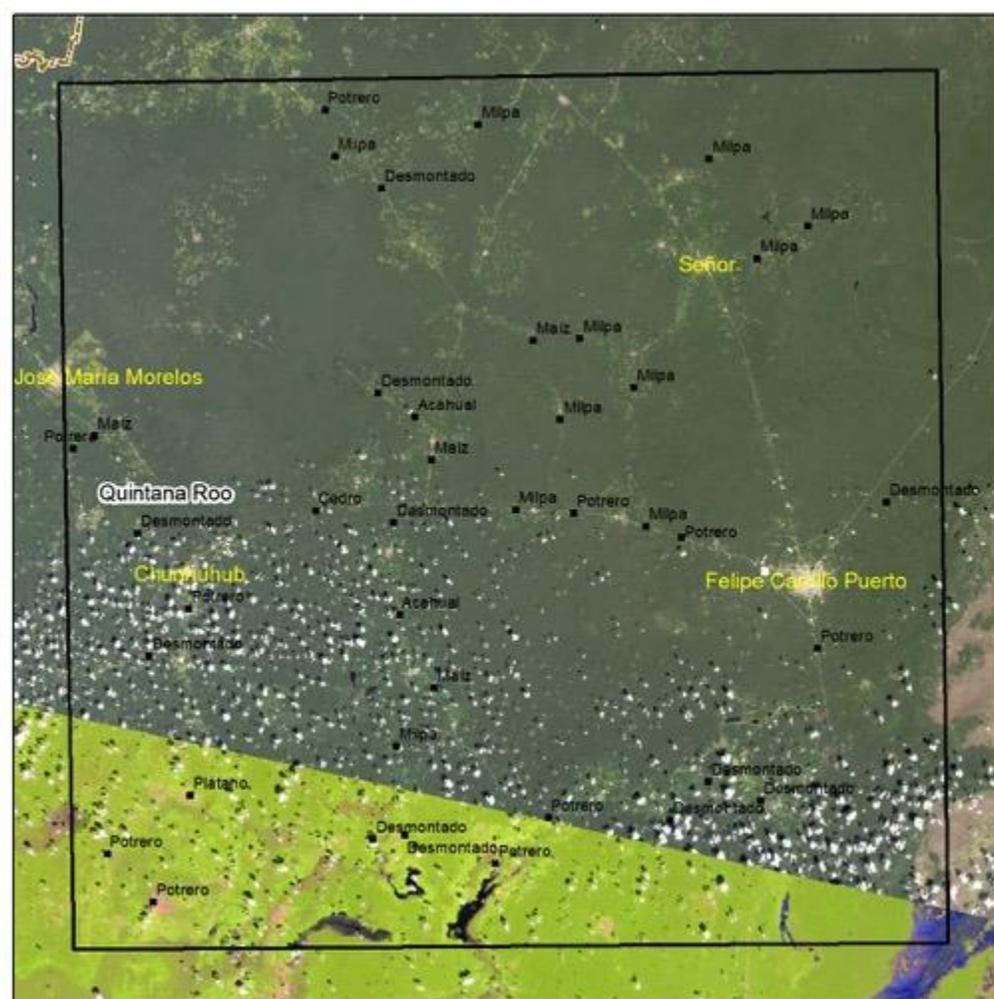


Figura 46. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el centro de Quintana Roo.



Figura 47. Predio con milpa cerca de Señor en el centro de Quintana Roo.



Figura 48. Desmonte reciente en acahual al sur de Chunhuhub, centro de Quintana Roo.

Algunos de los sitios son dedicados a potreros aunque es poco en realidad. Como sucede en otras áreas de Quintana Roo, los sitios con uso agropecuario se concentran cerca de las localidades y vías de comunicación lo cual puede estar asociado a que esta zona presenta la mayor cantidad de predios con pago por servicios ambientales, la Reserva de la Biósfera de Sian ka'an al sur, manejo forestal y áreas destinadas voluntariamente a conservación, muchas de las cuales fueron encontradas en los recorridos por la zona.

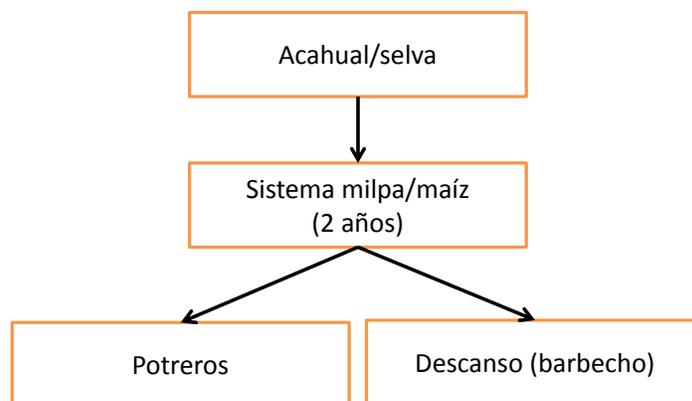


Figura 49. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el centro de Quintana Roo.

Polígono 10: Sur (Bacalar y Othon P. Blanco)

En este polígono se encontró que la parte centro y norte del mismo se sigue haciendo maíz empleando el sistema de roza-tumba-quema, justamente en el mes de abril de 2015 en que se hizo el recorrido de la zona se encontraron una cantidad importante de sitios desmontados listos para quemar o ser quemados que serán empleados para el maíz. Los predios en general son pequeños comparados con otras zonas de la Península, algunos de ellos se encuentran en los bordos de bajos inundables o incluso algunos sobre ellos. También existen potreros pero no son de superficies grandes como en el norte de Yucatán. En cuanto a la representación de puntos muestreados se refleja un 30% con uso de suelo de milpa, un 27.5% con agricultura mecanizada, 25% con potrero y el resto en cultivos como caña y frutales.

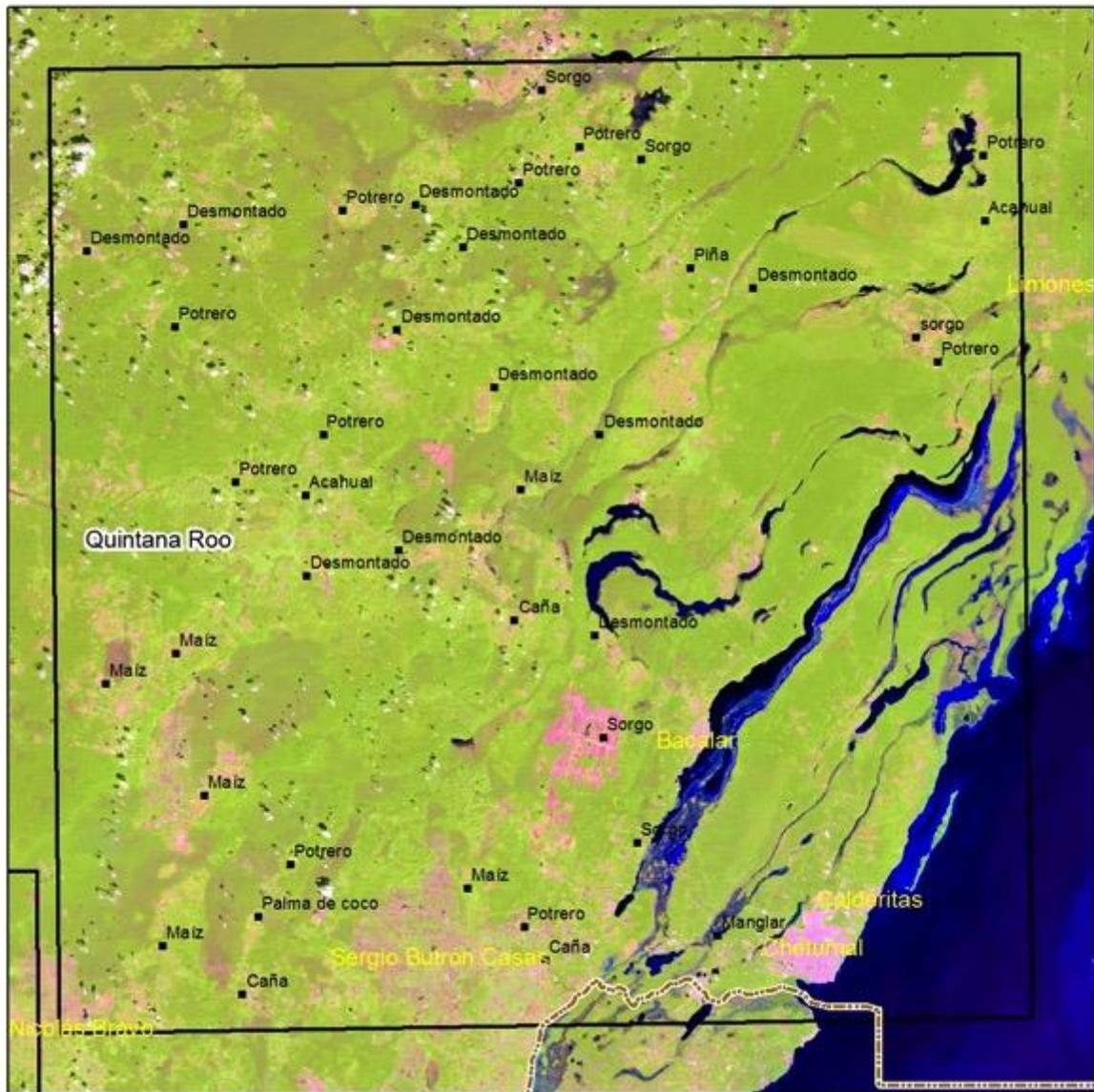


Figura 50. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el sur de Quintana Roo.

Hacia el centro-sur del polígono se encontraron como predominantes dos usos de suelo, por un lado al oeste de Bacalar se localiza un área bien definida mayormente cultivada con sorgo de forma mecanizada, actividad desarrollada por la comunidad menonita, extensión amplia en superficie y relativamente reciente con tierras rentadas de acuerdo a la versión de algunos pobladores de Bacalar. El otro uso de suelo es el cultivo de caña de riego cercano a Sergio Butrón Casas, es intensivo y aunque con altibajos en cuestiones de precios del endulzante es una agroindustria que ha llegado muy cerca de los bajos que son las partes de terrenos planos que aún quedan y que son

los únicos sitios que aún pudieran deforestarse, aunque en el recorrido no se encontraron zonas claras de deforestación para el cultivo.



Figura 51. Desmonte de acahual para milpa/maíz en el ejido San Fernando, sur de Quintana Roo.



Figura 52. Cultivo de caña cerca de la localidad de Sergio Butrón Casas, en el sur de Quintana Roo.

La dinámica en el sur de Quintana Roo por un lado se mantiene conservando la roza-tumba-quema con maíz o milpa, se nota inversión para otros cultivos como caña y sorgo y algunos terrenos con maíz se han convertido a potreros aunque en baja escala aún. En el caso de la selva baja a caña se sabe de ello pero no se encontraron sitios para evidenciarle. En esta zona no se encontraron zonas deforestadas recientemente, únicamente se encontraron predios recientemente quemados para hacer agricultura como se ha hecho antiguamente. Es muy importante mencionar que en la zona los sitios empleados para actividades agropecuarias se encuentran muy concentrados y cercanos a vías de comunicación y localidades, limitados por selva baja y algunos sitios con pago por servicios ambientales o hasta áreas voluntarias de conservación o manejo forestal.

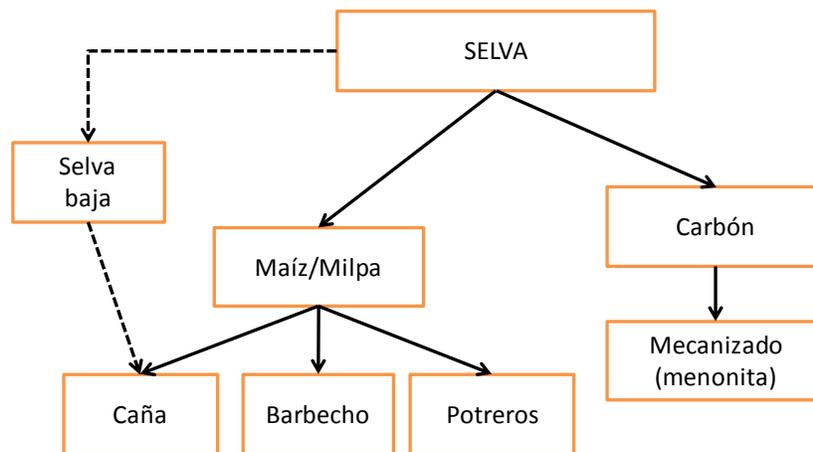


Figura 53. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el sur de Quintana Roo

2.3 Yucatán

Polígono 3: Noroeste (Regiones Noroeste y Poniente)

La vegetación que se presenta en esta zona es la selva baja caducifolia y se observa un franco abandono de actividades agropecuarias. En esta zona se han encontrado una cantidad importante de potreros abandonados sin la presencia de ganado, igualmente se aprecian sitios que antiguamente fueron plantaciones de henequén (muestran disposición de plantas a manera de surcos remontadas) y con plantas de henequén en decadencia (floración expuesta) como en la



Figura 55. Potrero abandonado al oeste de Maxcanú, Yuc.



Figura 56. Cultivo de henequén abandonado cerca de Kinchil, Yuc.

Hacia el noroeste, Hunucmá, Tetiz y Kinchil también es muy frecuente encontrar un gran número de predios que tuvieron henequén que se encuentran abandonados. Cerca de Hunucmá se han establecido granjas en espacios relativamente pequeños para la superficie que se encuentra sin otro uso. Hacia la zona sur de Opichén y Muná, Yucatán, es una zona con mayor elevación donde se encontró que años atrás se derribó la selva existente especialmente las partes planas o con poca pendiente, para que en la actualidad esos sitios estén adoptando la agricultura mecanizada, como se encontró en el suroeste del polígono 2, hacia el estado de Campeche. Hacia la costa, cercano a la localidad de Sisal, Yucatán se encuentra una superficie que va a lo largo de la costa con manglar.

En esta zona no es clara la dinámica pues contrario a lo esperado para otras zonas de la península de Yucatán, no se encontraron zonas con apertura de selva (aun cuando esta perturbada), al menos para la siembra de cultivos como maíz, lo cual seguramente está muy asociado a la gran escasez de agua que se ve en los diversos paisajes encontrados. En este polígono también se encontró la influencia de cercanía a caminos y poblados para hacer agricultura y ganadería en pequeña escala.

Polígono 13. Norte (Regiones Noreste, Litoral Centro y Centro)

En esta zona se tiene una fuerte dominancia de pastizales/potreros, muy cercana a Tizimin conocida por su fuerte impulso a la ganadería, son terrenos muchos de ellos viejos o con muchos años sin cambiar su uso, gran parte de ellos reciben apoyos por parte de Procampo, Progan y otros programas estatales de impulso a la ganadería. De acuerdo a entrevistados hay una tendencia a la tecnificación de la ganadería bovina mediante la instalación de sistemas de riego en potreros, con el apoyo de entre otras, SAGARPA y CONAGUA. Muchos de los grandes potreros en cuanto a su superficie se ubican en la zona de propiedad privada, aunque también en menor grado en lo ejidal pero con predios de menor tamaño. Es evidente la predominancia de potreros en base al muestreo que resultó en un 79% de sitios registrados como potrero con tan solo 8% de agricultura mecanizada y 8% con agricultura de milpa.

De acuerdo con algunos entrevistados, en la zona la dinámica en su momento (años atrás) fue el desmonte para cultivar algunos años maíz o milpa sin uso de fertilizantes para posteriormente establecer los pastizales. Aunque hacia la zona de Subilá y sobre todo Espita se encuentran áreas de menor superficie que si practican la roza-tumba-quema para el establecimiento de maíz o milpa, fue en el mes de abril donde se encontraron en esta zona diversos predios de pequeño tamaño con quemas, aún algunas de ellas fuera de la temporada de quemas autorizadas por el Gobierno de Yucatán que fueron sobre todo en el mes de febrero.



Figura 58. Potrero al Este de Buctzotz, Yuc.



Figura 59. Cultivo de henequén cerca de Izamal, Yuc.

En este polígono también se encontró una de las zonas con mayor presencia del cultivo de henequén, el cual se localiza en el área de Tepakán, Tekal de Venegas e Izamal. Siendo este último donde es más abundante, donde además se cultiva sisal, que de acuerdo con los habitantes es para la elaboración de prendas más finas y por tanto con mejor ganancia. Aunque si es importante mencionar que una parte importante de los predios observados con este cultivo se aprecian con poco manejo aunque si muestran su aprovechamiento ya tiempo antes.

En este polígono no se encontraron áreas deforestadas recientemente, únicamente áreas desmontadas que históricamente han sido parte del sistema de roza-tumba-quema hacia el sureste del polígono.

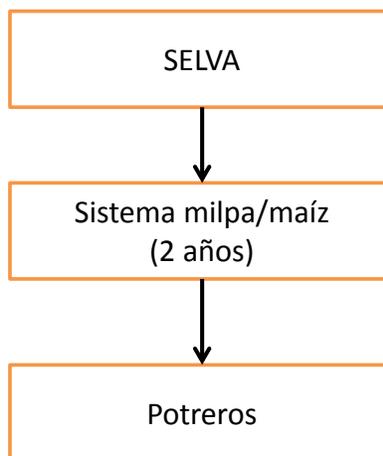


Figura 60. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 13.

Polígono 1: Este (Región Oriente)

Esta área comprende principalmente el sur de Yucatán y la zona noroeste del estado de Quintana Roo. El paisaje denota una histórica perturbación. Es una zona con acahuales de distintas edades pero en su mayoría jóvenes, el cultivo dominante en la zona es el maíz el que se cultiva hasta 2 años. Posteriormente viene lo que se denomina localmente como barbecho (descanso del sitio para acahual), este barbecho en la zona es corto de 2-5 años, predominando los 2 años. Los productores reconocen que períodos más cortos de barbecho producen menor cantidad de maíz. El maíz está asociado en la mayoría de los casos con calabaza y en menor grado calabaza y frijol, sin encontrarse asociado chile y que en general se denomina como milpa. Entre el cultivo de maíz y el barbecho van rotando los predios. La mayor parte de los predios cultivados con maíz o el

sistema milpa son predios pequeños. Los sitios muestreados en este polígono demuestran la predominancia del cultivo de maíz, mayormente para subsistencia, que comprende del 65% de los puntos. El 19% se refleja en uso de suelo con potrero y otros 18% estaban como acahual.

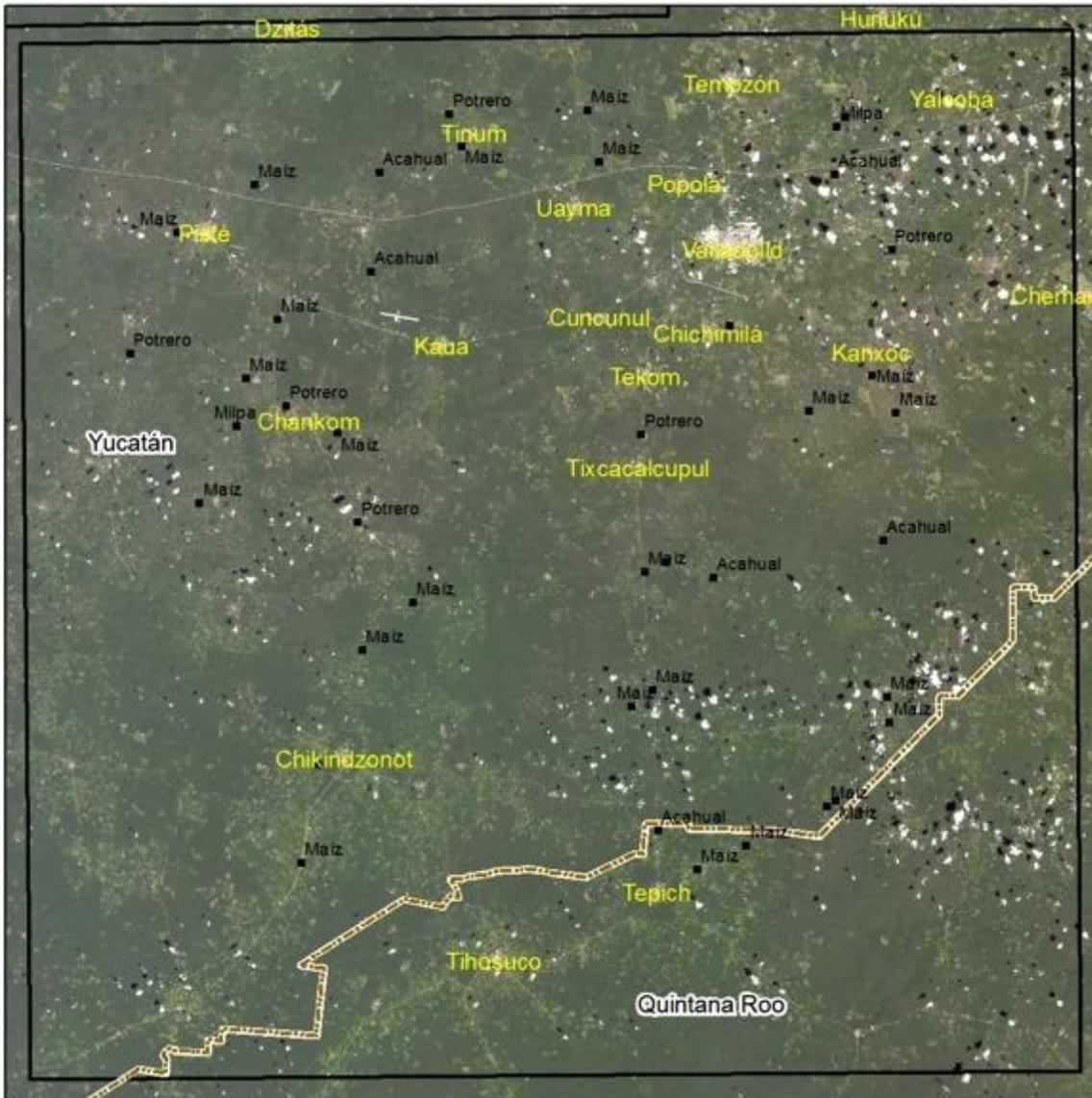


Figura 61. Distribución espacial de distintos usos de suelo en Este de Mérida.



Figura 62. Milpa cerca de Yalcobá, Yucatán.

En general la dinámica observada en los años más recientes en la zona es que los acahuales jóvenes pasan a ser entre 2-5 años nuevamente a maíz mediante la roza-tumba-quema, dejando para ello tocones de al menos 30 cm y algunos árboles más grandes secos de pie. Al término de 2-3 años de cultivo de maíz el terreno puede pasar a ser potrero o puede entrar a descanso o barbecho. Uno de los productores menciona que si hay una reconversión de maíz a potreros y si este maíz contaba con PROCAMPO puede seguirse contando con el apoyo aun cuando cambien el destino del terreno a potrero. También reconocen que en la zona no saben de qué se estén dando más apoyos de PROCAMPO, realmente son los mismos apoyados, solo los que mueren pueden heredarlo a sus hijos o si no tienen familiar que se quede con él, este en automático se pierde.

En la zona fue posible observar que existe una muy fuerte tendencia a ocupar los espacios cercanos a las localidades para hacer principalmente su cultivo de maíz y también muy próximas a vías de comunicación.

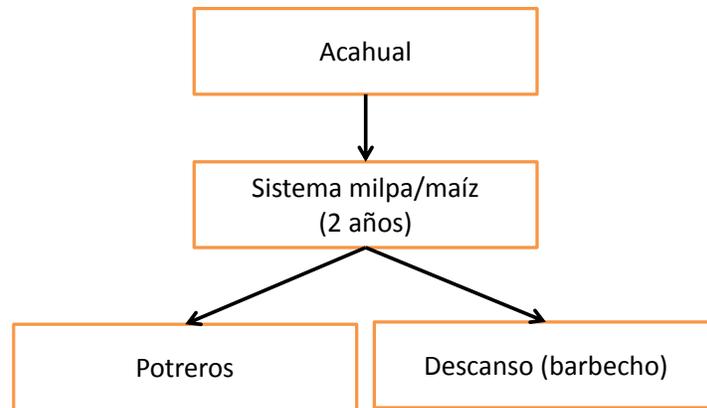


Figura 63. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el polígono 1.

La tenencia de la tierra en esta zona es parte propiedad privada principalmente en las cercanías de Valladolid, Yucatán y más ejidal hacia el sur y oeste del polígono. No se encontraron frentes de deforestación o tumba de acahuales en superficies grandes para el establecimiento de algún cultivo o ganadería, por el contrario se aprecian en derredor de las áreas urbanas, esta estrategia ligada a la cultura maya que es el tolché, que es una zona que rodea algunos poblados especialmente de Yucatán, donde pueden hacer extracción de leña pero no cultivar ni cazar. Tampoco se han encontrado sitios con instrumentos de conservación tales como pago por servicios ambientales, unidades de manejo ambiental o alguno relacionado lo cual pudiera deberse a esta perturbación de la selva o acahuales en distintas edades aún existentes o que las zonas no son elegibles de acuerdo a las dependencias que otorgan los apoyos.



Figura 64. Maíz cerca de Chikindzonot, Yucatán.

Polígono 2: Sur (Región Sur)

En este polígono, se encuentra el corredor citrícola más importante del estado de Yucatán, que va de la zona de Tikul-Dzan-Oxkutzcab-Akil-Tecax donde predomina la propiedad privada para este cultivo, con una gran inversión propia de los productores en conjunto con el gobierno del estado como el programa Peso a Peso de acuerdo con algunos entrevistados y cuyos apoyos están muy relacionados con la tecnificación del cultivo. Los cítricos también se encontraron combinados con otros frutales como zapote mamey y pitahaya, con plantaciones más grandes y más del tipo empresarial en terrenos de propiedad privada. El 41% de los sitios muestreados corresponden a cultivos de maíz, seguido por 24% de sitios con potrero y un 16% representado por el cultivo de cítricos.

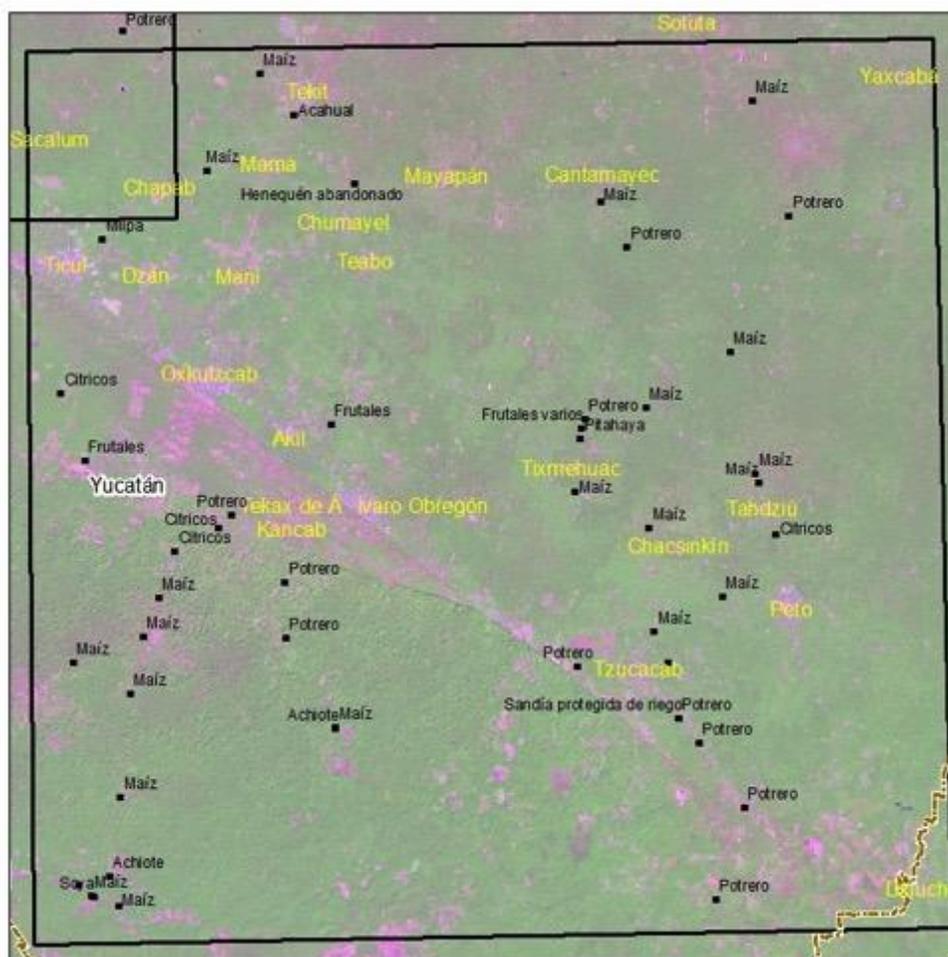


Figura 65. Distribución espacial de distintos usos de suelo en el polígono 2.



Figura 66. Cítricos al oeste de Oxcutzcab, Yuc.



Figura 67. Frutales al norte de Tixmehuac, Yuc.

La zona noreste cerca de las localidades de Sotuta y Yaxcabá los terrenos son cultivados con maíz (probable tendencia de la zona maicera del norte de la entidad), el cultivo es más de tipo comercial (poca calabaza o “pepita”), muchos terrenos de los cuales cuentan con apoyo de PROCAMPO. En esta zona se pudo además observar que tras ser más seco se cultiva en zonas con hondonadas del terreno sin evidencia de quema reciente de acahuales lo cual indica que se cultiva maíz por más años, pero que en algún momento fueron acahuales.



Figura 68. Maíz cerca de Sotuta, Yucatán.

En ese polígono y hacia los límites con el estado de Campeche cerca de Los Chenes, se encontró que comienza ya la agricultura mecanizada con cultivos de soya variedad Huasteca y sorgo. Existen predios que también muestran reconversión productiva, así se ha encontrado casos de acahuales que han sido quemados, cultivados con maíz un par de años para irse convirtiendo a cultivo de Achiote, ejidatarios de San Agustín Yucatán señalan que su experiencia con este nuevo cultivo ha mostrado mejores ganancias que con maíz, lo que a futuro pudiera ser un cultivo más redituable y que de mantenerse así podrán sustituir al maíz, finalmente el apoyo PROCAMPO (con el que actualmente cuentan para maíz) podría cambiarse a Achiote sin mayor problema para continuar recibiendo este beneficio económico.



Figura 69. Cultivo de sorgo mecanizado en el ejido N.C.P.A. Benito Juárez, Yuc.



Figura 70. Cultivo de achiote en el ejido N.C.P.A. Benito Juárez, Yuc.

Hacia la zona entre Tzucacab y Dziuché se localiza una importante zona de potreros, los cuales muestran ya estar establecidos muchos años antes, de los cuales una importante cantidad siguen siendo apoyados con PROCAMPO y otros con PROGAN.

Como se puede apreciar, en esta zona la dinámica es muy variada pero está asociada sin duda a la cercanía a otros sitios con el mismo cultivo, en la zona de cítricos, nuevos terrenos que eran potreros o maíz se convierten a cítrico y en el achioté es una zona donde el maíz está pasando a achioté pero es una zona muy localizada, igualmente pasa con la zona de mecanizados con terrenos más planos y disponibilidad de riego.

En general en este polígono no se encontraron sitios con deforestación reciente, más bien son lugares donde se sigue cultivando maíz, cultivos más comerciales y reconversión productiva, muchos de ellos con apoyo PROCAMPO, PROGAN u otros también gubernamentales.

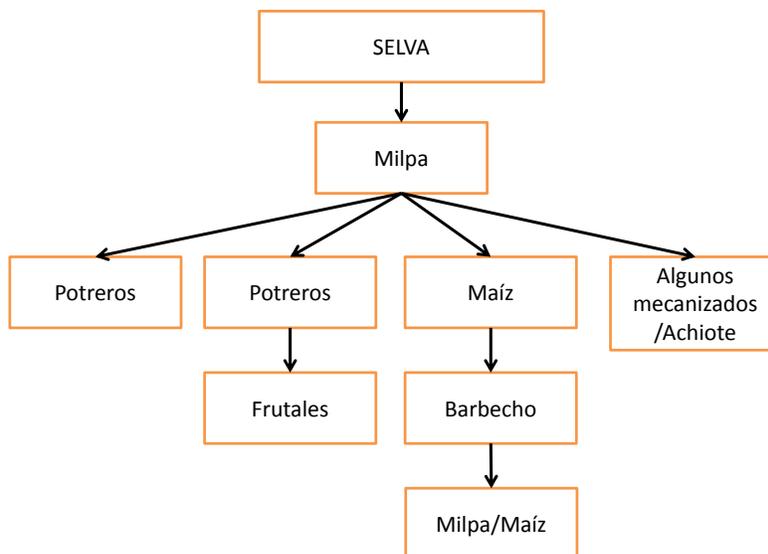


Figura 71. Dinámica de cambios en el uso del suelo en el sureste de Mérida.

V. Análisis de la Deforestación 2001-2013

1. Métodos

Para el análisis de deforestación reciente (2001 al 2013) en la Península Yucatán, se emplean los datos de Hansen et al. (2013) disponibles en el sitio Global Forest Change (GFC) de la Universidad de Maryland (<http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>) y el sitio Global Forest Watch (<http://www.globalforestwatch.org>), estos datos fueron elaborados mediante técnicas de percepción remota utilizando imágenes LANDSAT con una resolución de 30 m por pixel. Los datos disponibles por GFC y usados en este análisis incluyen pérdida y ganancia de cobertura forestal entre el 2001 y 2013, derivados mediante algoritmos que detectan la remoción (o recuperación de biomasa vegetal) usando el umbral de 50% a nivel de pixel para clasificar un pixel como “deforestado” o “recuperado”. Adicionalmente incluye el dato de porcentaje de cobertura arbórea por pixel para el año 2000 y datos de pérdida de cobertura forestal para cada año entre el 2001 al 2013. Más aún, se tiene que aclarar que los datos de GFC indican la pérdida de cobertura forestal o arbórea sin especificar su causa o definir esta pérdida como “deforestación”, cual puede tener definiciones contrastantes de acuerdo a la institución que lo define (por ejemplo, IPCC o FAO)(TNC 2014) y en ese sentido puede incluir pérdida de cobertura forestal por causas naturales y no netamente antropogénicas. Los datos producidos por Hansen et al. (2013) proveen un insumo de información gratis, transparente y fácilmente disponible sobre la deforestación histórica, además de ser un producto de suficiente calidad para ser utilizado como herramienta para fines de guiar e implementar estrategias REDD+ (TNC 2014). Sin embargo, es de esperarse y hay que reconocer que el producto GFC contiene errores de clasificación que pueden ocurrir por múltiples razones relacionados con la calidad y fecha (época del año) de la imagen, el tipo de vegetación presente, o errores del algoritmo. En este estudio se evalúan y se validan los datos de GFC para la PY, indicando el porcentaje error de aproximadamente 5% de los pixeles. Estos resultados se presentan a más detalle en el siguiente capítulo del informe.

En este capítulo analizamos y presentamos los datos originales de GFC (Hansen et al. 2013) para la región de la Península Yucatán, y en base a esta información señalamos las áreas críticas (o hotspots) a nivel estatal y nivel municipal. Posteriormente, integrando los resultados de la investigación bibliográfica y del trabajo de validación de campo como guía, se elabora un mapa de regionalización de la deforestación en la PY, enfatizando los determinantes o causas próximas y subyacentes identificadas para cada región.

Para el mapa regionalización se tomó en cuenta la georeferenciación de la información derivada de artículos publicados, tesis, informes y reportes gubernamentales sobre los distintos drivers en la región. En conjunto, se utilizaron los puntos y la información colectada en campo describiendo los usos de suelo actuales y las causas directas. Asimismo, se obtuvo información relacionado con puntos de calor, sitios con incendios forestales registrados por CONAFOR, trayectoria de huracanes, ubicación de distintos tipos de cultivos y producción agropecuaria y otros datos sobre posibles drivers de deforestación en la PY. Dicha información se obtuvo de instituciones como CONAFOR, SAGARPA, PRONATURA y otros, así como técnicos forestales, y otras fuentes de información. En base a la integración espacial de la información obtenida, los puntos de validación de campo y con apoyo de imágenes disponibles de google earth, se ubicaron y se zonificaron dentro de la PY las regiones de deforestación caracterizados por usos de suelo predominantes y dinámicas de cambio de cobertura y uso de suelo más homogéneas.

El mapa de regionalización fue posteriormente evaluado y validado por expertos de ONGs y dependencias de gobierno de los tres estados (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) que trabajan con el tema medioambiental, conservación forestal y desarrollo sustentable en la PY. Durante este taller de “Análisis de los factores directos y subyacentes de la deforestación en la Península Yucatán” celebrado el 24 de Junio 2015 en Tatankin, Yucatán, los expertos trabajaron en tres grupos de trabajo para cada estado donde revisaron e hicieron observaciones y correcciones con respecto a las regiones y los límites de la regionalización de deforestación, así como aportar y aclarar más detalle sobre las causas tanto directas como subyacentes de cada región. En este apartado se presenta el mapa de regionalización modificado y validado por el grupo de expertos.

Es importante mencionar que posteriormente para este estudio, basado en la regionalización, validación de campo y datos de apoyo externo, se re-procesan los datos de GFC para la PY atribuyendo a los pixeles la causa directa y subyacente de la pérdida de cobertura forestal anualmente desde el 2001 al 2013. Durante este proceso, se detectaron y clasificaron pixeles que en claramente erróneas, para así disponer de un producto mejorado de la pérdida de cobertura forestal basado en los datos de Hansen et al. (2013). El mapa de regionalización de determinantes de deforestación como el producto de determinantes de deforestación a nivel de pixel, basado en los datos de GFC (Hansen et al. 2013), corresponden a dos valiosos productos elaborados por este estudio que servirán a los funcionarios de gobierno, los consejos técnicos consultivos (CTC) y otros actores como herramientas para analizar los procesos cambio en cobertura forestal, para la toma de decisiones y para diseñar los planes de inversión forestal y las Estrategias Estatales REDD+ en la PY.

2. Resultados

2.1 Dinámica de Cobertura Forestal en la PY

Las Figuras 72 y 73 representan espacialmente los datos de porcentaje de cobertura arbórea en la PY en el año 2000 a nivel de pixel (30 x 30 m), donde 0 = totalmente sin cobertura arbórea y 100 = cobertura arbórea total. Se aprecia claramente la mayor cantidad de zonas sin cobertura arbórea y áreas forestales degradadas con menos de 60% de cobertura forestal presentes en el estado de Yucatán seguido por Campeche. Sin embargo, para el caso de Yucatán y Campeche la mayor cantidad de superficie con porcentajes de cobertura forestal por pixel menores de 60%, también puede reflejar la mayor presencia y distribución de selvas medianas y bajas subcaducifolias y caducifolias que pierden más sus hojas y tienen menor área basal y cobertura que las selvas medianas y bajas subperennifolias. En el estado de Quintana Roo se puede apreciar una mayor extensión de su superficie con buen porcentaje de cobertura arbórea mayor de 80%, coincidiendo con las regiones donde se distribuyen mayormente las selvas medianas y bajas subperennifolias.

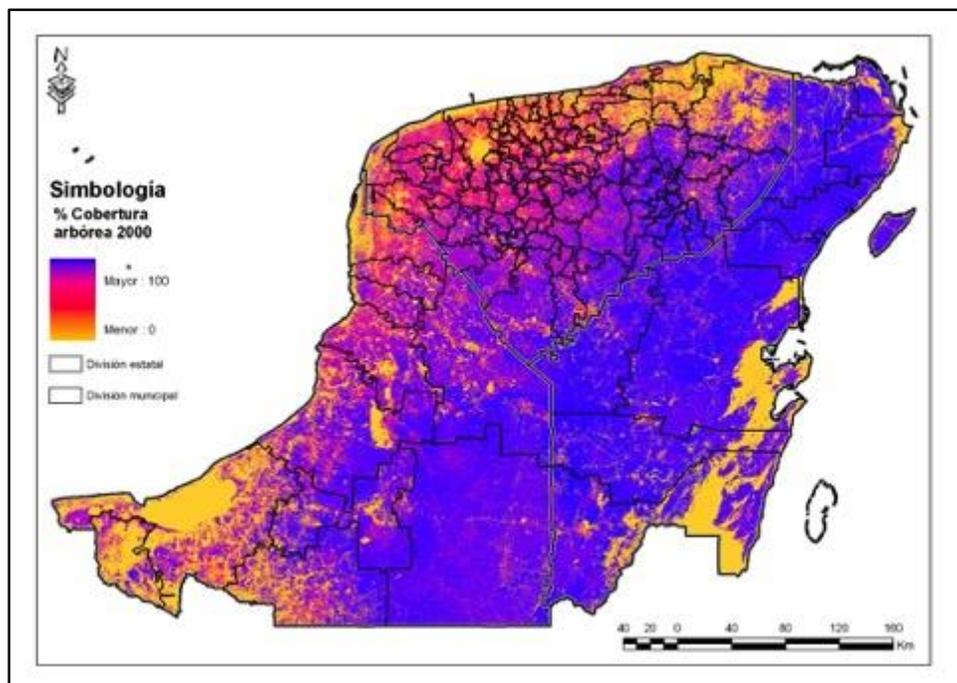


Figura 72. Representación de porcentaje de cobertura arbórea para el año 2000 basado en los datos Global Forest Change (GFC) (Hansen et al. 2013).

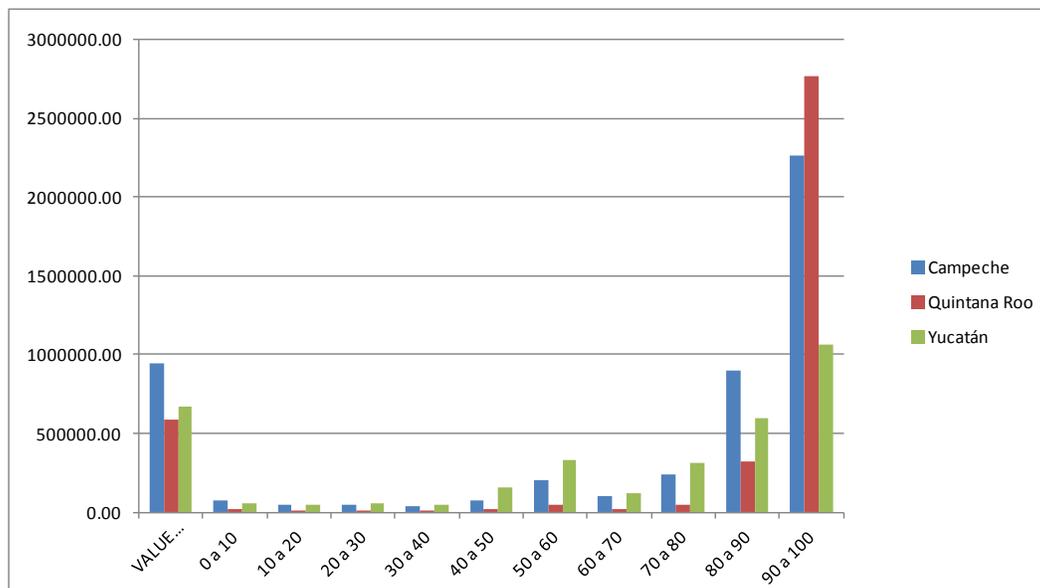


Figura 73. Superficie deforestada (Valor = 0) y con diferentes porcentajes de cobertura arbórea para el año 2000 en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo basado en los datos GFC (Hansen et al. 2013).

En la Figura 73, la gráfica también muestra una mayor superficie forestal con cobertura arbórea mayor a 90% presente en el estado de Quintana Roo (65%) asociado con una menor superficie de áreas sin ninguna cobertura arbórea (alrededor de 500,000 ha). Campeche tiene una mayor superficie de zonas sin cobertura arbórea, con casi un millón de ha, seguido por Yucatán con casi 750,000 ha sin cobertura arbórea. Sin embargo, hay que mencionar que en estos datos de GFC existen grandes extensiones de superficie sin cobertura arbórea que corresponden a zonas con sabanas o humedales, y particularmente zonas que corresponden a la Bahía de Chetumal en Quintana Roo y la Laguna de Términos en Campeche, por lo que no todo representa deforestación por causas humanas. En las Figuras 72 y 73, se observa que el estado de Campeche contiene una gran superficie de selvas con menor cobertura arbórea (70 a 90%), representando degradación y recuperación forestal, mientras que en el estado de Yucatán se ve una mayor superficie de selvas con porcentajes de cobertura arbórea entre 50 y 70%, indicando una mayor cantidad de selvas secundarias regeneración presentes en el estado de Yucatán. Como se menciona arriba, el dato de porcentaje de cobertura arbórea provee un valioso insumo para el análisis de vegetación arbórea en la región, la pérdida y degradación de la cobertura forestal, y los patrones ecológicos de la distribución de vegetación en la PY.

Los datos de GFC (Hansen et al. 2013) también incluyen la superficie de cobertura arbórea perdida entre el 2001 y 2013, específicamente con una pérdida de más de 50% de la cobertura arbórea por pixel, e inversamente incluye el dato de cobertura arbórea ganada, definida como la transición de deforestado a forestado o una recuperación de mayor de 50% de la cobertura arbórea por pixel. La Tabla 4 resume los datos de pérdida y ganancia de cobertura forestal de Hansen et al. 2013 para los tres estados de la PY, donde se refleja una mayor pérdida de áreas forestales en Campeche con 399,061 ha, seguidos por Yucatán con 340,501 ha y Quintana Roo con 337,277 ha. Estos datos de pérdida de cobertura forestal se traducen en un 82,833 hectáreas anuales en la PY, o entre 25 y 30,000 ha por estado, cifras que no difieren mucho de lo reportado para Yucatán y Campeche entre el 1993 y 2002 (Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010). En términos de porcentaje de superficie forestal perdida entre 2001 y 2013 en los tres estados, los valores son similares entre 7 y 8.5% con el mayor porcentaje en Yucatán y el menor en Campeche.

Sin embargo, las dinámicas en la cobertura forestal no se pueden describir sin tomar en cuenta los procesos de recuperación de selvas en la región. Aunque falta una buena validación de los datos de GFC de ganancia de cobertura forestal y los autores observan una posible subestimación de los procesos de regeneración de selvas en la PY, este dato ofrece un valioso acercamiento de los procesos de recuperación general que se observan en los tres estados. En cuanto ganancia de áreas con cobertura forestal se demuestra una mayor superficie en el estado de Yucatán con 173,446 ha, seguido por el estado de Campeche con 105,825 ha y finalmente Quintana Roo con 90,363 ha. El proceso de recuperación de cobertura arbórea ha sido mayor en el estado de Yucatán con el doble de porcentaje de superficie regenerada (4.3%) comparado a Campeche (1.4%) y Quintana Roo (2.0%), de acuerdo a los datos de Hansen et al. 2013. La Figura 72 muestra la representación espacial de los datos de pérdida y ganancia de GFC en la PY. Si se calcula el porcentaje neto de pérdida de cobertura forestal entre 2001 y 2013, el estado de Quintana Roo (5.5%) supera a Campeche (5.1%) y Yucatán (4.2%), lo cual se ve reflejado en el cálculo de porcentaje de pérdida de cobertura forestal neta por año, con -0.42%/año para Quintana Roo, -0.39%/año para Campeche y -0.32%/año para Yucatán.

Hay que aclarar, que estas tasas no son calculadas en base a superficies forestadas existentes entre los distintos años (2001 y 2013) y por lo tanto son solo indicadores de tasas de pérdida de cobertura arbórea y no necesariamente reflejan las tasas reales de deforestación por acciones humanas. Adicionalmente, no se consideran los errores potenciales en los datos de ganancia y pérdida de GFC. Sin embargo, estas tasas de pérdida de cobertura forestal se semejan las tasas nacionales reportadas por FAO (2010) de -0.35 entre el 2000 y 2005 y -0.24 entre el 2005 y 2010.

Por otro lado, tomando en cuenta la superficie deforestada anual, si se considera un promedio de 80,000 ha de pérdida neta de cobertura forestal en la PY entre el 2001 y 2013 de acuerdo a los datos de GFC, esto se traduce en alrededor de un alarmante 60% de la deforestación nacional anual ocurriendo dentro de la PY, considerando las cifras nacionales de pérdida forestal reportados por la FAO (2000-2010). Finalmente es importante mencionar el siguiente punto; como se menciona arriba en la descripción de dinámicas de cobertura forestal mediante la revisión bibliográfica, grandes superficies fueron “deforestadas” en Quintana Roo debido a varios incendios (relacionados con huracanes) en este periodo, y esto afecta significativamente las cifras de pérdida de cobertura forestal para la PY.

Tabla 4. Superficie (hectáreas) y porcentaje de área con pérdida y ganancia de cobertura forestal por pixel y la tasa anual de cambio en cobertura forestal para los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, basado en los datos GFC (Hansen et al. 2013).

Estado	Pérdida	Ganancia	% de pérdida	% de ganancia	% Neto	% Neto/año
Campeche	399061	105825	6.92	1.84	-5.09	-0.39
Quintana Roo	337277	90363	7.53	2.02	-5.51	-0.42
Yucatán	340501	173446	8,54	4.35	-4.19	-0.32

En la Figura 74 podemos ver la variación anual en la pérdida de superficie forestal entre el 2001 y 2013, donde se refleja una deforestación anual generalmente mayor en Campeche, una disminución en la deforestación en Yucatán en los últimos 3 años y los picos en áreas deforestadas ocasionados por impactos como incendios, por ejemplo en el 2009 en los 3 estados. En Quintana Roo es mucho más notable la frecuencia e impacto de pérdidas anuales ocasionados por incendios como se observa en el 2006, 2009 y 2011 y se afirma con los datos de superficies afectadas por incendios por entidad entre el 2000 y 2012 (INEGI 2015) . Tan solo en el año de 2009 se reportan más de 40,000 ha quemadas (CONAFOR 2006, 2010 y 2013) lo cual afecta significativamente las cifras de pérdida de cobertura forestal en este estado para el periodo 2001-2013. Por otro lado, las actividades humanas pueden relacionarse con los impactos de fenómenos naturales, por ejemplo los casos que áreas quemadas se siguen quemando por intervención humana para mantenerlas o convertirlas a otros usos de suelo o selvas que puedan ser más susceptibles a incendios debido a la degradación y explotación forestal. Es por eso que este estudio realiza una

evaluación y mapeo más puntual de los determinantes de deforestación basada en los datos de GFC, y que se presentan estos resultados más detallados posteriormente.

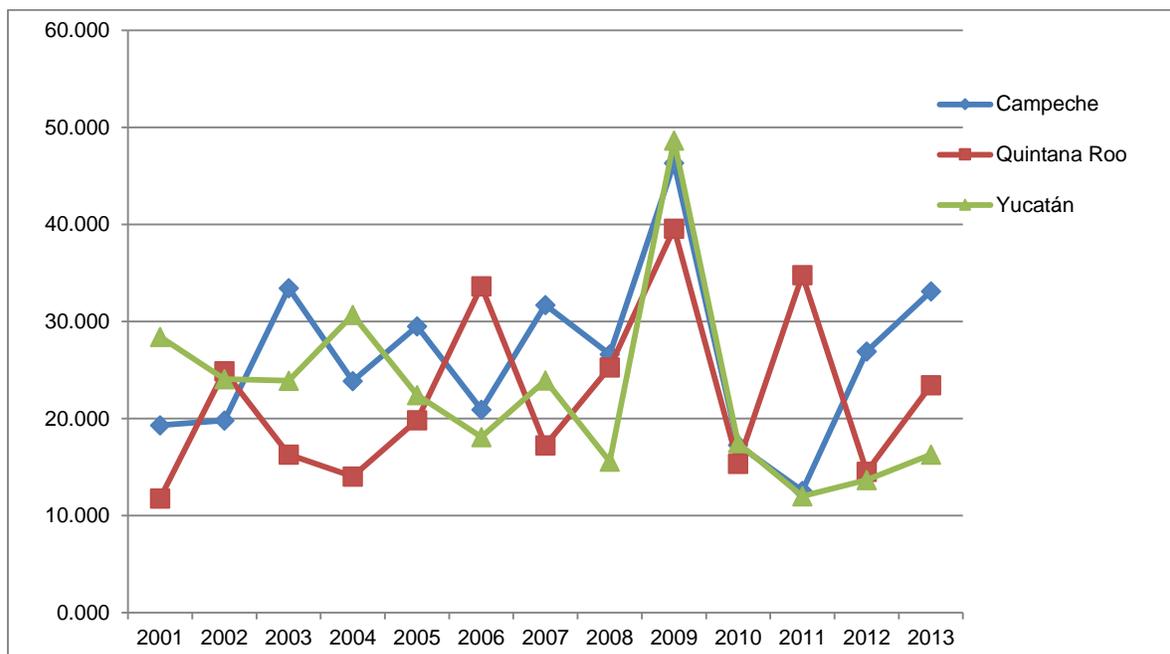


Figura 74. Superficie de pérdida de cobertura forestal anual entre el 2001 y 2013 en los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, basado en los datos GFC (Hansen et a. 2013).

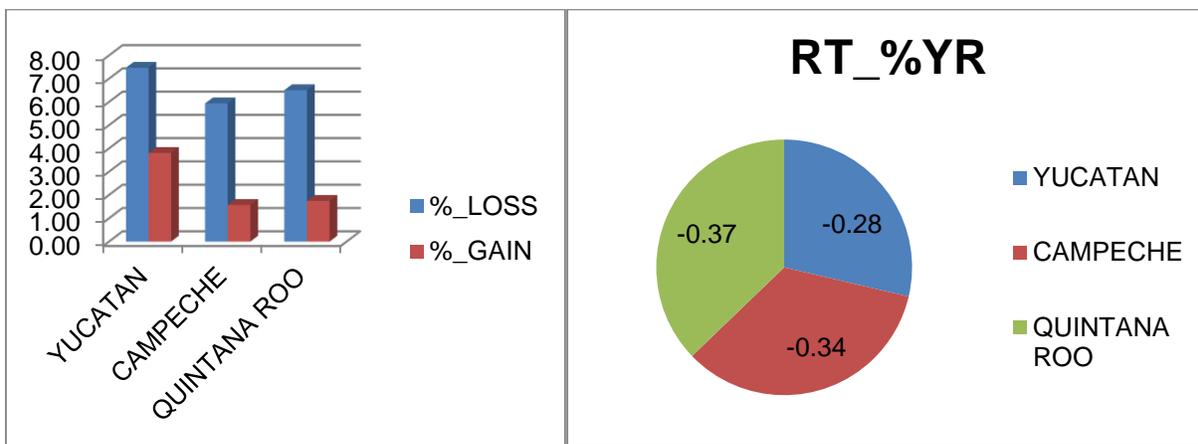


Figura 75. Porcentaje de área con pérdida y ganancia de cobertura forestal y la tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal para los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo, basado en los datos GFC (Hansen et a. 2013).

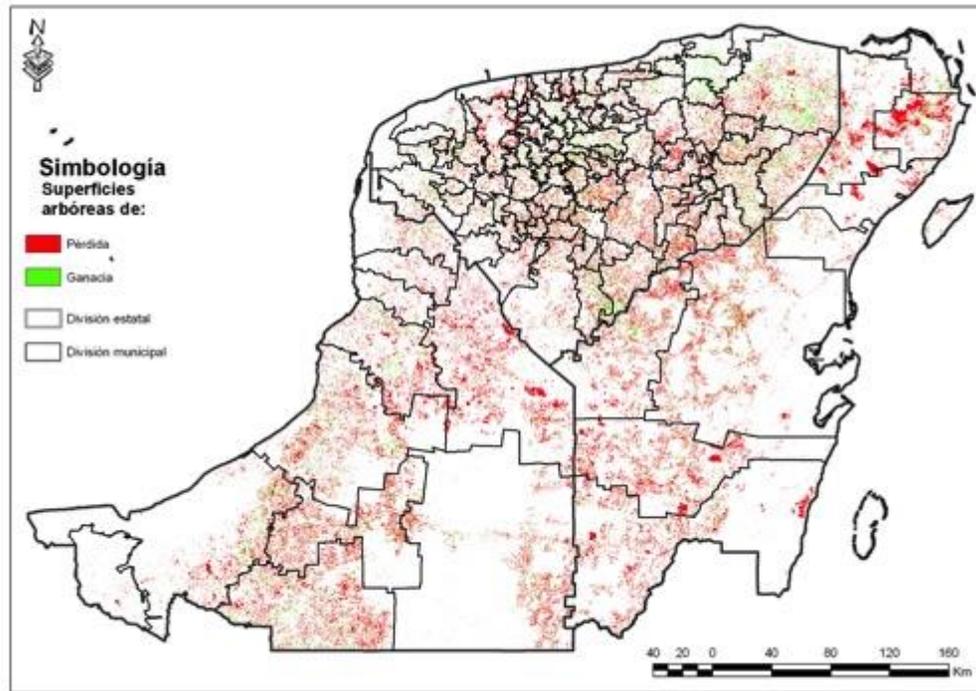


Figura 76. Representación espacial de pérdida y ganancia forestal en la PY de acuerdo a los datos de GFC (Hansen et al. 2013) en la PY.

2.2 Deforestación y *Hotspots* en los Estados de la PY

Campeche

Cuando analizamos los datos de pérdida de cobertura forestal con más detalle en la PY, por ejemplo a nivel de municipio (o región en el estado de Yucatán), podemos apreciar espacialmente como se diferencia los procesos de cambios entre los tres estados y en su interior y donde se presentan las zonas con mayor amenaza. La Identificación de estas zonas con procesos más fuertes de deforestación (*hotspots* o focos rojos) en los últimos 10 años como aquellos con más estabilidad en su cobertura forestal, son esenciales para la toma de decisiones y desarrollo de políticas públicas para frenar la deforestación y degradación forestal en la región, así mismo, son de gran utilidad para generar el mapa de regionalización de deforestación y drivers presentados al final de esta sección.

Como se indica anteriormente en base a la revisión bibliográfica y el análisis de los datos de GFC arriba, en Campeche se observa una mayor presencia de superficie deforestada, y se reportan tasas

de deforestación más altas en la literatura, comparado a los otros dos estados de la PY. Dentro del Estado de Campeche, los municipios que destacan con mayor pérdida de cobertura forestal entre el 2001 y 2013 son: 1) Hopelchen, 2) Candelaria, 3) Champotón y 4) Escárcega (Figura 77). La Figura 78 refleja la tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal (considerando los datos de ganancia de GFC), donde se indican los municipios con mayor tasa de deforestación: 1) Hopelchen (-0.64), 2) Candelaria (-0.57), 3) Escárcega (-0.47), 4) Campeche (-0.46), 5) Champotón (-0.48%) y Hecelchakán (-0.38) y el restante de los municipios con tasas menores de -0.22. Con respecto a la deforestación anual entre el año 2001 y 2013, la Figura 79 indica la deforestación anual en los municipios de Campeche y corrobora una mayor superficie de deforestación localizada en los municipios de Candelaria y Hopelchén. No obstante, adicionalmente vemos que la deforestación puede variar mucho en cada año, variando entre 2000 a 12000 ha al año entre el 2001 y 2013 por municipio. En el caso particular de Campeche vemos un repunte en la superficie deforestada en el año 2009 por impacto de incendios en la mayoría de los municipios, y adicionalmente vemos un incremento notable en la deforestación del 2011 al 2013 en los municipios de Hopelchen, Candelaria, Calakmul y Champotón.

Como se describe en la literatura y trabajo de campo, en el municipio de Hopelchen se presenta la deforestación por el establecimiento de potreros y de agricultura mecanizada, con una contribución significativa de agricultura mecanizada por comunidades Menonitas. En Candelaria y Escarcega la deforestación es mayormente por la actividad Ganadera, un proceso que se viene dando desde los programas de colonización en los 1970s. En municipios como Champotón y Campeche se presenta una mayor diversidad de conversión forestal para usos de suelo agrícola y ganadera, incluyendo cultivos de caña y más recientemente la expansión de agricultura mecanizada.

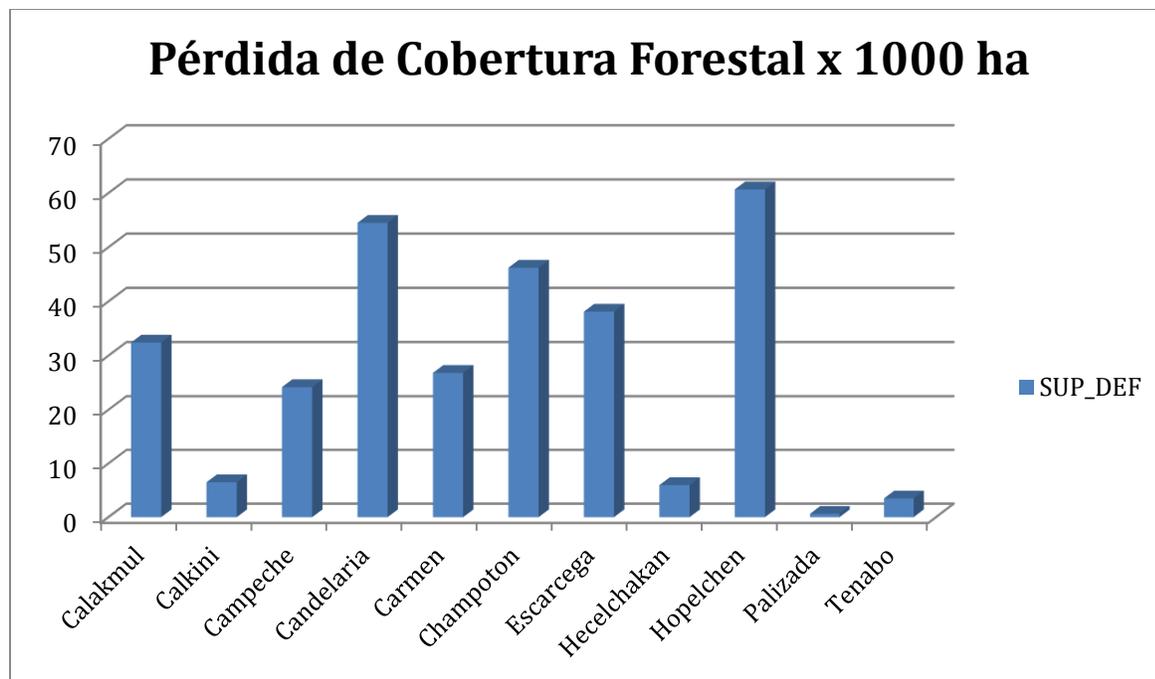


Figura 77. Pérdida de cobertura forestal por municipio entre el 2001 y 2013 en el Estado de Campeche (Hansen et al. 2013).

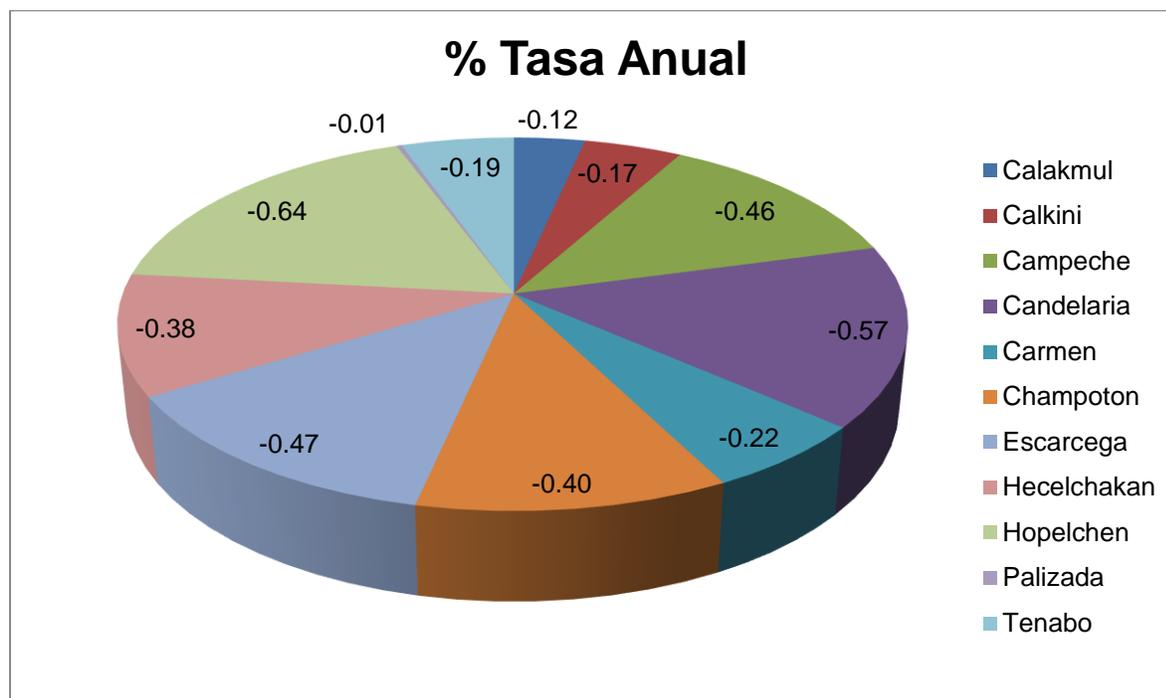


Figura 78. Tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal municipio entre el 2001 y 2013 en el Estado de Campeche (Hansen et al. 2013).

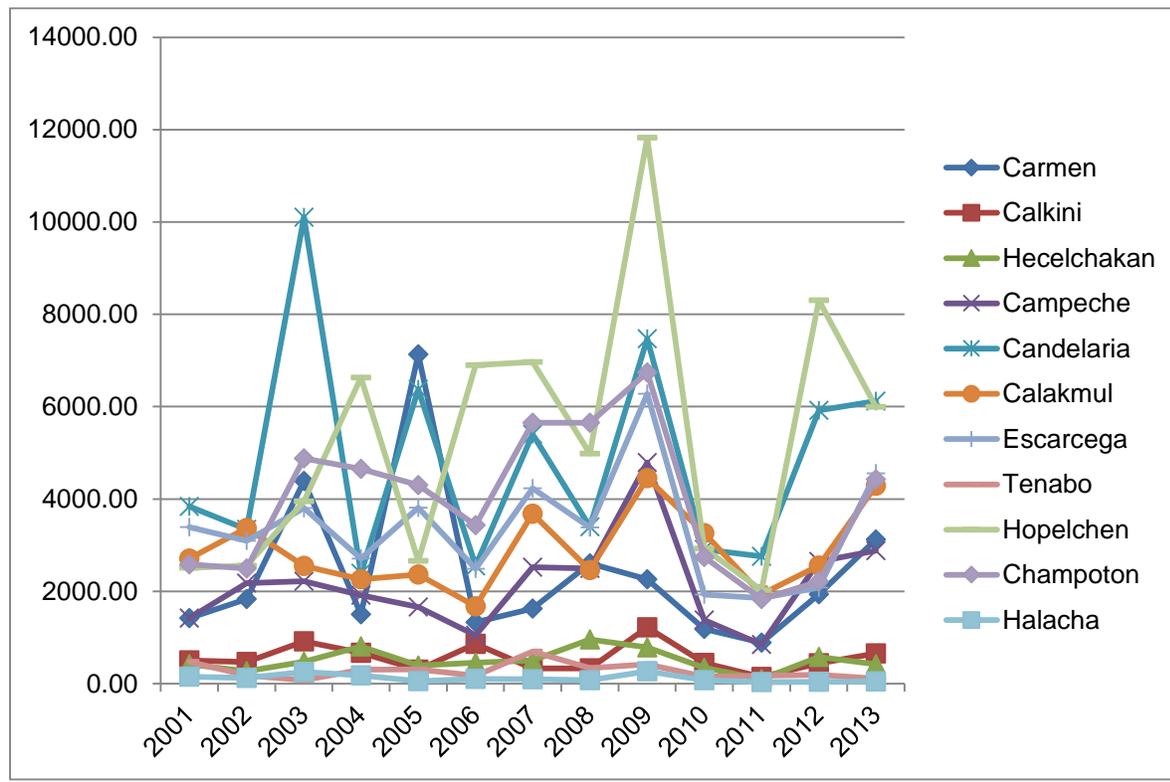


Figura 79. Superficie deforestada por año entre el 2001 y 2013 por municipio en el Estado de Campeche (Hansen et al. 2013) .

Quintana Roo

En el estado de Quintana Roo se pueden observar tasas altas de deforestación similares a Campeche, cuando se considera los datos de GFC analizados. Sin embargo, en base a información evaluada, es notable una gran parte de superficie con pérdida de cobertura forestal ocasionado por los impactos de incendios en adición a la conversión de selvas para usos agrícolas y ganaderos, la expansión urbana, y el desarrollo turístico en el estado. Los datos de GFC demuestran una mayor pérdida de cobertura forestal entre el 2001 y 2013 en los municipios de: 1) Othon P. Blanco, 2) Bacalar y 3) Felipe Carillo Puerto (Figura 80). La Figura 81 refleja la tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal (considerando los datos de ganancia de GFC), donde se indican los municipios con mayor tasa de deforestación: 1) Benito Juárez (-1.09), 2) Bacalar (-0.70), 3) Lázaro Cárdenas (-0.55), 4) Othon P. Blanco (-0.44), 5) José María Morelos (-0.44%) y Solidaridad (-0.34) y el restante de los municipios con tasas menores de -0.20. Con respecto a la deforestación

anual entre el año 2001 y 2013, la Figura 82 nos corrobora una mayor superficie de deforestación anual localizada en los municipios de Othon P. Blanco, Bacalar y Felipe Carrillo Puerto. En general la deforestación anual en estos municipios varía entre 2000 y 5000 ha y donde se observan picos asociados con impactos naturales de incendios. Los picos en pérdida de cobertura forestal asociada con impactos de incendios son muy notables en los municipios de Benito Juárez y Lázaro Cardenas, particularmente en el 2006 después de huracán Wilma en 2005 y luego en el 2009 y 2011 (Figura 82).

En base a la revisión bibliográfica y la validación en campo, en el municipio de Othon P. Blanco la deforestación se asocia principalmente con el cultivo de caña y ganadería. En el municipio de Bacalar, que también presentó tasas muy elevadas de pérdida de cobertura forestal, se observa la expansión de agricultura mecanizada, principalmente por la reciente migración y compra de tierras por parte de Menonitas. En Felipe Carrillo Puerto, la práctica de agricultura de roza-tumba-quema o milpa maya se asocia con procesos más dinámicos de deforestación y recuperación de selvas, resultando en una tasa neta de deforestación relativamente baja (-0.20). Las milpas, por lo general se van estableciendo y rotando dentro de un área agrícola delimitado en los ejidos. En el municipio de Benito Juárez, que tuvo la tasa de pérdida de cobertura forestal más alta en el estado y en la PY, se asocia la deforestación con los impactos de incendios encimados con la expansión urbana y el desarrollo del sector turístico.

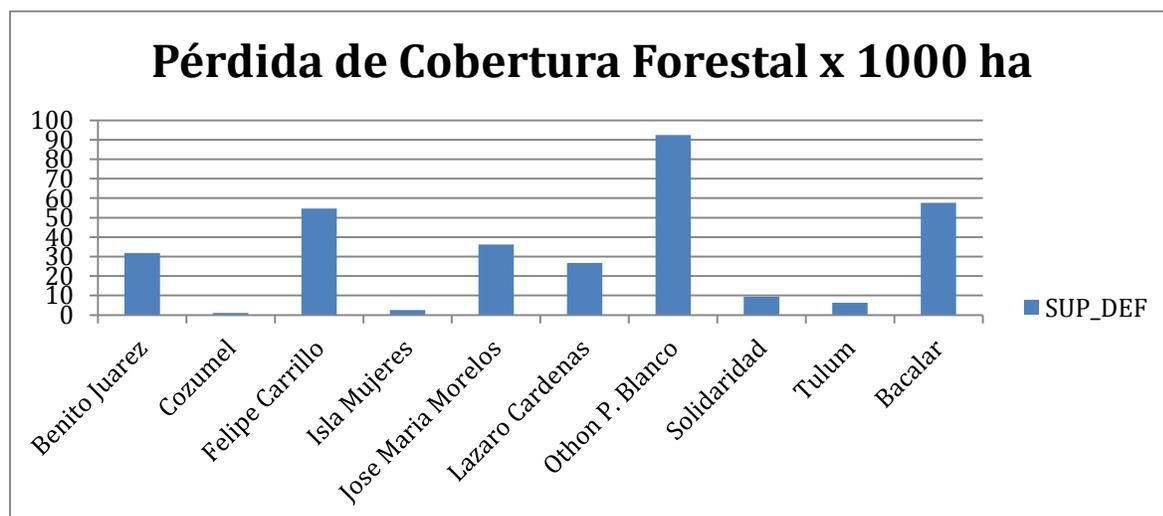


Figura 80. Pérdida de cobertura forestal por municipio entre el 2001 y 2013 en el Estado de Quintana Roo (Hansen et al. 2013).

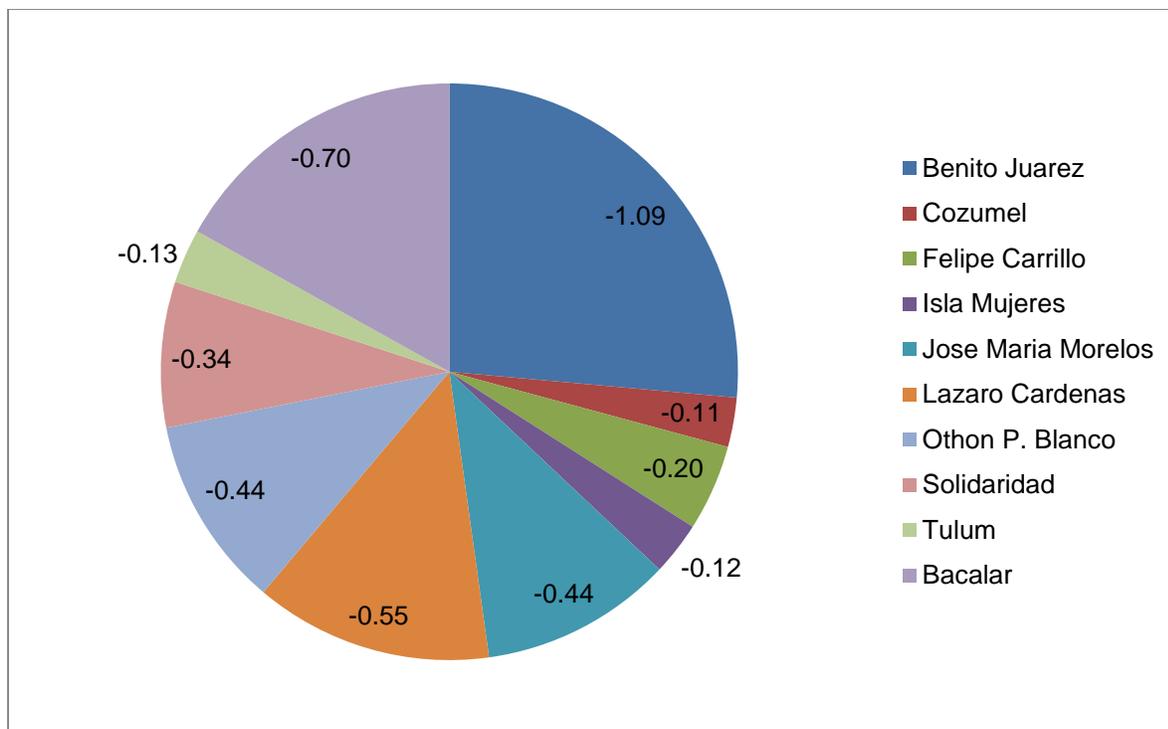


Figura 81. Tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal municipio entre el 2001 y 2013 en el Estado de Quintana Roo (Hansen et al. 2013) .

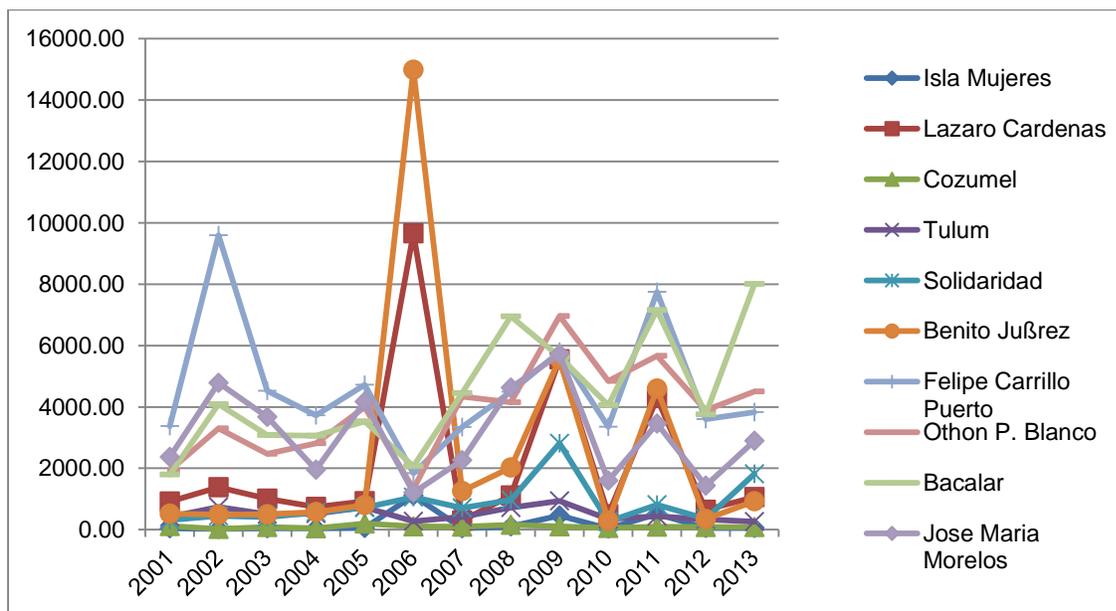


Figura 82. Superficie deforestada por año entre el 2001 y 2013 por municipio en el Estado de Quintana Roo (Hansen et al. 2013) .

Yucatán

El estado de Yucatán contiene un total de 106 municipios la cual se divide entre 7 regiones (Gobierno del Estado de Yucatán 2008). Para fines de facilitar la presentación de resultados y la discusión sobre los procesos de deforestación en la PY, se presenta los resultados sobre Yucatán a nivel de región como se muestra en la Figura 83. En Yucatán, de acuerdo a los datos de cobertura forestal de GFC, la tasa neta de pérdida arbórea es menor aunque muy similar a los otros estados (-0.24), aunque se observa una mayor superficie de recuperación de cobertura forestal en el estado. La información bibliográfica, aunque más escasa comparado a los otros estados, confirma procesos de deforestación acelerada en Yucatán desde los 1960s y 1970s, mayormente para ganadería y cultivo de maíz (Andrade 2010), y más recientemente, procesos de abandono y recuperación de vegetación natural, particularmente en la zona henequenera del estado en las regiones Centro y Poniente del estado (Andrade 2010). Los datos de GFC muestran una mayor pérdida de cobertura forestal entre el 2001 y 2013 en las regiones de: 1) Oriente, 2) Sur, y 3) Noreste (Figura 84). La Figura 85 refleja la tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal (considerando los datos de ganancia de GFC), donde se indican las regiones con mayor tasa de deforestación: 1) Oriente (-0.52), 2) Noroeste (-0.52) y 3) Sur (-0.34) y el restante de los municipios con tasas menores de -0.28. Con respecto a la deforestación anual entre el año 2001 y 2013, la Figura 86 nos corrobora una mayor superficie de deforestación anual localizada mayormente en la región Oriente, donde se observa una disminución en los últimos tres años, seguido por mayores extensiones de pérdida de cobertura forestal en las regiones Sur y Noreste. Con la excepción de la región Oriente, donde la deforestación anual ha variado entre los 6000 y 12,000 ha, las demás regiones por lo general han perdido entre 1000 y 5000 ha de cobertura forestal anualmente. En Yucatán, se observa notablemente el pico en la superficie deforestada durante el 2009, reflejando también los impactos de incendios en el estado durante este periodo en la mayoría de sus regiones (Figura 86).

En base a la revisión bibliográfica y la validación en campo, en la región Oriente y Sur se va dando la deforestación por una expansión del cultivo de maíz, y en la región Noreste, mayormente por la expansión ganadera. La deforestación observada en la región noroeste se asocia con la expansión urbana en los alrededores de Mérida, sumándose la deforestación por incendios que frecuentemente son causadas intencionalmente por la población para propiciar el cambio de uso de suelo. Otra característica que destaca en la dinámica de la cobertura forestal en el estado de Yucatán es la mayor presencia de cobertura arbórea ganada, como se describe arriba. Esto resulta

en la presencia de tasas netas de deforestación muy bajas en varias regiones como el Centro, Poniente y Noreste.

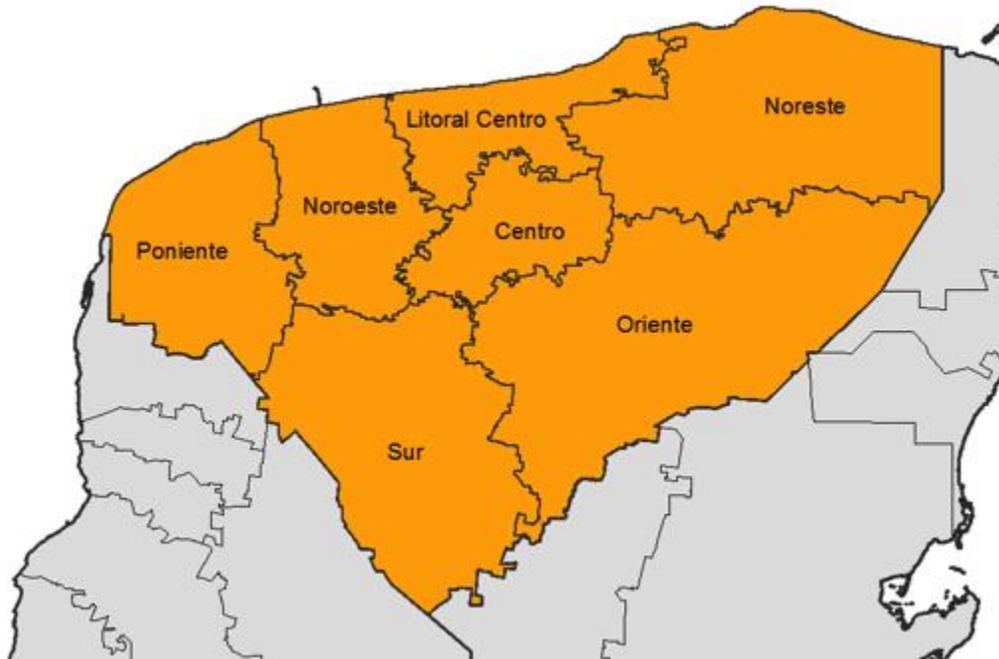


Figura 83. Regiones en el Estado de Yucatán .

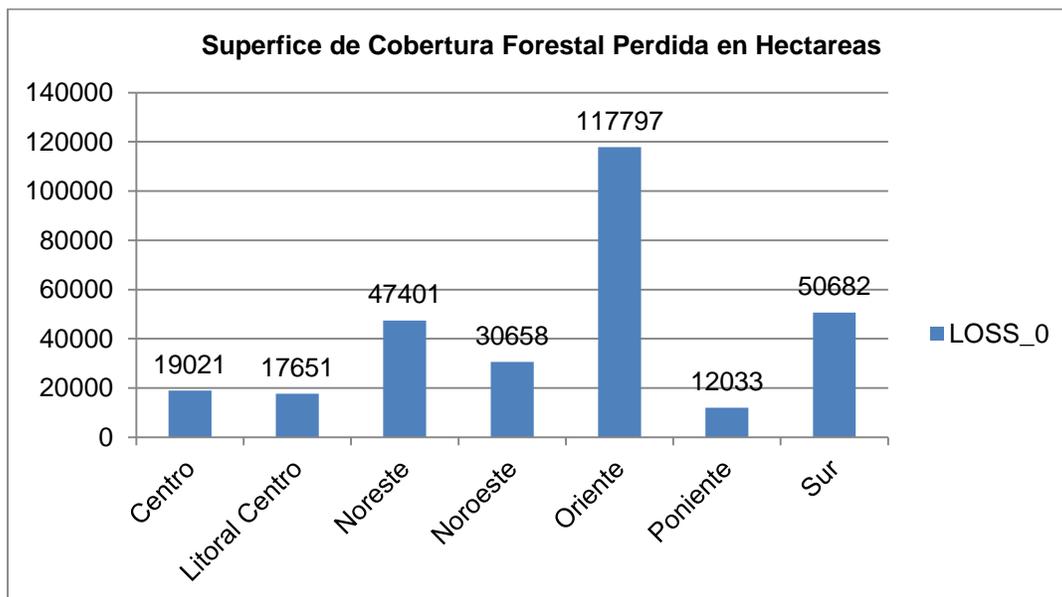


Figura 84. Pérdida de cobertura forestal por región entre el 2001 y 2013 en el Estado de Yucatán (Hansen et al. 2013) .

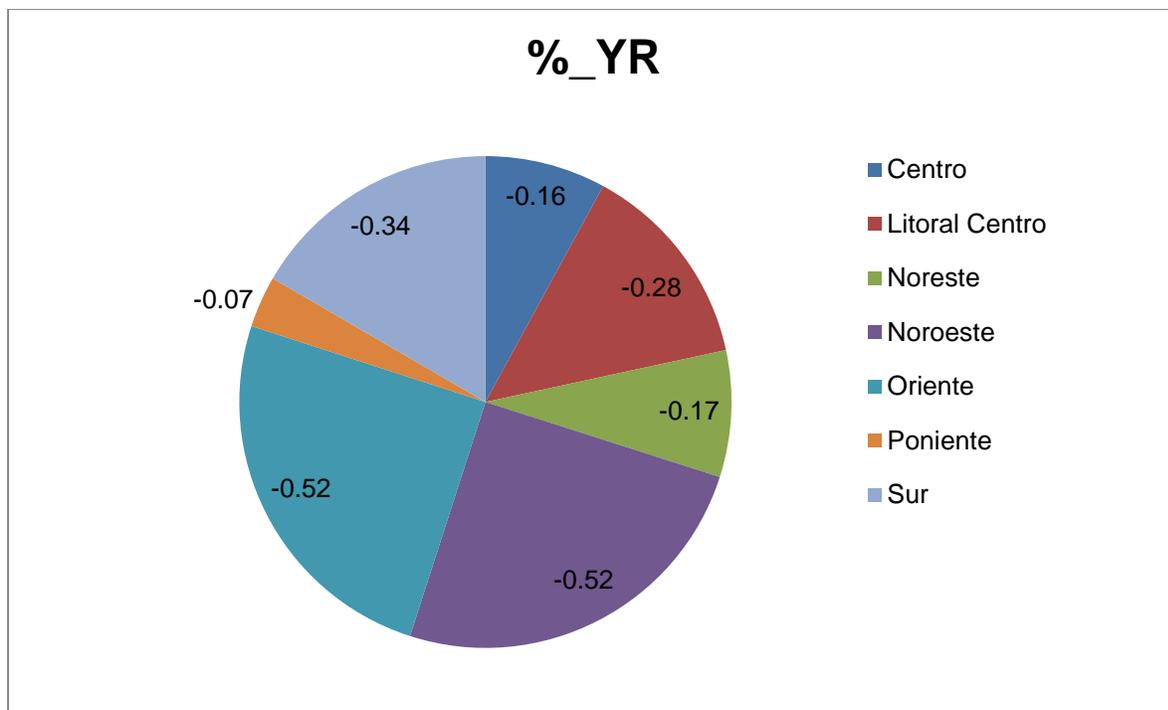


Figura 85. Tasa neta anual de pérdida de cobertura forestal por región entre el 2001 y 2013 en el Estado de Yucatán (Hansen et al. 2013).

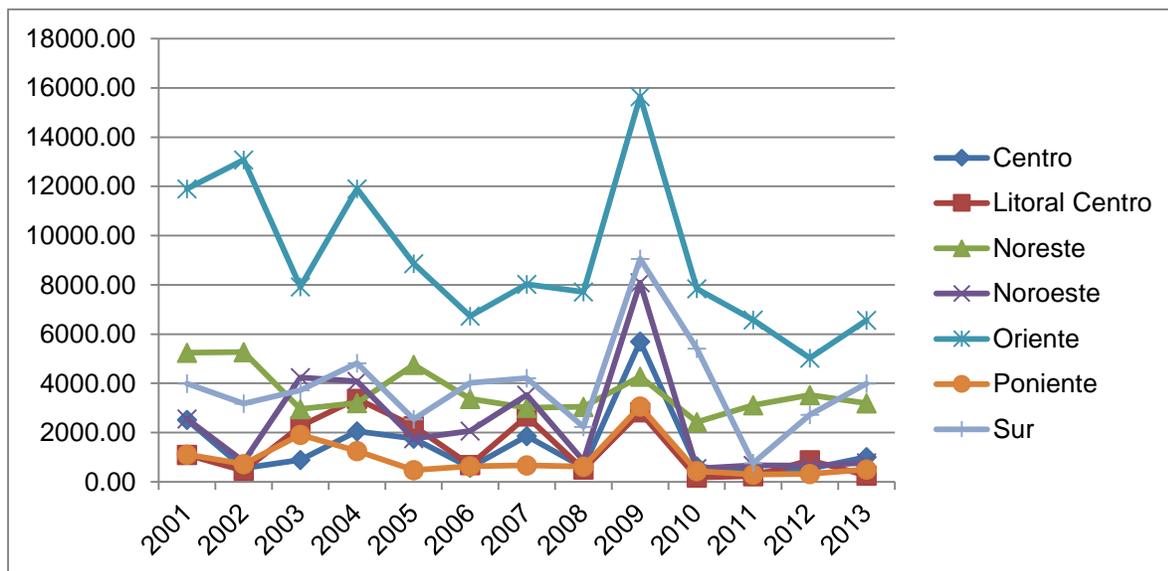


Figura 86. Superficie deforestada por año entre el 2001 y 2013 por municipio en el Estado de Yucatán (Hansen et al. 2013).

Hotspots de Deforestación

La Figura 87 muestra la categorización de los municipios en la PY (o regiones en el caso de Yucatán) de acuerdo a su grado de pérdida de cobertura forestal, basado en los datos analizados de GFC. Los municipios con una tasa neta de pérdida de cobertura forestal anual mayor a -0.5 son categorizados como alto (rojo), entre -0.5 y -0.3 como mediano (amarillo), y menor de -0.3 como bajo (verde). En Campeche sin duda resaltan los municipios de Hopolchén y Candelaria como *hotspots* (Figura 88). En Hopelchen la reciente amenaza alta de deforestación se debe a la expansión de agricultura mecanizada para el cultivo de maíz, sorgo y soya, actividad emprendida principalmente por productores menonitas. En el 2005 y recientemente, han habido compras y rentas de tierras ejidales por parte de menonitas para el establecimiento de cultivos, propiciando una mayor deforestación en la región. Adicionalmente se viene dando la expansión de áreas con potreros, actividad emprendida en ejidos y propiedad privada, y más presente en el sur del municipio. En Candelaria, se observa un proceso de deforestación reciente mayormente relacionado con la expansión de áreas ganaderas. Se nota que los programas de PROGAN para ganadería y PROCAMPO para cultivo de maíz, han sido entre factores subyacentes en los procesos de deforestación en estos dos *hotspots* en Campeche.

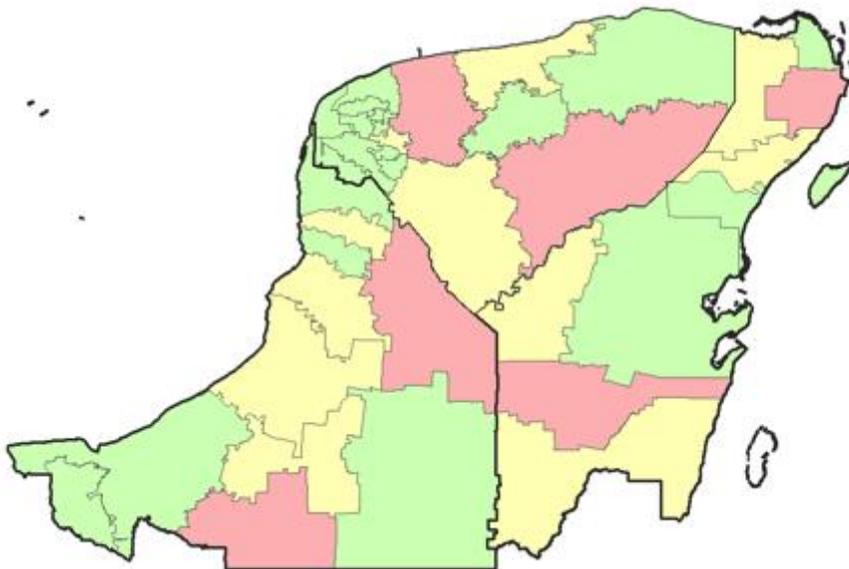
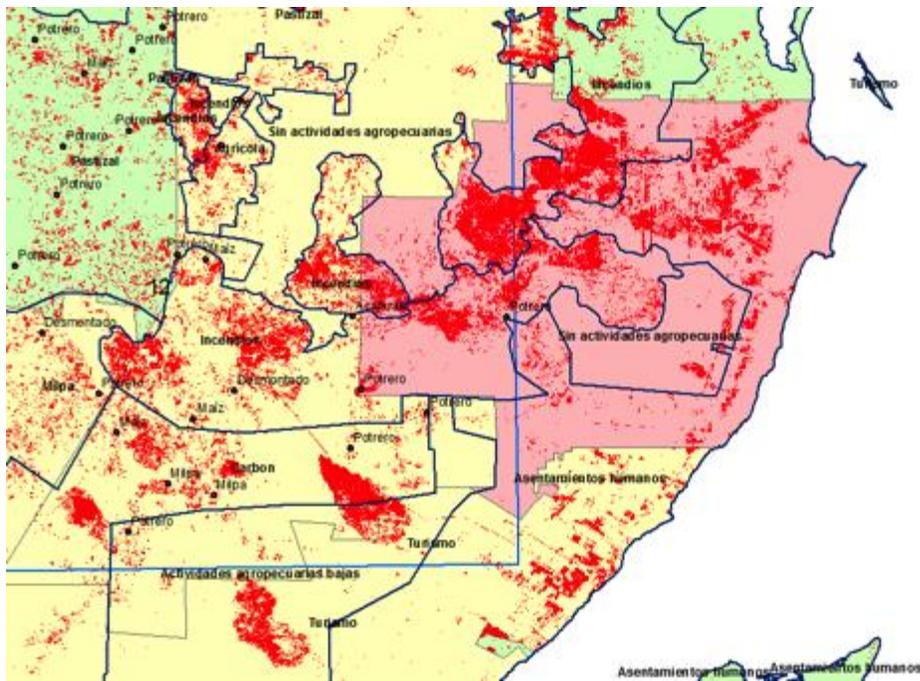


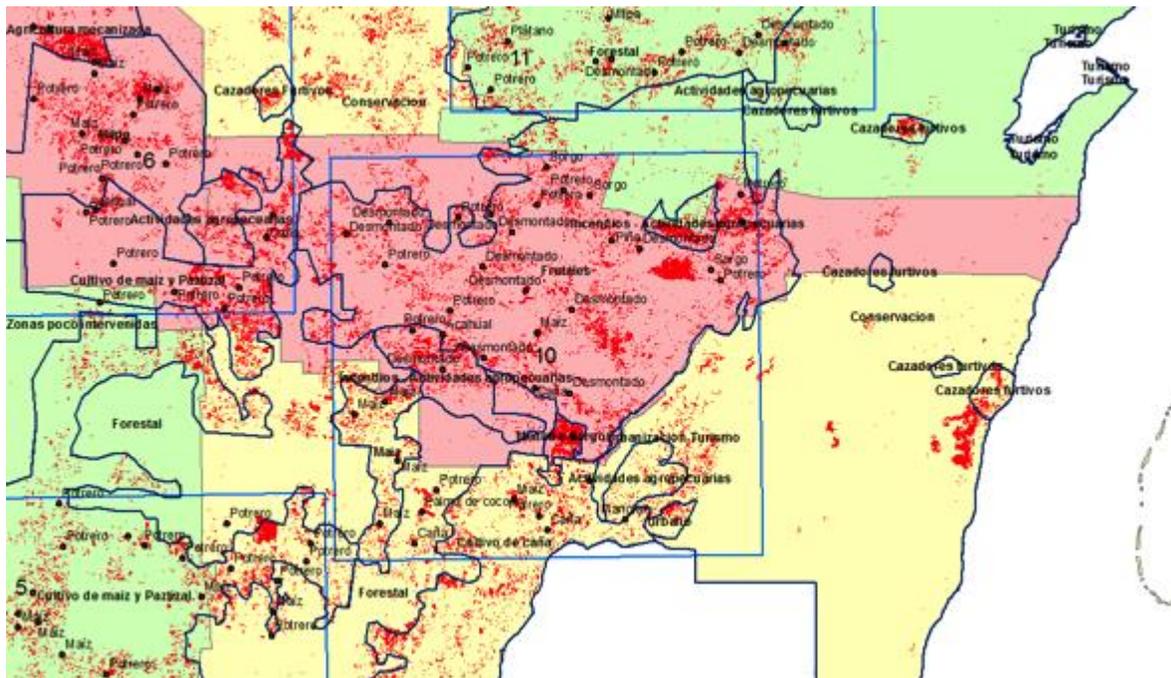
Figura 87. Semáforo de amenaza de deforestación por municipio (o región) en la PY basado en la superficie y tasa neta de pérdida de cobertura forestal entre el año 2001 y 2013 (rojo = alto, amarillo = mediano y verde = bajo. (Adaptado de Hansen et al. 2013) .

En Quintana Roo los municipios que destacan como *hotspots* de deforestación incluye n Benito Juárez en el norte del estado y Bacalar en el sur del estado. La deforestación y las causas inmediatas de uso de suelo actual se pueden observar en la Figuras 89. En el municipio de Benito Juárez, observamos un impacto significativo de incendios relacionado con la pérdida de cobertura forestal. Sin embargo, también es notable la extensión de deforestación ocasionada por la expansión urbana y de infraestructura relacionado con el desarrollo turístico de la región entre el 2001 y el 2013. En combinación, estos dos determinantes de deforestación resultan en la más alta tasa de deforestación identificada en la PY de -1.09. En el municipio de Bacalar también se observa una alta superficie forestal perdida y una alta tasa de pérdida de cobertura forestal reciente (2001-2013). La deforestación en este municipio se asocia principalmente con la expansión de la actividad agrícola y ganadera pero también se observa la influencia de los impactos de incendios. En Bacalar, durante el periodo de estudio, se documenta y se observa en campo la migración y compra de tierras por parte de familias menonitas que se asentaron en la localidad de Nueva Salamanca y que se le atribuye mucha de la superficie deforestada en los últimos años dentro del municipio. Los cultivos principales establecidos en el municipio son sorgo maíz y caña. Al igual que otras regiones en la PY, los programas de PROGAN y PROCAMPO, y créditos otorgados a Menonitas o para cultivo de caña son causas subyacentes importantes de la deforestación en este *hotspot* en Quintana Roo.

En el estado de Yucatán las regiones que destacan como *hotspots* son Oriente, colindando con Quintana Roo y Noroeste que incluye el zona urbana y peri-urbana de Mérida (Figura 90). En la región Oriente, la deforestación reciente se asocia con la expansión de cultivos de maíz de pequeña escala, cual está impulsada fuertemente por programas como PROCAMPO. En la región Noroeste de Yucatán se observa a menor grado la deforestación por la actividad ganadera y se nota una deforestación considerable asociada con la expansión urbana de Mérida entre 2001 y 2013, y adicionalmente el impacto de incendios frecuentes en los alrededores de zona urbana, frecuentemente incendiadas por la población para propiciar el cambio de uso de suelo.

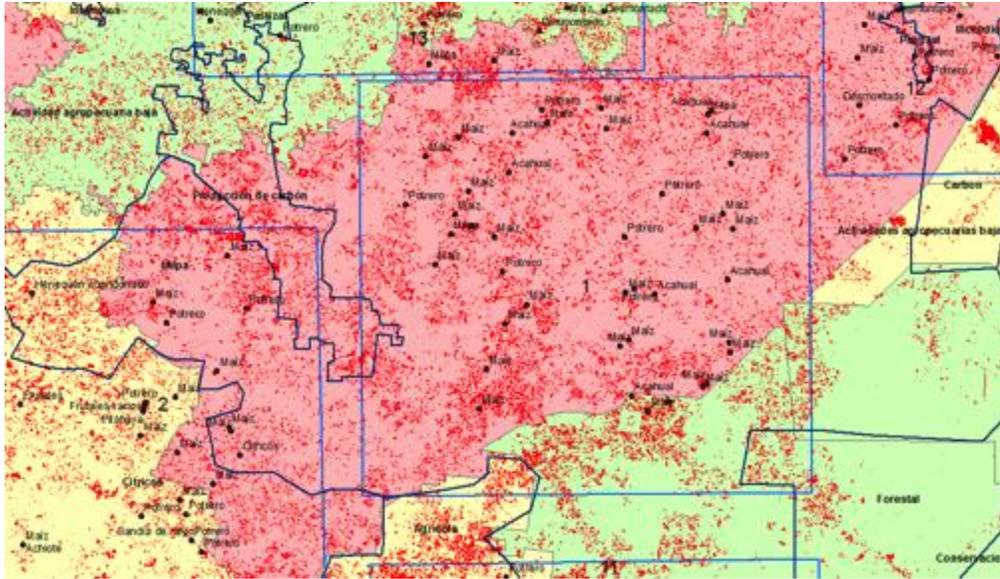


a) Benito Juárez

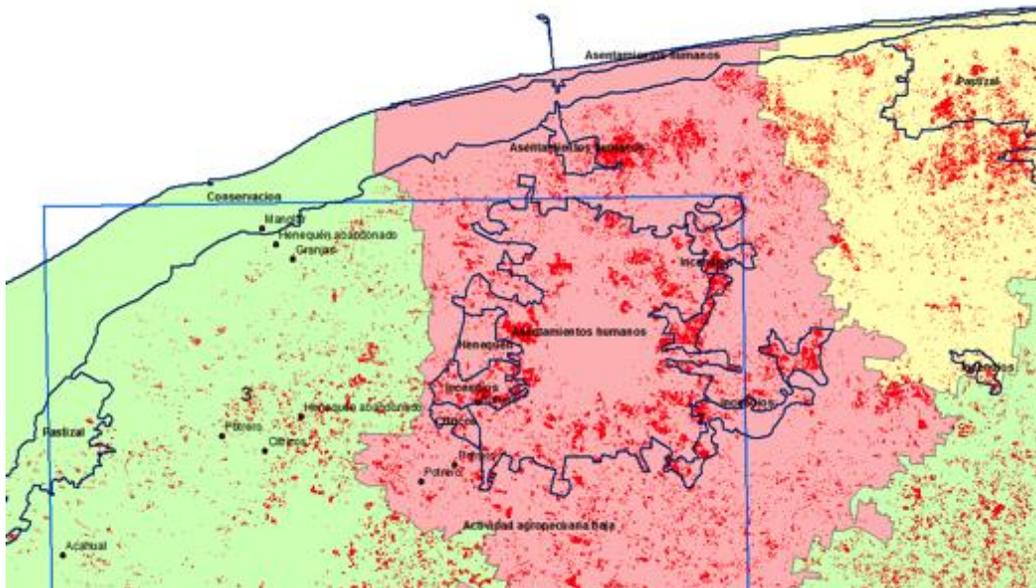


b) Bacalar

Figura 89. Hotspots de deforestación identificadas en el Estado de Quintana Roo indicando usos de suelo actual dentro de la zona.



a) Oriente



b) Noroeste

Figura 90. Hotspots de deforestación identificadas en el Estado de Yucatán indicando usos de suelo actual dentro de la zona.

2.2 Regionalización de la Deforestación en la PY

Como se describe arriba, uno de los principales productos generados por este estudio incluye el mapa de regionalización de la deforestación y sus determinantes en la PY, producto que integra y resume los resultados obtenidos por la investigación bibliográfica, el trabajo de validación de campo, y los análisis de deforestación por región y municipio. Siendo un producto relevante para la toma de decisiones y desarrollo de estrategias encaminadas en reducir la deforestación en la PY, se evaluó y se validó el mapa de regionalización de la deforestación por expertos y funcionarios de ONGs y dependencias gubernamentales de los tres estados. Esta actividad se realizó mediante ejercicios de retro-alimentación durante un taller el 24 de Junio del 2015 en Tantinkín, Yucatán. La Figura 91 presenta el mapa elaborado y la Tabla 5 ofrece una descripción de las regiones, los determinantes y el grado de amenaza de la deforestación presente en cada región.

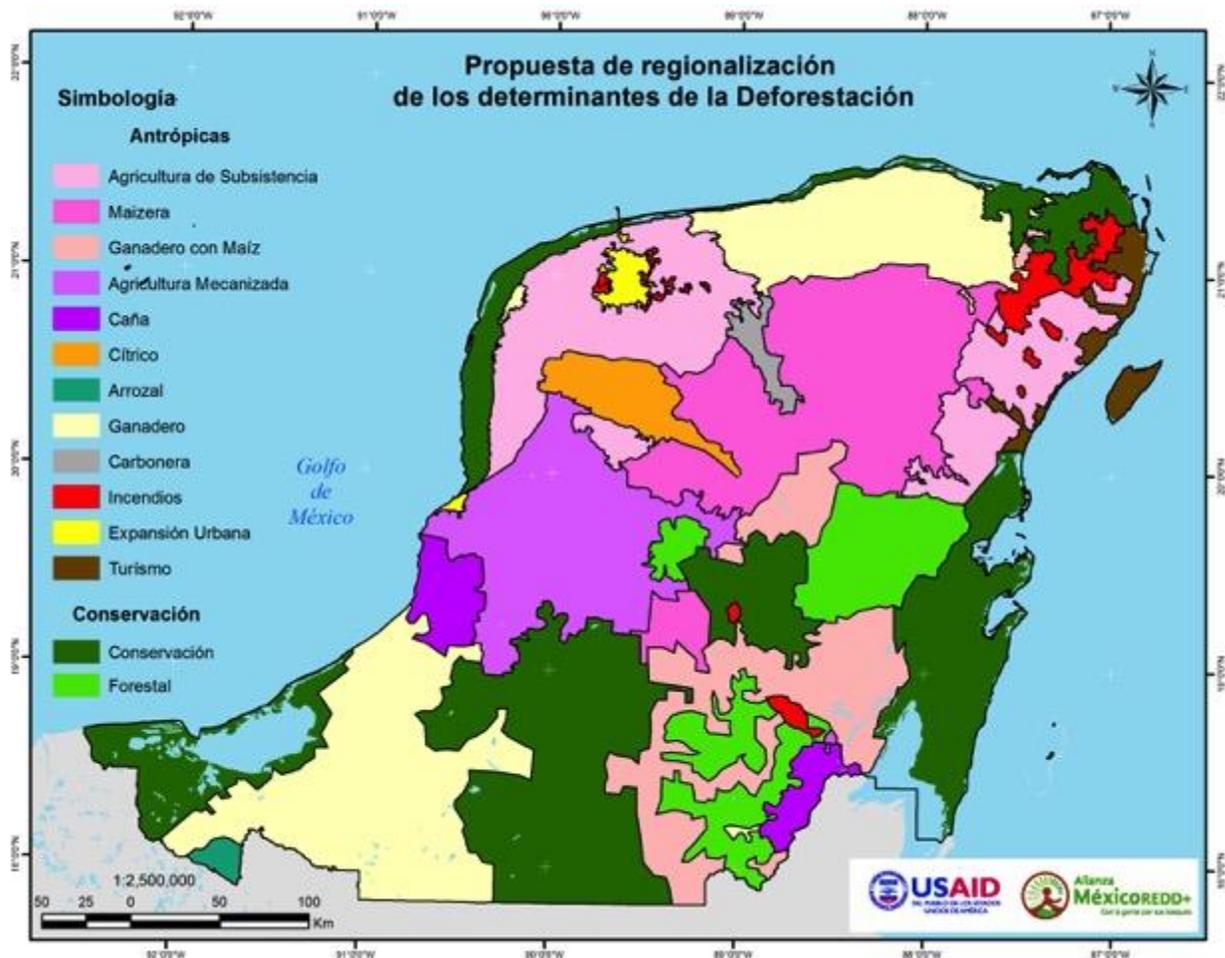


Figura 91. Regionalización de la deforestación en la PY

Tabla 5. Regiones, determinantes y grado de amenaza de la deforestación en la PY.

REGIÓN-CAUSA INMEDIATA	UBICACIÓN	AMENAZA	FACTORES SUBYACENTES
Agricultura de Subsistencia	Solidaridad, Quintana Roo Noroeste, Yucatán Benito Juárez, Quintana Roo Sur, Yucatán Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	Mediano Alto Alto Mediano Bajo	Crecimiento demográfico y marginalización
Agricultura Mecanizada	Hopelchén y Campeche, Camp Bacalar, Quintana Roo	Alto Alto	Migración, créditos, mercados y programas de gobierno
Agricultura Temporal	Sur, Yucatán Lázaro Cárdenas, Quintana Roo Carmen y Champotón, Camp Bacalar, Quintana Roo José María Morelos	Mediano Mediano Bajo Alto Mediano	Programas de gobierno y crecimiento demográfico Programas de gobierno y crecimiento demográfico
Arrozal	Carmen y Palizada, Camp	Bajo	Programas de gobierno y mercados
Caña	Champotón, Campeche Othón P. Blanco, Quintana Roo	Mediano Mediano	Créditos y mercado de azúcar
Carbonera	Oriente, Yucatán	Alto	Demanda de carbón en zonas urbanas
Conservación	Petenes, Camp y Rio Celestún y Rio Lagartos, Yuc Yum Balam, Quintana Roo Chinchorro, Quintana Roo Laguna de Términos, Campeche	Bajo Bajo Bajo Bajo	Conservación mediante ANP y políticas ambientales Economía pesquera Programas de gobierno para desarrollo agropecuario

	Sanctuario del Manatí, Quintana Roo	Mediano	Crecimiento demográfico y desarrollo regional
	Sian Kaan, Quintana Roo	Bajo	Crecimiento demográfico y desarrollo turístico
	Calakmul, Campeche	Bajo	Migración y programas de gobierno agropecuario
	Balam Kaax, Quintana Roo	Mediano	Programas de gobierno para desarrollo agropecuario
Cítrico	Sur, Yucatán	Mediano	Mercado y desarrollo regional
Expansión Urbana	Progreso, Yucatán	Mediano	Crecimiento demográfico y económico
	Mérida, Yucatán	Alto	
	Mérida, Yucatán	Alto	
	Campeche, Campeche	Mediano	
Forestal	Sur, Yuc y Hopechen, Camp	Mediano	Programas de gobierno para desarrollo agropecuario
	Othón P. Blanco, Quintana Roo y Calakmul, Camp	Mediano	
	Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo	Bajo	Crecimiento demográfico y marginalización
	Othón P. Blanco, Quintana Roo y Calakmul, Camp	Mediano	Programas de gobierno para desarrollo agropecuario
Ganadero	Noreste, Yucatán	Bajo	
	Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	Mediano	
	Poniente, Yucatán	Bajo	
	Candelaria y Escárcega, Camp	Alto	Migración y programas de gobierno agropecuario
	Othón P. Blanco, Quintana Roo	Mediano	
Ganadero con Maíz	Calakmul, Camp y Othon P. Blanco, Quintana Roo	Bajo	
	Othón P. Blanco, Quintana Roo	Mediano	Migración y programas de gobierno agropecuario

	Bacalar, Quintana Roo Hopelchén, Campeche	Alto Alto	
Incendios	Benito Juárez y Lázaro Cárdenas, Quintana Roo	Alto	Huracanes y humanos para cambio de uso de suelo
	Mérida, Yucatán Centro, Yucatán	Alto Bajo	Actividad humana y cambio de uso de suelo
	Solidaridad, Quintana Roo	Mediano	Huracanes y humanos para cambio de uso de suelo
	Noroeste, Yucatán José María Morelos, Quintana Roo	Alto Mediano	Actividad humana y cambio de uso de suelo Huracanes y actividad humana
Maizera	Bacalar, Quintana Roo	Alto	Programas de gobierno y crecimiento demográfico
	Oriente, Yucatán Hopelchén, Campeche	Alto Alto	
Turismo	Cozumel	Bajo	Desarrollo turístico y crecimiento demográfico
	Holbox, Quintana Roo	Bajo	
	Isla Mujeres, Quintana Roo	Bajo	
	Benito Juárez y Solidarida, Quintana Roo	Alto	
	Tulum, Quintana Roo	Mediano	

El ejercicio de la regionalización nos revela lo complejo y heterogéneo que son los procesos y las causas de la deforestación en la PY. Dentro de la región peninsular observamos diversos sitios con altos grados de amenaza de deforestación que ocurren por distintas causas inmediatas y factores subyacentes como lo detalla la Tabla 5. Estas zonas incluyen la región de Agricultura mecanizada que ubica mayormente en el municipio de Hopelchen, Campeche y en menor extensión en el municipio de Bacalar en Quintana Roo. Esta reciente expansión de agricultura mecanizada para cultivar maíz, sorgo, soya y otros productos de mercado se debe a una combinación de factores subyacentes que incluye el acceso a créditos, programas de gobierno y la demanda de mercados regionales para estos productos. Es importante mencionar que gran parte de la deforestación causada por la expansión de agricultura mecanizada se asocia con la migración y la compra o renta de tierra por parte de la población Menonita en la región. Por ejemplo, en 2005 una comunidad Menonita adquirió unos 5000 ha del ejido X-Maben en Campeche y más recientemente se ha asentado una nueva comunidad Menonita en el ejido Nueva Salamanca en Bacalar, Quintana Roo don compraron unos 5000 ha.

Las regiones ganaderas donde se han presentado procesos de deforestación significativos en la PY se localizan en los municipios de Candelaria y Escarcega en Campeche, en los municipios de Lázaro Cárdenas, Bacalar y Othon P. Blanco en Quintana Roo y en las regiones Poniente y Noreste de Yucatán. Estas regiones se destacan por grandes superficies deforestadas para uso de suelo de pastizales y la actividad ganadera. En muchas de estas regiones los factores subyacentes se deben a recientes migraciones, crecimiento de población y el acceso a programas de gobierno que subsidian la producción ganadera. En regiones como Candelaria, Campeche y Bacalar, Quintana Roo la ganadería puede presentar un alto grado de amenaza en otros como el noreste de Yucatán la presión es menor y se observa abandono de usos de suelo ganaderos y en regiones como Escárcega, Campeche la reconversión de potreros a palma de aceite o plantaciones forestales. La región ganadera con maíz se concentra mayormente por la reserva de Calakmul y en el municipio Othon P. Blanco donde observamos una mediana amenaza por la deforestación. Sin embargo, la región destaca por su importancia para la conservación de ecosistemas de selvas y su biodiversidad. Otra región con alto grado de amenaza es la región maizera para la comercialización del cultivo que se encuentra mayormente en la región Oriente de Yucatán, en Bacalar, Quintana Roo y Hopelchén, Campeche, y que se asocia con los factores subyacentes de programas de gobierno que subsidian la actividad agrícola y el crecimiento demográfico.

La deforestación asociada con la expansión urbana y de infraestructura asociada con el desarrollo turístico es notable en municipios como Benito Juárez y Solidaridad en Quintana Roo y el impacto del crecimiento urbano y demográfico en la deforestación es también muy notable en la región rodeando la ciudad de Mérida, Yucatán y Campeche, Campeche. Los resultados de la regionalización demuestran la importancia de los incendios en causar la deforestación, y aunque esta se relaciona con fenómenos naturales, por ejemplo los impactos de huracanes, también está fuertemente relacionado con la actividad antropogénica. La mayor presencia de deforestación por incendios se ubican en los municipios de Lázaro Cárdenas y Benito Juárez en Quintana Roo y en la región noroeste de Yucatán. Se observa un notable presencia de deforestación por incendios ocurriendo en las zona aledañas a las ciudades de Cancún y Mérida. Precisamente, en las zonas periurbanas se localizan poblaciones más marginadas que con frecuencia practican la agricultura para autoconsumo ocasionando fuegos y a la vez ejerciendo presiones de deforestación. Más aún, en estas zonas, por su cercanía a las ciudades, tienden a tener una mayor demanda y mercado de tierras, así evitando su recuperación o en casos quemados a propósito. Sin embargo, hay que notar que otras áreas donde se presenta regiones con agricultura de subsistencia o milpa, como en el municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, observamos una baja amenaza a la deforestación por esta actividad. En estos casos los productores rotan las milpas dentro de un área agrícola designada permitiendo la regeneración de selvas entre 8 a 15 años para volver a sembrar, y evitando la expansión de la deforestación en áreas de selva más conservada.

Finalmente, se presentan regiones donde por la presencia de Áreas Naturales Protegidas y en casos por el Manejo Forestal Comunitario se nota una muy baja amenaza de deforestación. La influencia de la actividad forestal de frenar la deforestación en los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othon P. Blanco en Quintana Roo y Calakmul en Campeche es notable y ofrece una buena estrategia para la reducción de deforestación y conservación a par con la de la implementación de las ANPs (por ejemplo, Calakmul y Sian Kaan) que también al parecer coincide con menores amenazas a la deforestación.

VI. Elaboración del Mapa de Determinantes de la Deforestación en la PY

1. Métodos

1.1 Clasificación de Uso Actual y Determinantes

Para esta parte del estudio se desarrolló un mapa detallado de las zonas deforestadas en la Península Yucatán, anualmente entre el 2000 y 2013, indicando su uso de suelo actual, y las causas directas y subyacentes. Este mapa se elabora a partir de los datos de deforestación anual de GFC (Hansen et al. 2013), e involucró la evaluación y categorización de sitios deforestados en la PY a nivel de pixel (30 x 30 m). La interpretación y clasificación de los pixeles de deforestación de GFC se realizó visualmente y manualmente con el apoyo de diversas fuentes bibliográficas y herramientas de SIG para así determinar espacialmente el uso de suelo actual y las causas directas y subyacentes asociadas a cada pixel. Las fuentes y herramientas principales para la clasificación de los determinantes de la deforestación en la PY son las siguientes:

- El trabajo de campo realizado en este estudio. Para toda la PY se recorrieron 12,000 km mediante un muestreo aleatorio de 13 polígonos de 80 x 80 km repartidos de manera aleatoria en la PY en donde se capturaron y geo referenciaron datos sobre los diversos usos de suelo presentes y anteriores.
- Entrevistas informales abiertas realizadas durante los recorridos de campo para conocer los apoyos con que se contó para la instalación de alguna actividad donde fuera necesario el derribo de selva o acahuales.
- Una clasificación no supervisada de una imagen LANDSAT 8 para la detección de sitios con pérdida de cobertura forestal en el 2014.
- Clasificación supervisada para la detección de áreas de cítricos, otros cultivos como henequén mostraron resultados no óptimos por la condición de abandono de los mismos dando un comportamiento similar a acahuales jóvenes, en casos como la separación de milpa/maíz/potrero se dificultó por las distintas fechas de las imágenes empleadas.
- La integración de datos georeferenciados y herramientas de SIG como por ejemplo: (1) Google Earth, (2) CONAFOR. 2010. Puntos de incendio registrados al año 2007,

(3) Producto derivado del Inventario Nacional Forestal y de Suelos, (4) CONAFOR. 2014. Cartografía de polígonos de incendio forestales entre 2005-2013.

1.2 Análisis de Certéza

Una vez desarrollado el mapa de determinantes de deforestación en la PY, se realizaron pruebas o “análisis de certeza” para validar la clasificación de uso actual o causas directas en el mapa. Para los análisis de certeza se emplea la metodología de fiabilidad temática como lo describen y lo proponen Olofsson et al. (2013 y 2014) y Mas et al. (2014). La fiabilidad temática de un mapa es una medida que representa el grado en que los atributos del mapa coinciden con la realidad (Mas et al. 2014). Se basa en un muestreo de sitios de referencia para los cuales la categoría correcta (determinada en campo o con la ayuda de imágenes de muy alta resolución) se compara con la categoría reportada por el mapa a través de una matriz de confusión (Mas et al. 2014).

La fiabilidad se define como el grado en que el mapa producido está de acuerdo con los sitios o puntos de referencia. Las medidas más comúnmente usadas para la fiabilidad son las siguientes:

- (1) **fiabilidad global** es simplemente la proporción del área del mapa correctamente cartografiado y provee al usuario del mapa una probabilidad que un sitio seleccionado al azar está correctamente clasificado.
- (2) **fiabilidad del usuario** es la proporción de área en el mapa clasificado como una categoría en particular que actualmente es esa categoría en el suelo, basado en los sitios o puntos de referencia como la mejor representación de condiciones en el suelo. La fiabilidad de usuario es el complemento de la probabilidad de error de comisión.
- (3) **fiabilidad del productor** es la proporción de área en el suelo de una categoría en particular que está cartografiado como esa categoría en el mapa. La fiabilidad del productor es el complemento de la probabilidad de error de omisión.

Para nuestro análisis de fiabilidad utilizamos los mapas temáticos de uso de suelo actual desarrollados para cada estado y los sitios de referencia de uso de suelo actual obtenidos de los puntos de verificación en campo. Estos puntos de GPS fueron obtenidos mediante un muestreo simple y aleatorio de la superficie de la PY que se describe en detalle arriba. Del total de 520 puntos de GPS muestreados, se seleccionaron al azar alrededor de la mitad de los puntos que estuvieran dentro o a 200 m de distancia de algún área

deforestada de acuerdo a los datos de GFC. Cabe mencionar, que estos puntos fueron seleccionados antes de la clasificación de determinantes en el mapa y reservados para este análisis.

Para las calculaciones del análisis se utilizó la herramienta *AccurAsses* desarrollado por Mas et al (2014), que consiste en un *plug in* para el software Q-GIS, que permite la entrada de datos geo-referenciados (vector y raster) para elaborar las matrices de confusión (matriz bruta y matriz ajustada), así como para calcular los índices de fiabilidad. Las medidas de fiabilidad se estiman en base a una muestra por lo que están sujetas a incertidumbre, y esta incertidumbre se puede representar mediante intervalos de confianza. El intervalo de confianza provee un rango de valores para un parámetro que toma en cuenta la incertidumbre del valor estimado por la muestra. Específicamente, las superficies y porcentajes obtenidas directamente del mapa de alguna categoría pueden diferir significativamente de la superficie verdadera debido a errores de clasificación del mapa. *AccurAsses* calcula un estimado de error que se puede utilizar para obtener rangos de superficies y proporciones de categorías más precisas y confiables.

El resultado de *AccurAsses* es un archivo csv en el cual se reporta la matriz bruta, la matriz ajustada, la fiabilidad global y su medio intervalo de confianza, la fiabilidad del usuario para cada categoría con su medio intervalo de confianza (más los límites inferior y superior del intervalo de confianza), la fiabilidad del productor para cada categoría con su medio intervalo de confianza (más los límites inferior y superior del intervalo de confianza), la proporción del mapa cubierta por cada categoría después de la corrección de los errores de clasificación con su medio intervalo de confianza (más los límites inferior y superior del intervalo de confianza) (Mas et al. 2014).

2. Resultados

2.1 Península Yucatán

Los resultados que se obtuvieron del mapa de usos actual y determinantes de la deforestación nos da cifras más precisas y detalladas de acuerdo al determinante o causa directa en la PY. Estos resultados mostraron que 970,959 ha se deforestaron por todo el territorio de la PY en el período 2001-2013.

Fueron nueve las principales causas directas de deforestación en la PY para el período analizado (Figuras 92 y 93). La causa dominante fue la expansión ganadera con un 50% de la superficie, esta actividad se extendió por todo el territorio, sin embargo se encontró zonas como el centro y este de Yucatán, centro y sur de Campeche y sur de Quintana Roo, en dichas áreas se pudo encontrar potreros de temporal y riego en su mayoría con predios de superficie grande.

La agricultura de subsistencia fue la segunda causa con un 16% de la superficie de pérdida, también distribuida por toda la PY pero con zonas con mayor presencia como el centro sur de Yucatán y hacia los límites con el estado de Quintana Roo, estado en el que por cierto también se encontró hacia el centro del mismo, así como una zona hacia el norte de Campeche. Es importante mencionar que se ha agrupado con cultivos de maíz que no necesariamente siguen bajo el sistema milpa, con zonas de maíz que aunque en superficies pequeñas, se muestran más comerciales. Adicionalmente, esta agrupación y los errores potenciales en diferenciar entre cultivos de maíz con fines más comerciales y de milpas para subsistencia se refleja en los análisis de certeza que se presentan abajo.

La tercera causa directa fue la agricultura mecanizada que representó el 13% de la superficie deforestada, espacialmente esta causa está bien definida en el norte de Campeche y la zona colindante de Yucatán, los cultivos que más se establecieron fueron maíz, sorgo, soya y en menor superficie sandía.

Los incendios forestales representaron el 10% de la superficie deforestada para el período analizado, se presentaron por toda la PY pero con áreas muy claras del impacto de estos, fue la zona norte de Quintana Roo la que tuvo las áreas más importantes registradas, asimismo hacia el sur del mismo estado. En Yucatán las zonas próximas a Mérida fueron otra zona que tuvo daños por los incendios.

Los asentamientos humanos debido al crecimiento poblacional fue la quinta causa de deforestación con un 4%, causa que espacialmente se distribuyó en dos zonas, en la zona costera del norte de Quintana Roo y alrededor de Mérida en Yucatán.

El cultivo de caña fue una causa directa también muy importante con el 3%, este ubicado principalmente en dos zonas muy bien delimitadas, al sur de Quintana Roo y en la zona central costera de Campeche.

La fruticultura se concentra en el estado de Yucatán y representó el 2% de la superficie deforestada, basada principalmente en cítricos, una causa más fue la expansión de la infraestructura carretera por toda la PY y que se encontró sobre todo en ampliación de vías existentes y la creación de caminos sacacosechas nuevos. Las brechas cortafuego fueron una novena causa directa con el 1% de la superficie, esta se asoció con los límites entre ejidos en los cuales se hace la limpieza de los mismos con franjas de 4-5 metros de ancho y que fueron más visibles entre los ejidos de Quintana Roo.

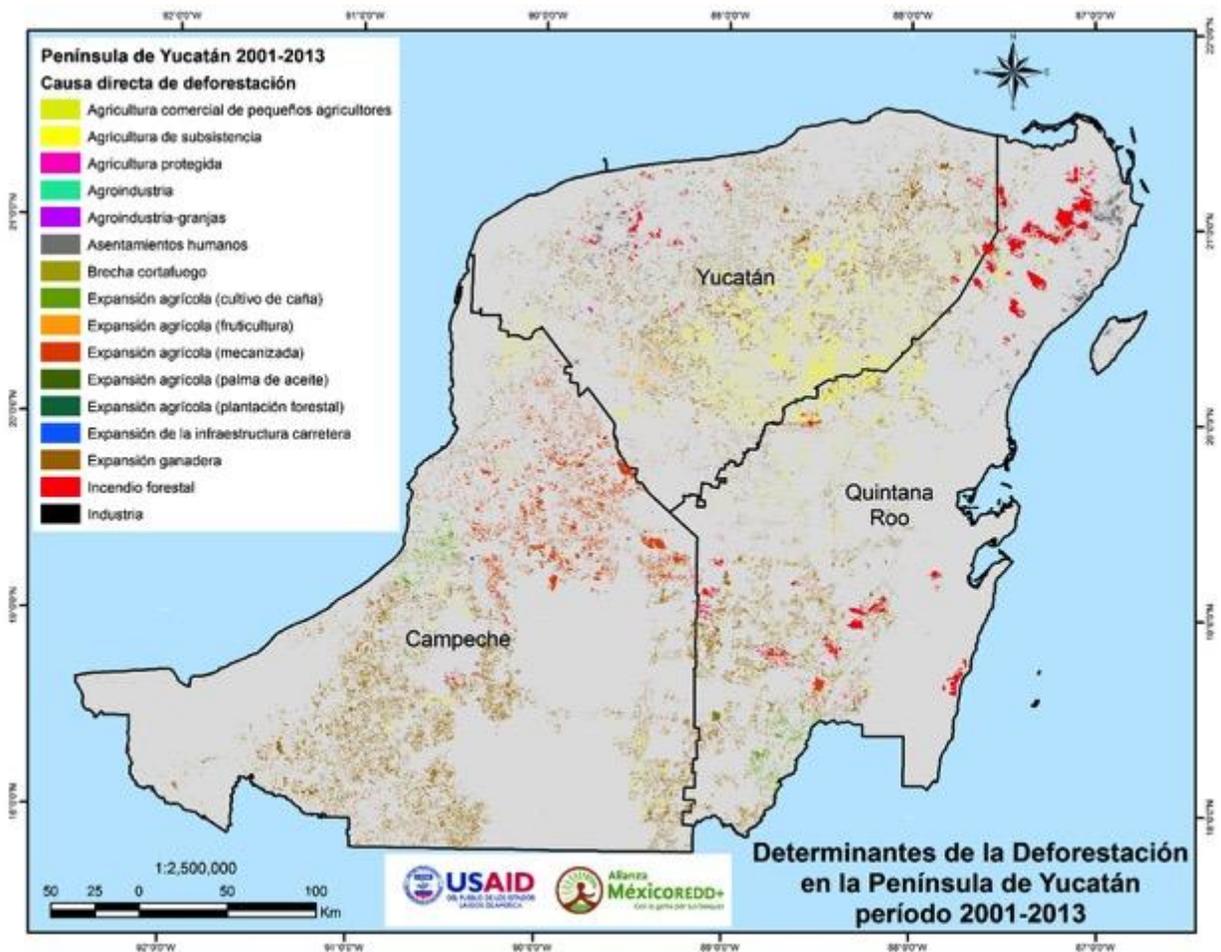


Figura 92. Mapa de determinantes de la deforestación en la Península de Yucatán para el período 2001-2013.

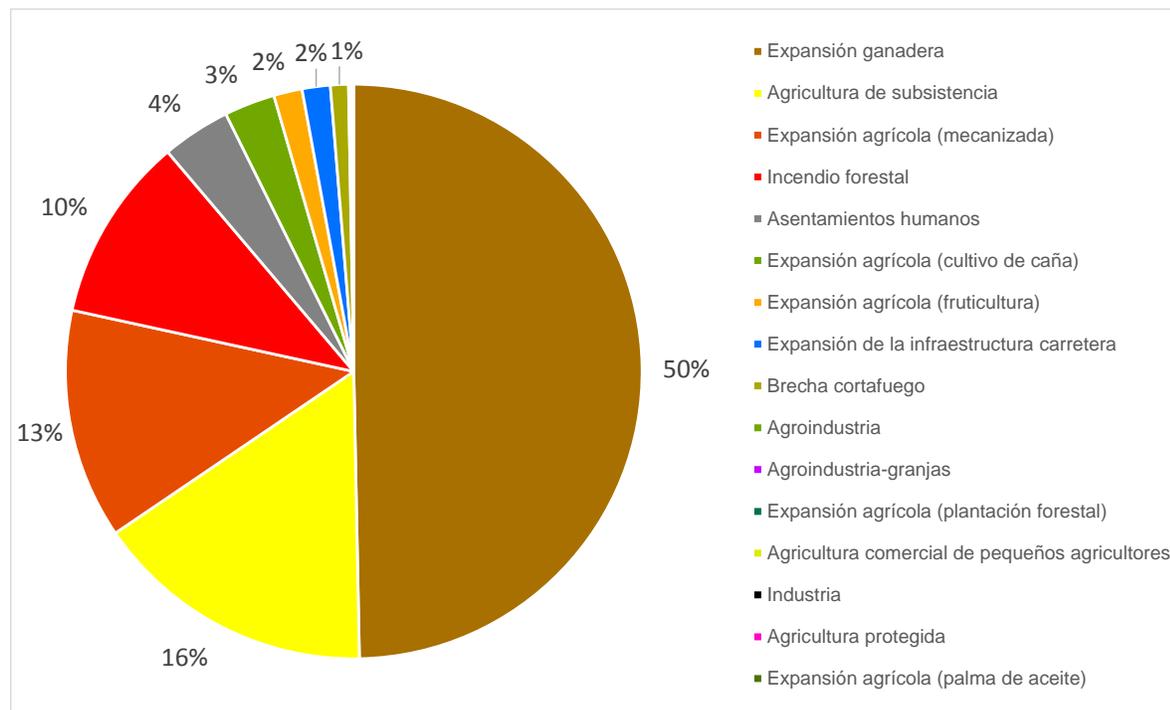


Figura 93. Superficie y distribución porcentual de las causas directas de pérdida de cobertura arbórea para la Península de Yucatán.

Por otro lado, las causas de la deforestación anualmente se han comportado de manera muy distinta tanto en superficie como en la tendencia de las mismas a lo largo del período. Como se muestra en la figura 94 la expansión ganadera tuvo un comportamiento casi constante, sin embargo se puede ver una ligera disminución en su superficie. La agricultura de subsistencia también muestra que está disminuyendo en su porcentaje de superficie deforestada por esta causa. Una de las causas más claras de aumento aunque no de manera sostenida fue la agricultura mecanizada, la cual si muestra un porcentaje en aumento. Los incendios forestales muestran porcentajes similares, aunque en 2006 tuvo un importante repunte y después de dicho año se aprecian porcentajes más grandes a los de los primeros años de análisis.

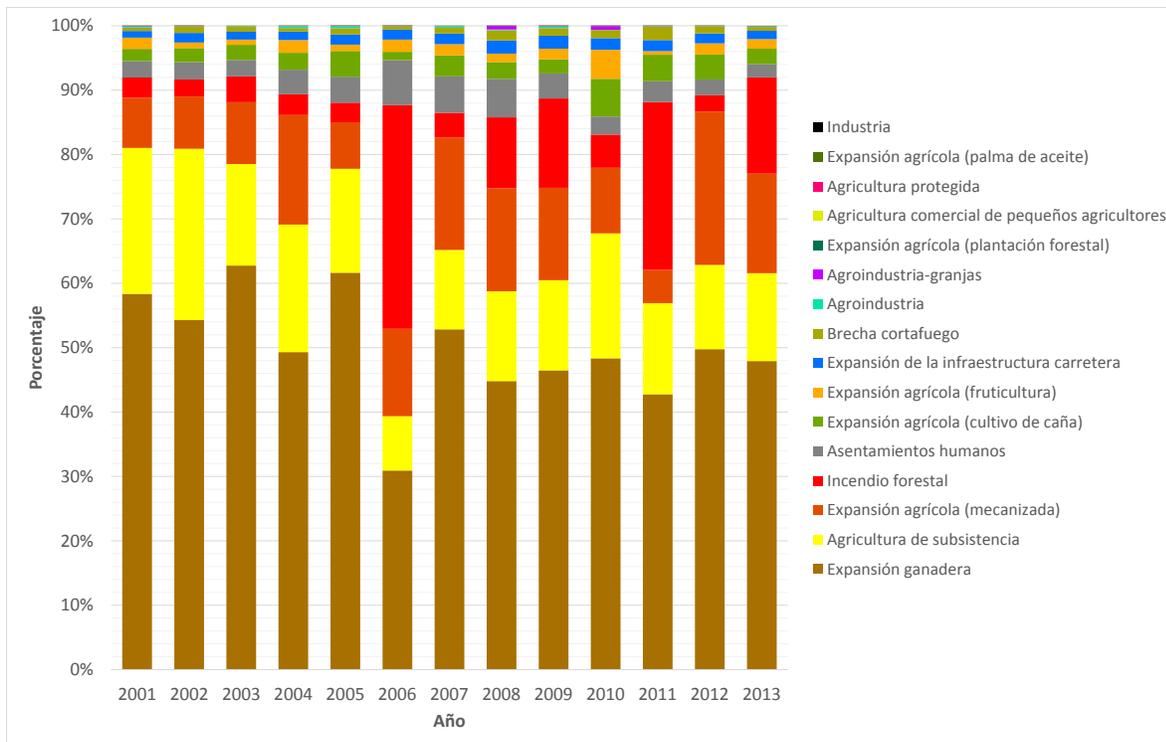


Figura 94. Porcentaje que representa la causa de deforestación por año del período 2001-2013 en la Península de Yucatán.

Resultados del producto

Otro de los resultados de esta consultoría fue la revisión del producto de pérdida de cobertura forestal, la revisión del mismo mostró que fueron aproximadamente 40,616 píxeles que no tienen una explicación clara de deforestación, esta cantidad de píxeles sumó una superficie de 13,777.46 hectáreas de pérdida de cobertura forestal. Algunos de los posibles errores o confusiones de estos píxeles detectados tras la revisión minuciosa de dicho producto fueron las siguientes:

- Humedales
- Áreas con vegetación de selva baja caducifolia.
- Popales o tulares
- Partes bajas de lomeríos
- Sombras cercanas o producto de los lomeríos
- Píxeles que se asociaron a errores el Gapfill del sensor Landsat 7.

Tabla 6. Descripción de polígonos, píxeles y error representados en el mapa de determinantes por estado de la PY.

Estado	Polígonos/Píxeles totales	Polígonos/Píxeles error	Superficie error	Superficie deforestada	Porcentaje error
Campeche	573381	40616	13777.47	406697.96	3.39
Quintana Roo	460995	48174	13545.40	315415.51	4.29
Yucatán	672665	90995	27044.70	348786.69	7.75

Uno de los hallazgos encontrados es que el producto si detecta muy bien las zonas que fueron deforestadas, sin embargo, el año que se asocia (GRIDCODE) parece no ser el correcto. Como ejemplo de ello se revisó el caso de los incendios forestales, CONAFOR señaló un polígono como área quemada para “X” año, el producto si detectó dicho polígono quemado, sin embargo al revisar la tabla de datos, esta dio un valor de año (GRIDCODE) de varios años. Un caso similar se encontró en la agricultura mecanizada, es decir, un mismo polígono deforestado en forma cuadrada o rectangular mostró en su tabla de datos varios años, aun cuando la deforestación ocurrió en un mismo año.

Probables causas del error

En el estado de Yucatán se encontró que los sitios donde encontraron más píxeles sin una explicación clara de deforestación, fue en:

- Sitios con selva baja seca
- Zona de humedales del norte de Yucatán
- Gapfill detectado hacia el noroeste

Campeche

- Zona de lomeríos
- Zonas de bajos inundables o selvas bajas
- Zonas de humedales hacia laguna de Términos
- Cuerpos de agua

Quintana Roo

- Zonas de bajos inundables o humedales

- Zonas de selva conservada como en la zona de Sian ka'an
- Cuerpos de agua

También se encontró que hubo polígonos que abarcaron más del área afectada, como ejemplo, en las vías de comunicación recientemente creadas el polígono abarcó más superficie que la misma carretera, es por esta razón que en algunos casos se determinó como la causa la expansión de la infraestructura carretera pero sobre polígonos grandes que parecieran error de clasificación pero no fue así pues dichos polígonos en ninguno de los casos se cortaron para determinar solo el área de la carretera.

Por otro lado se pudo apreciar una sobre-representación de la deforestación, incluso se puede decir que el producto detectó deforestaciones más antiguas que lo analizado 2001-2013. Tal vez una de las observaciones más importantes es el hecho de que en un área deforestada por una causa como incendio forestal como un solo evento, se encontraron que los pixeles fueron de distintos años como si el incendio se hubiera presentara de esa manera, aunque realmente el incendio fue un solo evento que pudo durar varios días pero dentro de un mismo año.

2.2 Campeche

La pérdida de cobertura forestal en el estado de Campeche para el período 2001-2013 fue de 392,920.49 hectáreas, esta pérdida se distribuyó por toda la entidad de una manera no tan uniforme pero si se encontraron determinados patrones, en la parte más al norte las causas se asociaron a la agricultura de subsistencia y la citricultura más hacia los límites del estado de Yucatán, donde esta actividad ha tenido en los últimos años un crecimiento importante en superficie.

Hacia la zona de Hecelchakán, Tenabo, Campeche, Champotón y sobre todo Hopelchén, la agricultura mecanizada ha sido la causa principal de pérdidas en la cobertura forestal.

El cultivo de caña ha sido sin duda otra de las causas importantes de pérdida de cobertura, pero se ha centrado principalmente al norte de Champotón. A partir del centro de este municipio y hasta el sur del estado, ha sido la ganadería el factor más importante de pérdida de la cobertura forestal, con pequeñas áreas de agricultura de subsistencia hacia el sur de Calakmul en los límites con Quintana Roo (figura 95).

El comportamiento de la pérdida si bien tiene la tendencia a la alza, tuvo también altibajos (Figura 96), así encontramos que se presentaron años como el 2009 con mucha pérdida, pero también se encontraron años como el 2011 donde hubo menor pérdida de cobertura.

En lo que se refiere a las causas de pérdida de cobertura forestal se encontró que son dos las principales, la ganadería extensiva al centro sur de la entidad y la agricultura mecanizada en la zona norte.

A continuación se describen las causas y municipios de pérdida de la cobertura con mayor detalle en el estado.

En el estado de Campeche, para el período 2001-2013 se encontró que son dos las principales causas de pérdida de cobertura forestal que representaron el 89% de esta, la expansión ganadera (59%) y la agricultura mecanizada (30%), con una superficie de 345,462.65 ha. El restante 11% fue asociado a otras causas como el cultivo de caña (4%), agricultura de subsistencia (3%), incendios forestales (1%) y la expansión de la infraestructura carretera (1%).

La distribución de la pérdida de cobertura forestal mostró que el año 2009 fue el que presentó mayor superficie deforestada, es por ello que analizaron las causas directas para dicho año. Los resultados mostraron que las dos principales causas fueron la expansión ganadera con el 54% y la expansión de la agricultura mecanizada con 36% (figura 98), lo que en términos de superficie fue de 27,640.71 ha y 18,575.61 ha respectivamente.

El restante 10% de la superficie de pérdida tuvieron como causas la agricultura de subsistencia (3%), incendios forestales (2%), el cultivo de caña (2%), caminos y carreteras (1%), asentamientos humanos (1%) y fruticultura (1%).



Figura 95. Mapa de determinantes de la deforestación en el estado de Campeche en el período 2000-2013.

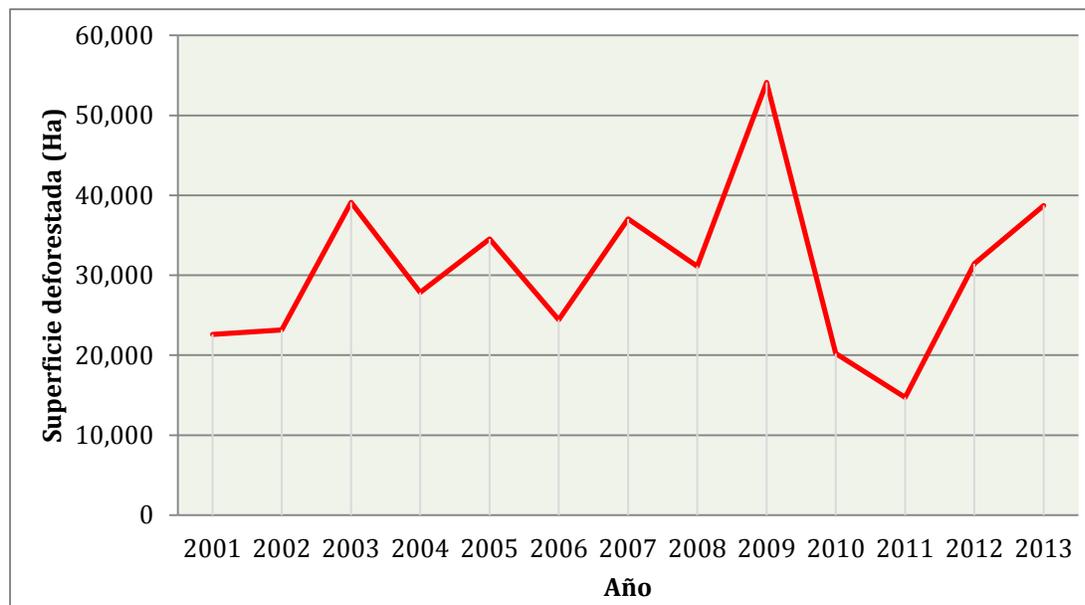


Figura 96. Superficie deforestada por año en el estado de Campeche en el período 2001-2013.

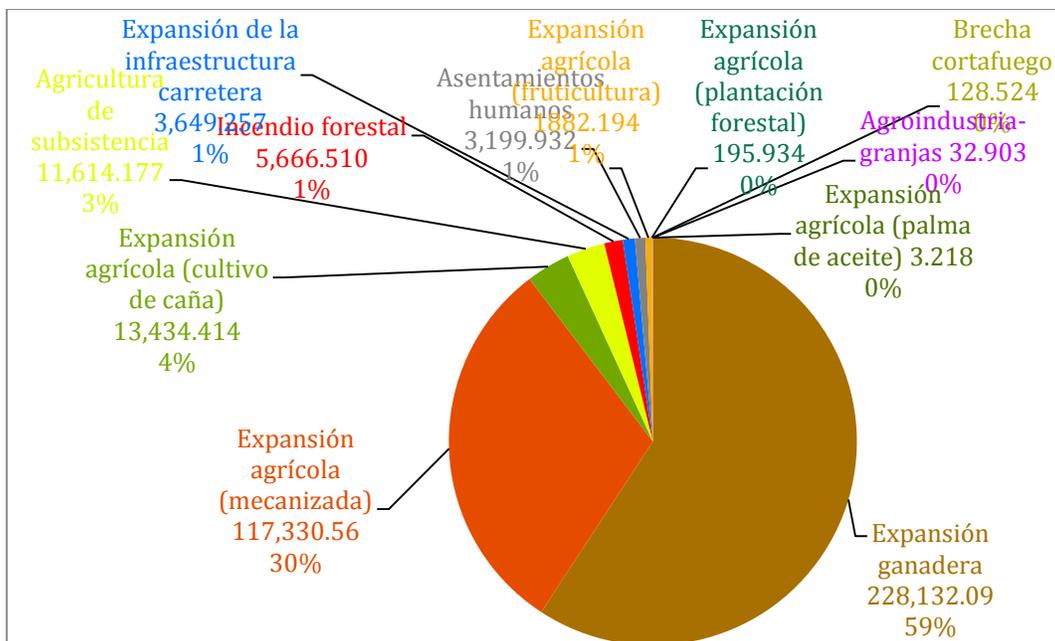


Figura 97. Distribución de las principales causas de pérdida de cobertura para el año 2009 en el estado de Campeche.

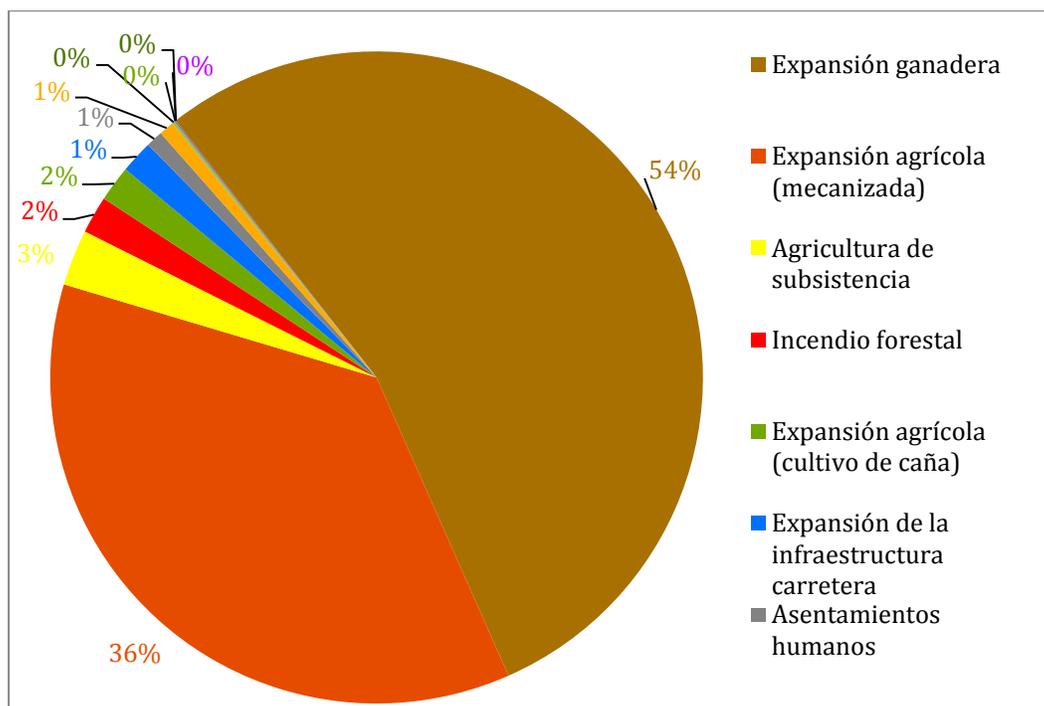


Figura 98. Distribución de las principales causas de pérdida de cobertura para el año 2009 en el estado de Campeche.

Causas subyacentes

Son diversos los programas y apoyos gubernamentales detectados y hasta repetidos:

- Programas de apoyo al sector ganadero
- Programas de apoyo a la agricultura de subsistencia como PROCAMPO
- Programa de caminos sacacosechas apoyados con recursos federales y estatales
- Inversión privada como para la instalación de granjas
- Inversión privada para la instalación de fruticultura
- Créditos como el caso de Hopelchén para la comunidad menonita
- Apertura de nuevos caminos (zona de Los Chenes) aparentemente sin manifestación de impacto ambiental, hechas de manera particular
- Ampliación de caminos

Pérdida por municipio

A nivel municipal se encontró que el 95% de la pérdida de cobertura de cobertura forestal se concentró en siete municipios, Hopelchén, Candelaria, Champotón, Escárcega, Calakmul, Carmen y Campeche, mientras el restante 5% se distribuyó entre los municipios de Calkiní, Hecelchakán, Tenabo y Palizada.

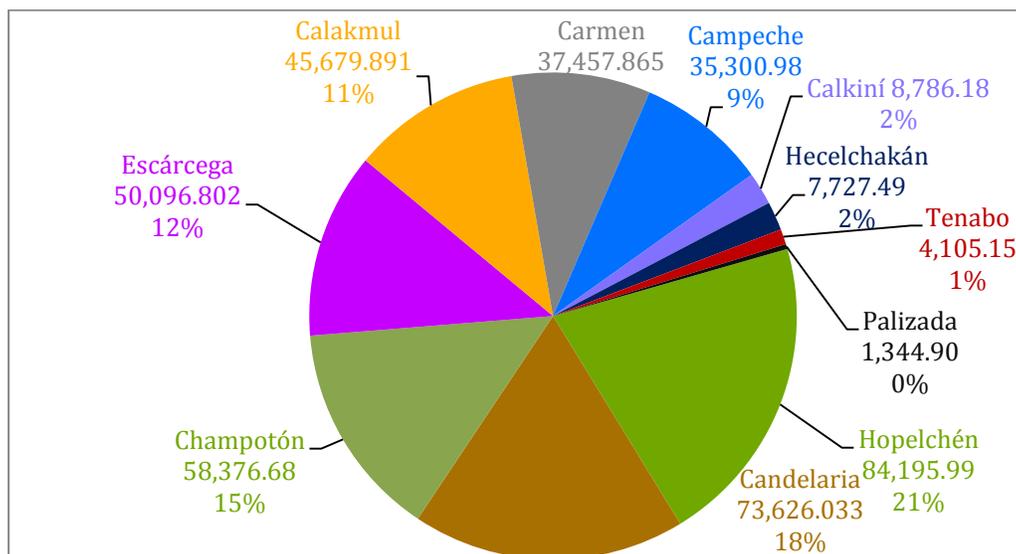


Figura 99. Superficie (ha) y porcentaje de pérdida de cobertura por municipio en el estado de Campeche para el período 2000-2013.

Hopelchén

Analizando el detalle de las principales causas de cada uno de los siete municipios con pérdida encontramos que para Hopelchén la principal causa fue la expansión agrícola mecanizada con el 68% de la superficie perdida con una superficie de 75,400.41 ha, especialmente este tipo de agricultura se distribuye por todo el municipio, sin embargo se encontró en sitios con muy poca pendiente. La segunda causa con 5,118.44 ha fue la expansión ganadera, la cual se dio hacia el sur del municipio en los límites con el municipio de Calakmul.

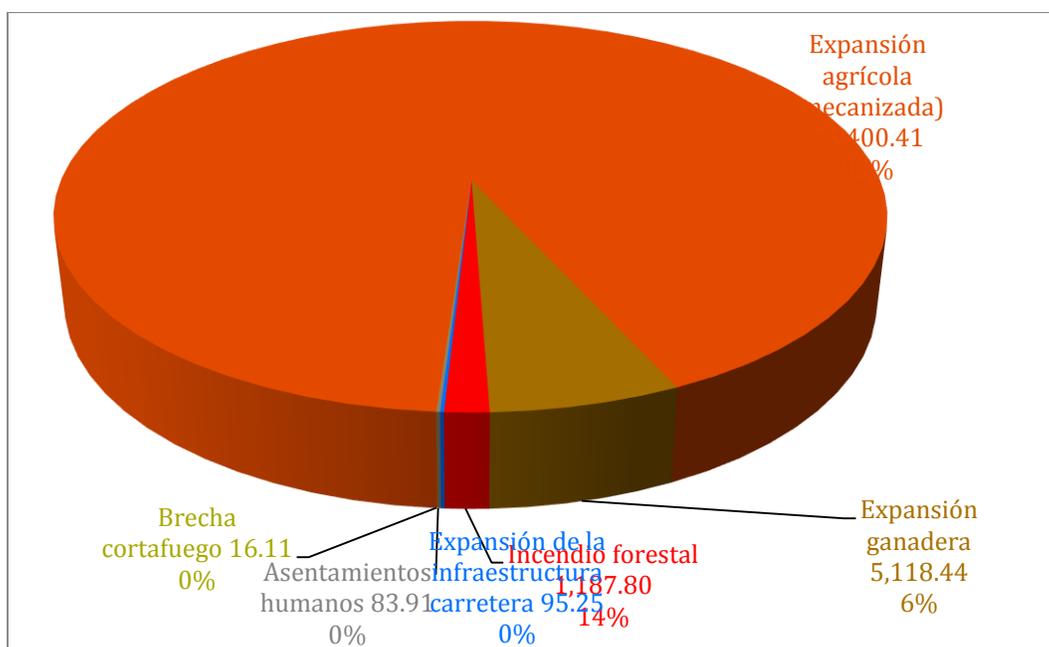


Figura 100. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Hopelchén, Campeche.

Candelaria

Ubicado en el sur del estado, Candelaria es el único municipio a nivel estatal donde la causa de pérdida de cobertura forestal ha sido debido a la expansión ganadera con alrededor de 70,933.07 ha, dicha pérdida se ha registrado prácticamente por todo el municipio. El resto de las causas, aún juntas no representan ni el 1% de la pérdida en este período analizado.

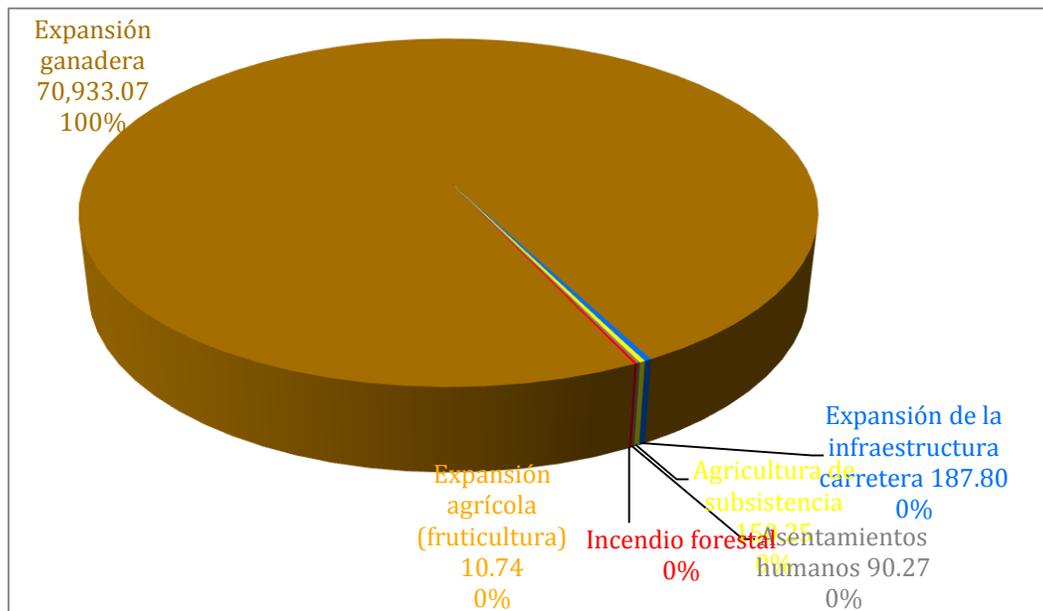


Figura 101. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Candelaria, Campeche.

Champtón

Este municipio tiene como principal causa de pérdida de cobertura forestal a la expansión ganadera casi con la mitad de su pérdida con 48% que representa 26,768.65 ha, esta se distribuye en el centro y sur del territorio municipal. La segunda causa es la expansión del cultivo de caña con el 24% con 13,120.16 ha, este cultivo muy localizado más al norte del municipio hacia los límites con el municipio de Campeche. La tercera causa directa la representó la agricultura mecanizada con un 18% con 9,997.66 ha ubicada al este del territorio municipal hacia los Chenes, zona con una agricultura intensa de este tipo.

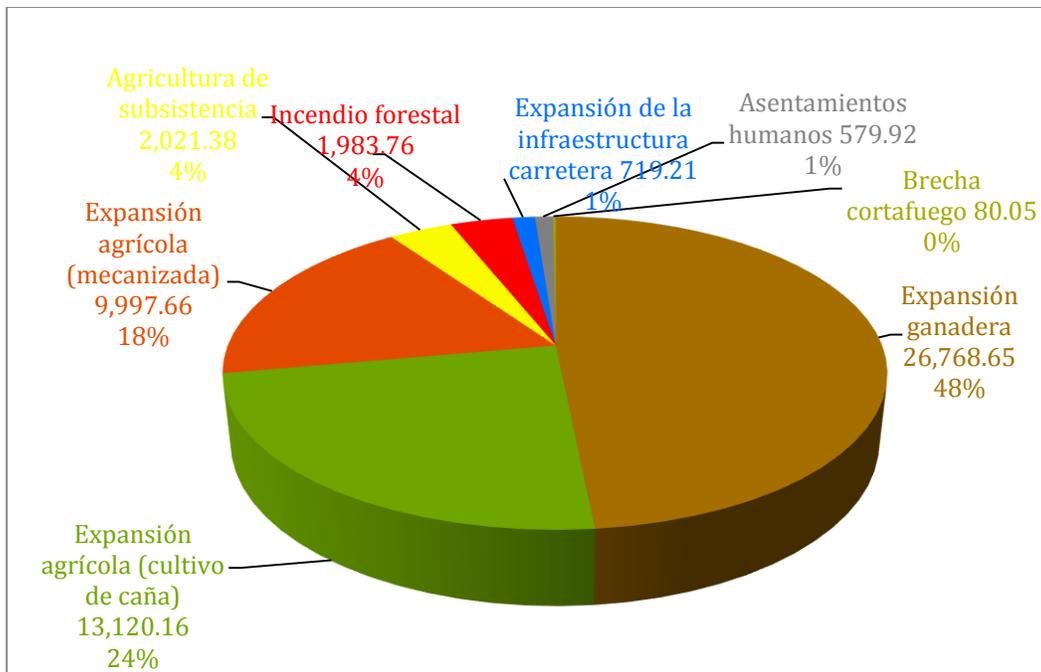


Figura 102. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Champotón, Campeche.

Escárcega

Escárcega es el tercer municipio en cuanto a superficie de pérdida cuya causa directa de ésta es la expansión ganadera con un 91% que representa 43,758.96 ha, las que se distribuyeron prácticamente por todo el municipio. A diferencia del resto de los municipios del estado, éste tuvo como segunda causa a los incendios forestales hacia los límites con el municipio de Champotón y representó el 5% de la pérdida para el período con 2,167 ha. La tercera causa fue la agricultura de subsistencia con un 3% que representó 1,655.88 ha y que se distribuyó en pequeñas áreas en el centro del territorio municipal.

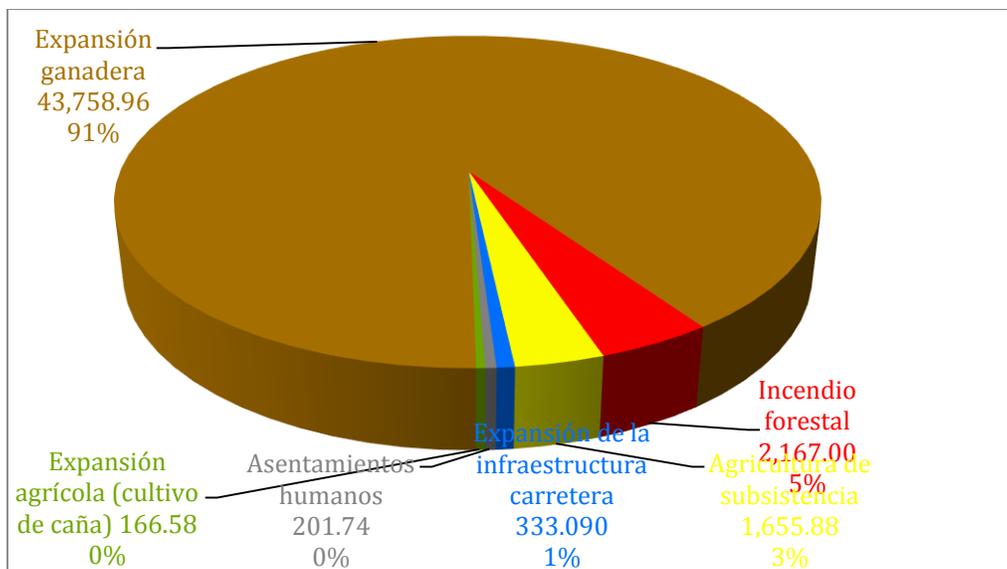


Figura 103. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Escárcega, Campeche.

Calakmul

Este municipio también tuvo como causa principal la expansión ganadera como causante de la pérdida de cobertura forestal, representó un 89% con un total de 38,628.77 ha, especialmente esta actividad se encontró próxima a vías de comunicación como la Escárcega-Xpujil, así como hacia los límites con el estado de Campeche. La segunda causa fue la agricultura de subsistencia, se podría considerar a este como el municipio con mayor superficie perdida por este motivo, con un 8% que equivalió a 3,738.07 ha y que sobre todo se encontró en manchones al sur del municipio del lado que colinda a Quintana Roo.

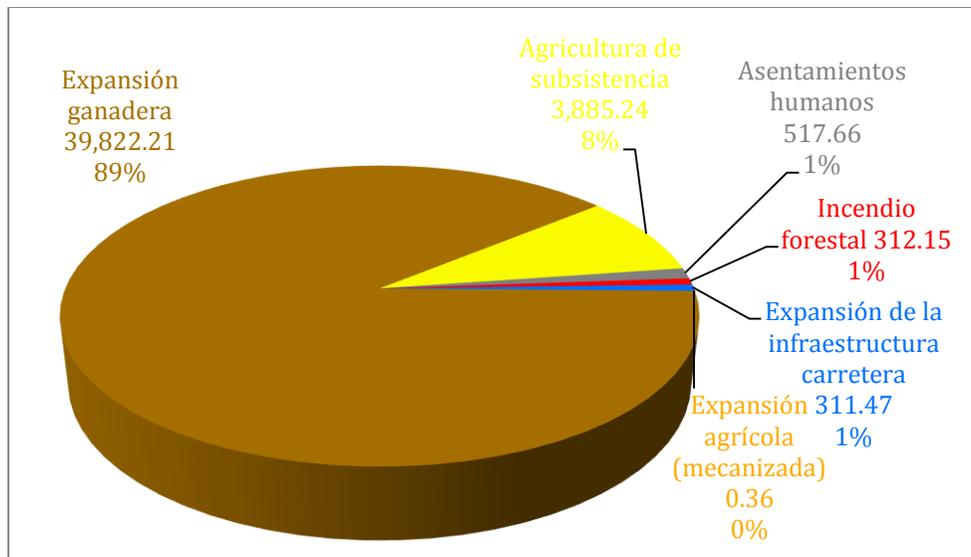


Figura 104. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Calakmul, Campeche.

Carmen

Carmen es el segundo municipio a nivel estatal en el que porcentualmente ha perdido cobertura forestal debido a la expansión ganadera con un 99% que representó 36,665.68 ha, espacialmente estos cambios se registraron al sur y este del territorio municipal. Una siguiente causa de pérdida de la cobertura fueron los asentamientos humanos con un 1% que representó 335.5 ha.

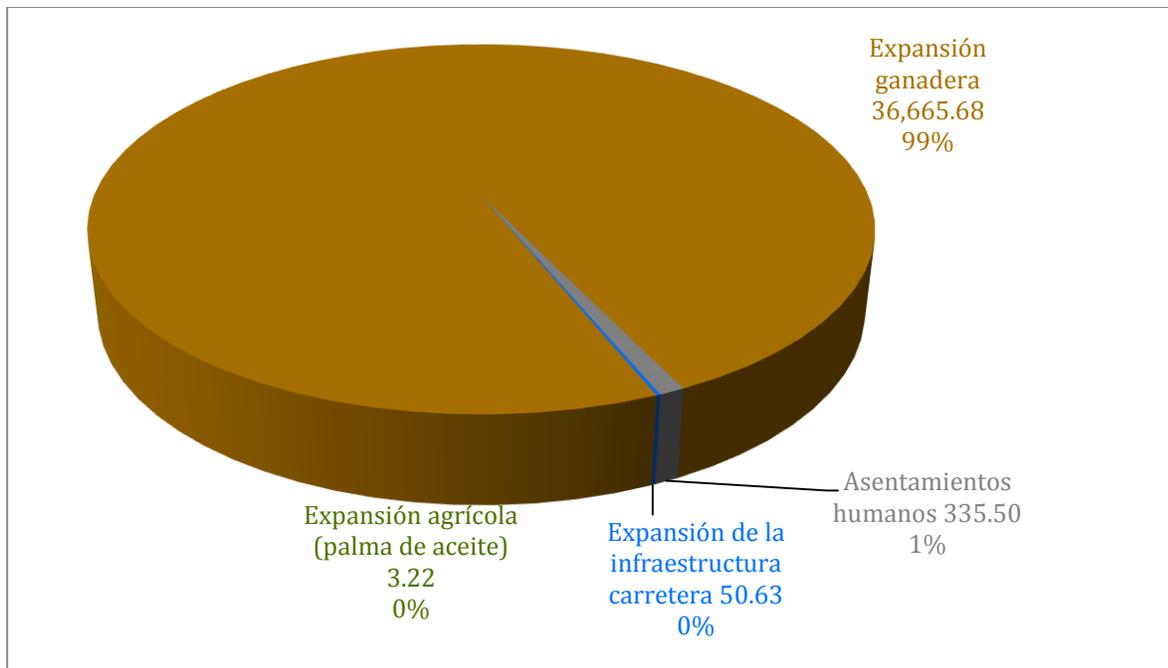


Figura 105. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Carmen, Campeche.

Campeche

Municipio muy cercano a Los Chenes también resultó tener como causa principal de la pérdida de cobertura forestal a la agricultura mecanizada con un 84% lo que representó 27,122.15 ha, espacialmente esta actividad se apreció en el centro y sureste del territorio municipal. La segunda causa importante fue la expansión ganadera con un 8% lo que representó 2,445.83 ha que espacialmente se distribuyó al norte del municipio en los límites con Tenabo.

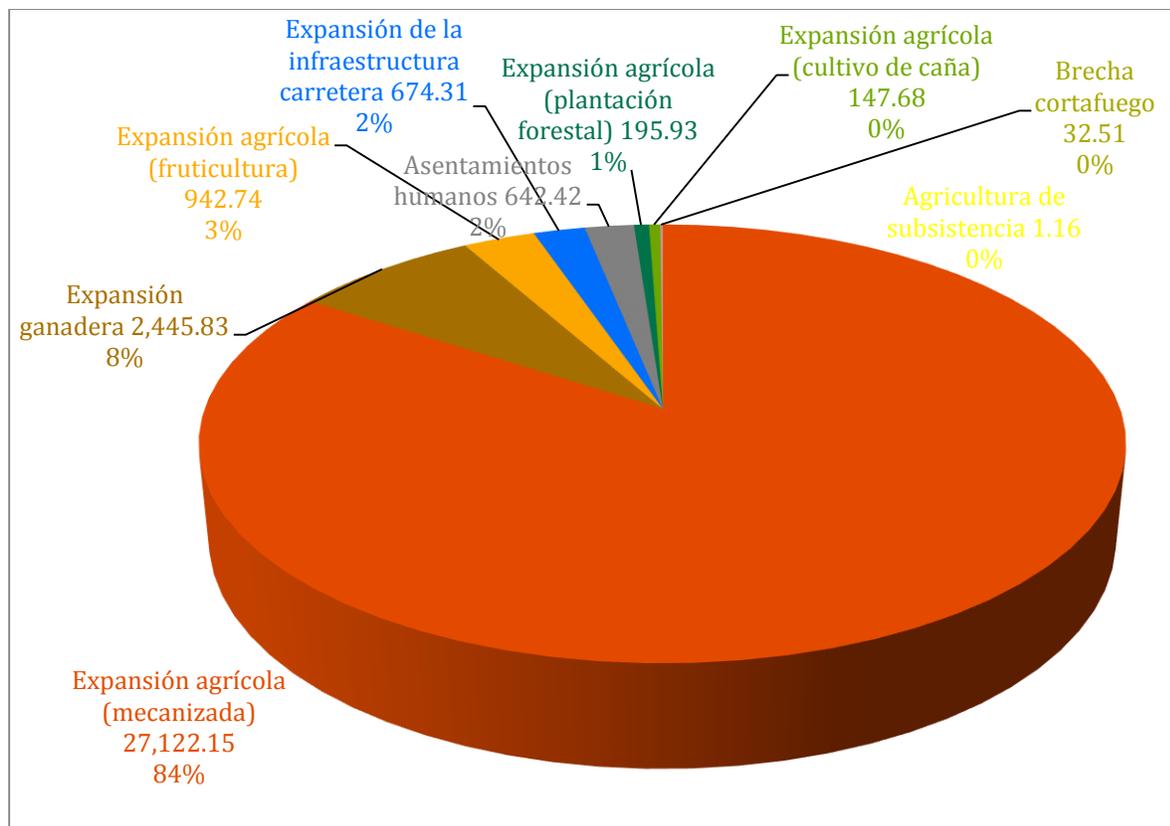


Figura 106. Superficie y distribución porcentual de las causas de pérdida de cobertura forestal en el municipio de Campeche, Campeche.

Análisis de Certeza: Campeche

El análisis de certeza o fiabilidad del mapa de determinantes de deforestación para el estado de Campeche arrojó una fiabilidad global de 0.8365 (84%) con un rango de Intervalo de Confianza (IC) Medio de 78 a 90%. Para este análisis se incluyeron un total de 148 sitios de referencia obtenidos del muestreo simple y aleatorio en campo. Para el análisis de fiabilidad de Campeche pudimos integrar y analizar las siguientes categorías de uso de suelo actual, o específicamente de causas directas, representados en el mapa: (1) cultivo de caña, (2) fruticultura, (3) ganadería, (4) cultivos con agricultura mecanizado, (5) cultivos mayormente de subsistencia o milpa, (6) palma de aceite y (7) plantaciones forestales. Los resultados de la matriz bruta y la matriz ajustada en base al error calculado se presentan en la Tablas 7 y 8. La Tabla 9 resume los resultados de fiabilidad de usuario y fiabilidad de productor.

Podemos observar en los resultados de fiabilidad de usuario que tenemos un 100% de las áreas en el mapa clasificadas como caña, fruticultura, palma de aceite y plantación forestal que corresponden a esa categoría en el suelo, aunque hay que reconocer que solo representan un total de 13 sitios de referencia, y una muy pequeña proporción del muestreo. Con respecto a estas categorías en particular, podemos observar en los resultados de fiabilidad de productor que las categorías de caña y plantación forestal demuestran que el 100% de estas áreas en el suelo fueron correctamente representados en el mapa, aunque de nuevo solo son dos sitios de referencia de caña y una de plantación forestal, facilitando este resultado. En cuanto a las categorías de fruticultura y palma de aceite, podemos observar un mayor error en cuanto a la fiabilidad de productor con 0.4917 y 0.1699 respectivamente; aunque también se representan pocos sitios de referencia, los resultados indican una subestimación de la proporción de áreas de estas categorías representados en el mapa, con tan solo el 17% de áreas con palma de aceite en el suelo correctamente cartografiados en el mapa.

De más importancia son los resultados que arrojan AccurAccess sobre las medidas de fiabilidad de las causas de ganadería, mecanizado y milpa. Claramente se observa una mayor fiabilidad tanto de usuario como de productor para la categoría de ganadería 88 y 95% respectivamente. Las estadísticas calculadas para la categoría de ganadería demuestra una muy buena y confiable clasificación de esta categoría. Para la categoría de agricultura mecanizado podemos observar una fiabilidad de usuario de 61% y de una fiabilidad de productor de 94%. Esto quiere decir que aunque 94% de la superficie de mecanizado en el suelo esté correcto en el mapa, hay un 40% de la proporción de área clasificado como mecanizado en el mapa que pueda no estar en el suelo, en otras palabras sobreestimando la proporción de mecanizado en el mapa. Lo opuesto ocurre con la categoría de milpas con una fiabilidad de usuario de 91% y fiabilidad de productor de 60%, es decir una subestimación de áreas de milpa en el mapa de alrededor del 40%.

En base al error calculado por el análisis, los resultados de AccurAccess nos proporcionan un estimado de la proporción real de la superficie ocupada por cada categoría con sus rangos de intervalo de confianza. La proporción ajustada y su respectiva intervalo de confianza para cada categoría son las siguientes: (1) caña 1.3% (1.3-1.3%), (2) fruticultura 1.3% (0.5-2.8%), (3) ganadería 57% (53-62%), (4) mecanizado 13% (9-17%), (5) milpa 22% (18-27%), (6) palma de aceite 4% (1-7%) y (7) plantación forestal 0.7% (0.7-0.7%). Se puede observar que los porcentajes de superficie para las categorías de uso de suelo actual calculado por el análisis, corresponden muy bien a los porcentajes calculados del mapa, aunque como comentamos arriba, los porcentajes reportados para mecanizado pueden ser sobreestimados mientras los de

milpa subestimados. Esto se debe a la dificultad de detectar milpas que ocupan superficies pequeñas y clasificarlas correctamente en el mapa, como la facilidad de confundir áreas de cultivo de maíz como cultivo mecanizado, particularmente en municipios como Hopelchen.

Tabla 7. Matriz de confusión bruta del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Campeche.

Raw Matrix	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Palma	Plantación
Caña	2	0	0	0	0	0	0
Fruticultura	0	1	0	0	0	0	0
Ganadería	0	0	83	1	5	5	0
Mecanizado	0	1	2	17	8	0	0
Milpa	0	0	2	0	20	0	0
Palma	0	0	0	0	0	1	0
Plantación	0	0	0	0	0	0	1

Tabla 8. Matriz ajustada en base a error obtenida del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Campeche

Adjusted Confusion Matrix (Card Correction)							
	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Palma	Plantación
Caña	0,01355049	0	0	0	0	0	0
Fruticultura	0	0,00680325	0	0	0	0	0
Ganadería	0	0	0,54803031	0,00660277	0,03301387	0,03301387	0
Mecanizado	0	0,00703169	0,01406337	0,11953867	0,05625349	0	0
Milpa	0	0	0,01350368	0	0,13503683	0	0
Palma	0	0	0	0	0	0,00676054	0
Plantación	0	0	0	0	0	0	0,00679717

Tabla 9. Resultados de fiabilidad de usuario, fiabilidad de productor y proporción de categorías calculado por el análisis de certeza (AccurAccess) para el estado de Campeche.

Categoría	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Palma	Plantación
Fiabilidad de Usuario	1	1	0,88297872	0,60714286	0,90909091	1	1
IC Medio	0	0	0,06498	0,1809	0,12013	0	0
IC Límite Inferior	1	1	0,81799573	0,42624233	0,78896075	1	1
IC Límite Superior	1	1	0,94796171	0,78804338	1	1	1
Fiabilidad de Productor	1	0,49174403	0,95210705	0,94765579	0,60202542	0,16997201	1
IC Medio	0	0,48103	0,04298	0,09782	0,12055	0,12032	0
IC Límite Inferior	1	0,01070477	0,90912256	0,849827	0,48147319	0,04964246	1
IC Límite Superior	1	0,97278329	0,99509154	1	0,72257766	0,29030155	1
Proporción con Error Ajustado	0,01355049	0,01383493	0,57559736	0,12614145	0,22430419	0,03977441	0,00679717
IC Medio	0	0,01378211	0,04841068	0,0385102	0,04754549	0,02830878	0
IC Límite Inferior	0,01355049	0,0052826	0,52718668	0,08763124	0,17675871	0,01146563	0,00679717
IC Límite Superior	0,01355049	0,02761704	0,62400805	0,16465165	0,27184968	0,06808319	0,00679717

2.3 Quintana Roo

El estado de Quintana Roo tuvo una pérdida de cobertura forestal para el periodo 2001 – 2013 de 279152.412 hectáreas, sus principales detonantes que deterioraron el medio natural de la región se puede clasificar en: al norte y toda la franja costera en turismo y expansión urbana, al centro maíz/milpa y al sur ganadería, cultivos de caña y frutales localizados, entre algunos otros elementos como incendios y daño por fenómenos naturales Figura 1.

Además se han implementado técnicas de agricultura mecanizada (Colonias menonitas) las cuales llegaron al municipio de Bacalar y poco a poco estas prácticas agrícolas se han ido expandiendo alrededor de esta comunidad. Las anualidades con mayor impacto de deforestación de este periodo analizado fueron 2006, 2009 y 2011 Figura 2, para la mayoría de estas los principales drivers de deforestación fueron incendios, crecimiento urbano, agricultura de subsistencia y ganadería Figura 107.

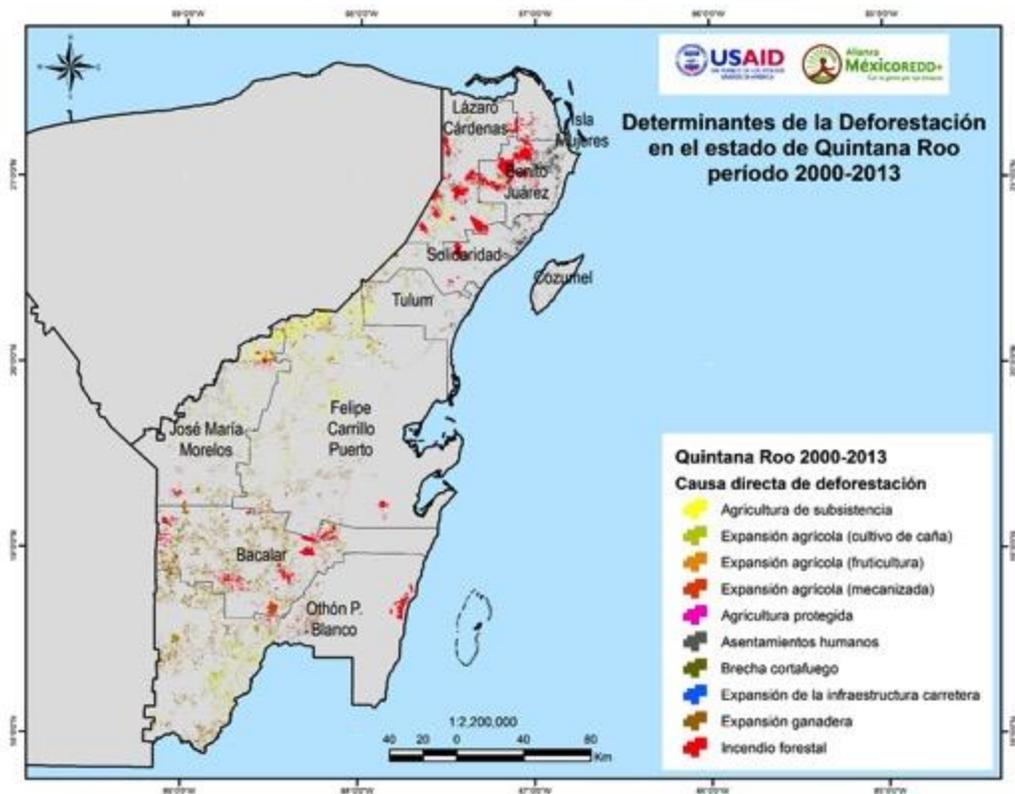


Figura 107. Mapa de determinantes de la deforestación en el estado de Quintana Roo en el periodo 2000-2013.

Causas directas

Para el período 2001-2013 en Quintana Roo se encontró que son 4 las principales causas de pérdida de cobertura forestal que representaron el 86% de esta, la expansión ganadera (35%), el incendio forestal (28%), la agricultura de subsistencia (14%) y los asentamientos humanos (9%), con una superficie de 241784.65 ha. El restante 14% fue asociado a otras causas como el cultivo de caña (5%), Brechas corta fuego (3%), expansión de la infraestructura carretera (3%), Agricultura mecanizada (2%) y la Fruticultura con el (1%).

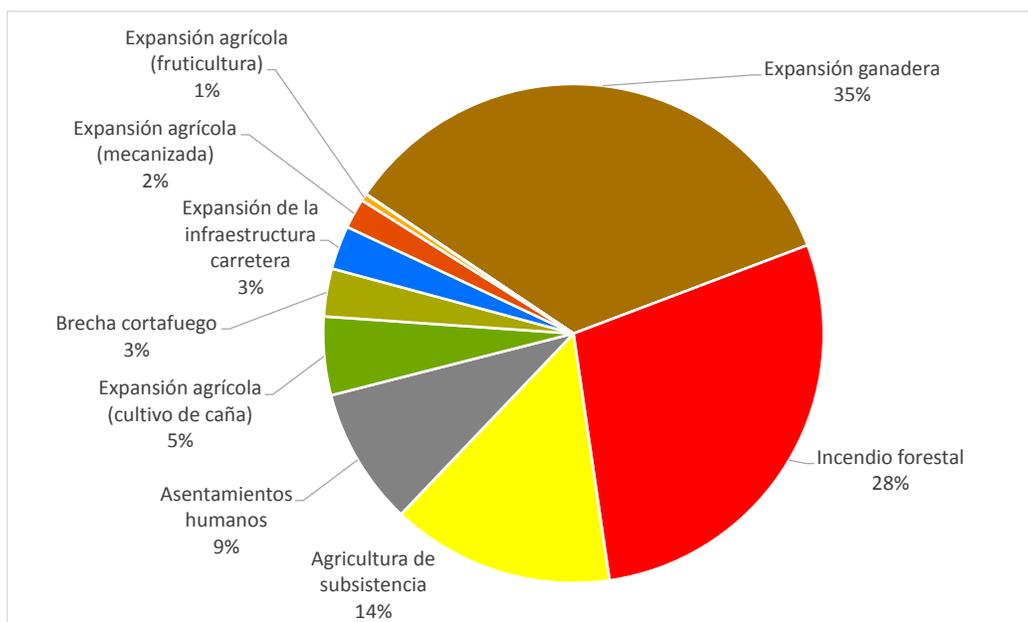


Figura 108. Superficie y distribución porcentual de las causas directas de pérdida de cobertura arbórea para el estado de Quintana Roo.

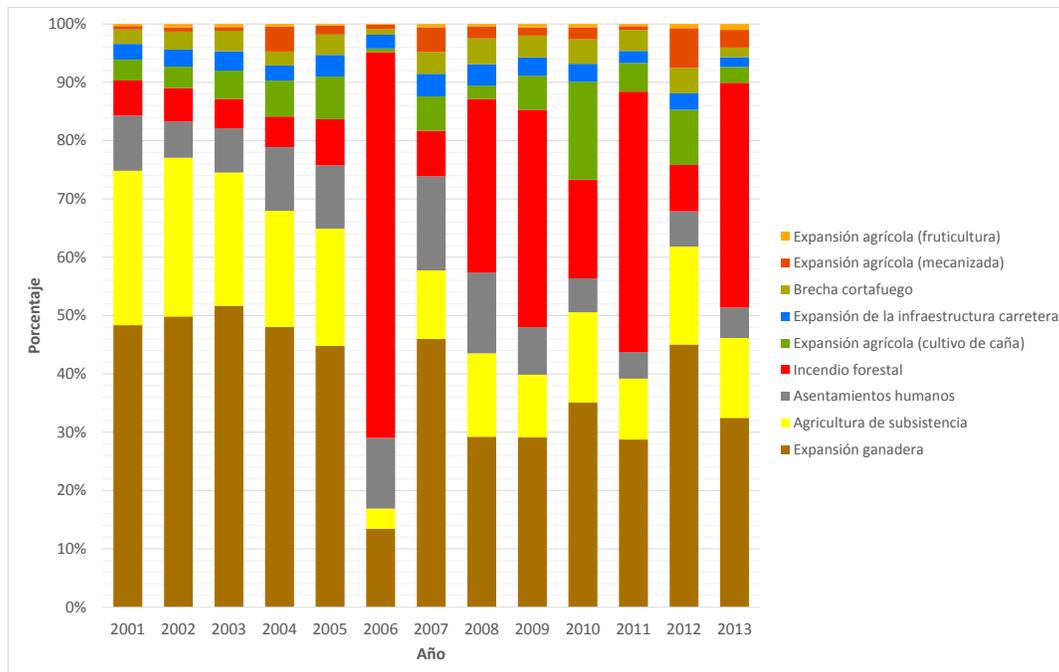


Figura 109. Porcentaje que representa la causa de deforestación por año del período 2001-2013 en el estado de Quintana Roo.

Pérdida por municipio

A nivel municipal se encontró que el 91% de la pérdida de cobertura de cobertura forestal se concentró en seis municipios, Bacalar, Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y José María Morelos, mientras el restante 9% se encuentra distribuido entre los municipios de Solidaridad, Tulum, Isla Mujeres, Cozumel, posiblemente debido a que tienen superficies menores a los demás municipios.

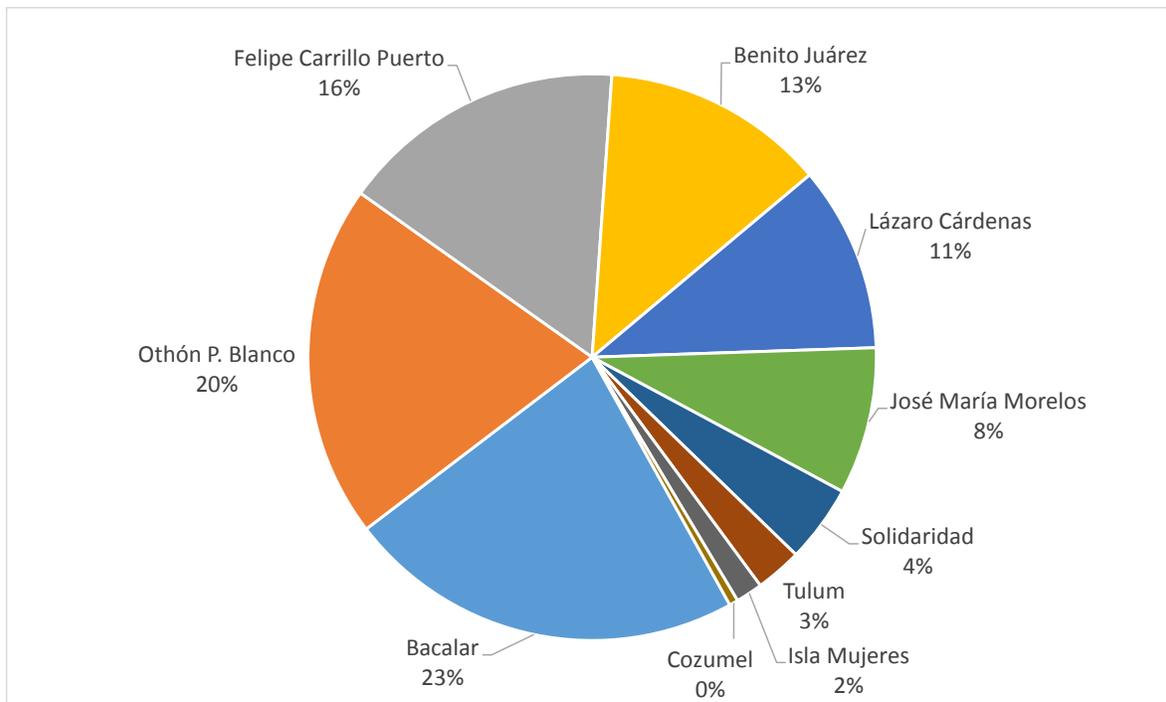


Figura 110. Distribución porcentual de pérdida de cobertura por municipio en el estado de Quintana Roo para el período 2000-2013.

Bacalar

Este municipio se localiza al centro sur del Estado, sus principales causas de cobertura forestal se deben a la ganadería extensiva (54%), Incendios forestales (27%) algunos causados por cazadores furtivos y otros más por quemas fuera de control, Brechas corta fuego (7%) que en su mayoría son creadas por apoyos gubernamentales, Expansión agrícola (6%) principalmente a causa de la colonia menonita, y el otro 6% se distribuye en agricultura de subsistencia, expansión de la infraestructura carretera y asentamientos humanos.

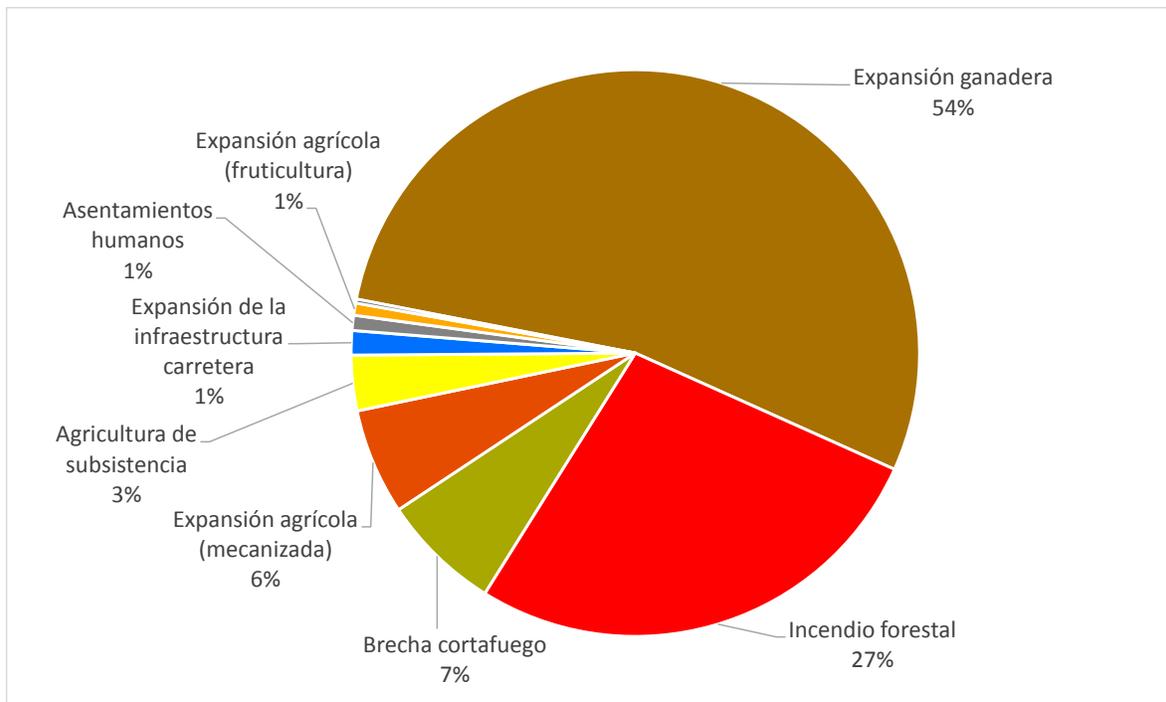


Figura 111. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de Bacalar en el período 2001-2013.

Othon P. Blanco

Este es otro de los municipios que tienen como principal causa de pérdida de cobertura forestal a la expansión ganadera con un 51% que representa 28734.662 ha, esta se distribuye en el centro y sur de su territorio municipal y con potreros viejos con ganadería vacuna. La segunda de sus causas es la expansión del cultivo de caña con el 25% con 14,046.95 ha, este cultivo muy localizado a la orilla de la carretera Xpujil – Chetumal y al sur de Chetumal. La tercera causa directa Son los incendios forestales con un 10% algunos de estos provocados por incendios fuera de control y por cazadores furtivos.

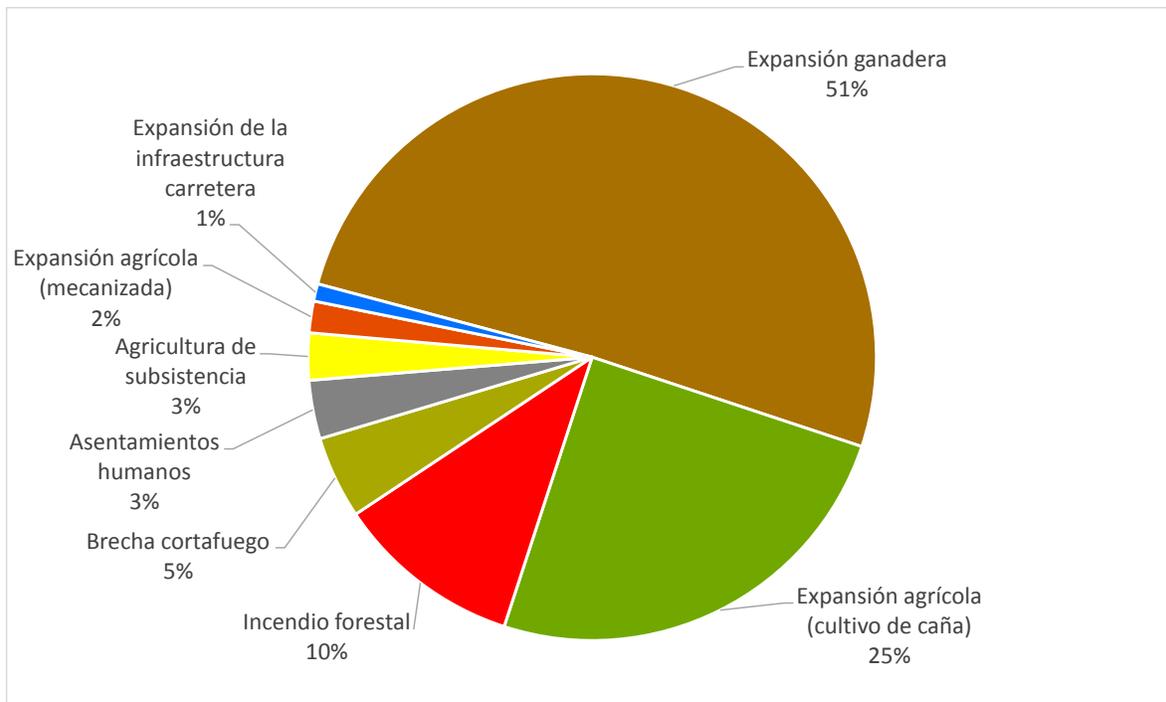


Figura 112. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de Othón P. Blanco en el período 2001-2013.

Felipe Carrillo Puerto

Debido a que este municipio realiza actividades diversas como el manejo forestal, turismo, ecoturismo, migración a otros municipios cercanos para trabajar en el turismo, su mayor pérdida de cobertura forestal es la agricultura forestal con un (47%) la cual se establece alrededor de los poblados con un máximo de 3 a 4 km de distancia, seguido se tiene que la ganadería reporta un (35%) siendo algunos de estos abandonados o en desuso y un tercer driver importante son los incendios forestales (8%) los cuales son provocados por el acumulamiento de material combustible de la extracción de madera y por las quemas fuera de control.

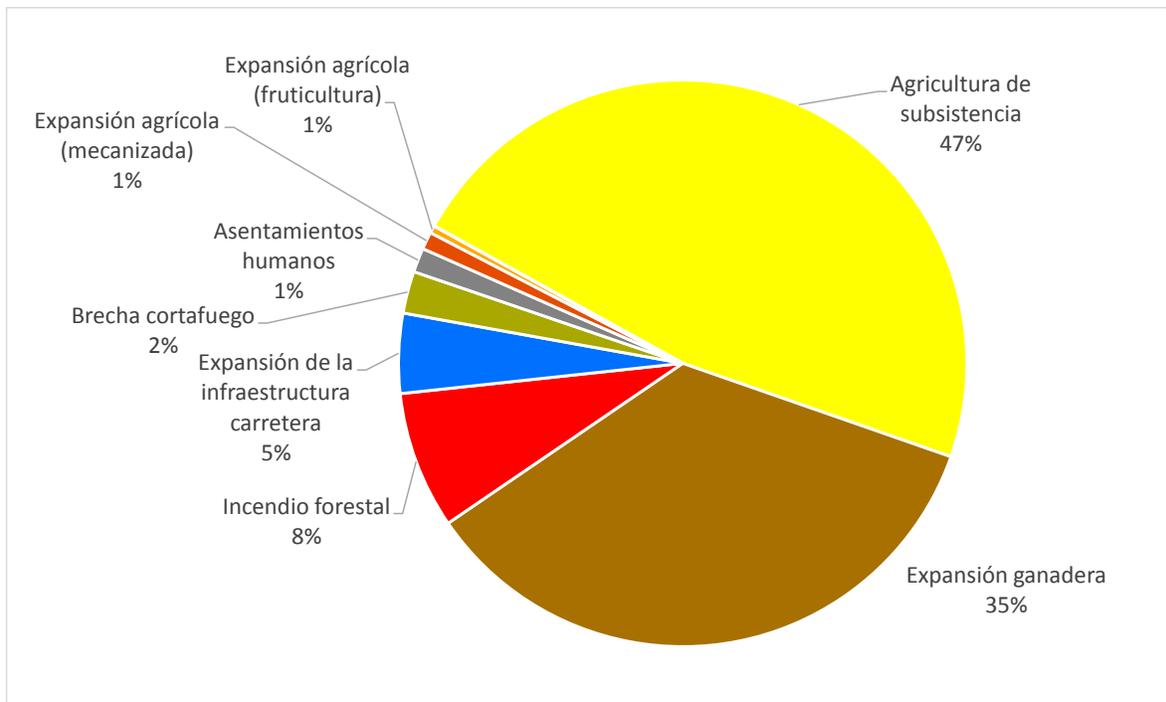


Figura 113. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en el período 2001-2013.

Benito Juárez

Este municipio resalta debido a que su pérdida de cobertura forestal está centrada en dos principales causas, la primera son los incendios forestales con un 59% localizados cerca de las aéreas urbanas y en algunos casos causados por quema de pastizales sin control y la segunda es el aumento superficial de las aéreas urbanas con un 35% esto posiblemente a la demanda de turismo que tiene este municipio, en menor proporción se encuentra la extensión ganadera con un 4%, y un 2% la expansión de infraestructura carretera, por lo que se puede observar la pérdida para este municipio está enfocada hacia desarrollo urbano-turístico.

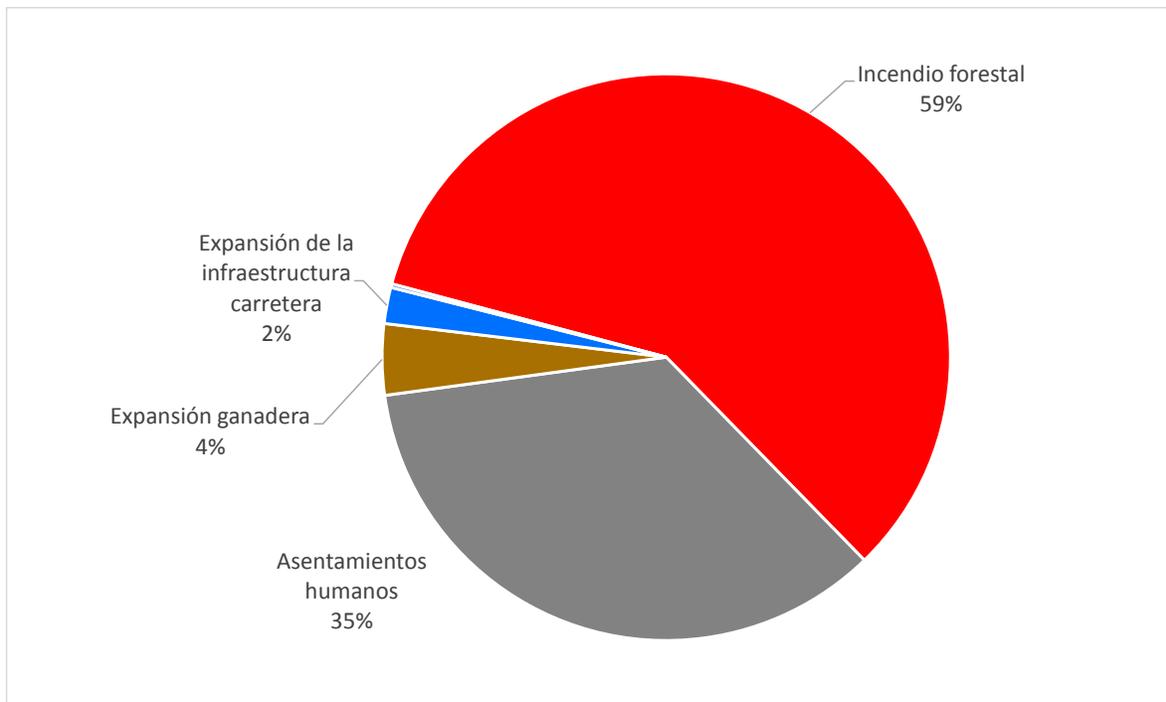


Figura 114. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de Benito Juárez en el período 2001-2013.

Lázaro Cárdenas

Este es otro de los municipios en donde los incendios forestales (68%) tienen mucha importancia en la pérdida de cobertura forestal, sin embargo la mayoría de estos posiblemente se deben a el tipo de vegetación de selva baja caducifolia y a la expansión de la ganadería (16) donde se realizan quema de pastizales y en algunos casos se salen de control, por otro lado la agricultura de subsistencia (11%) aunque es en pequeñas superficies se puede observar que tienen contribución en la pérdida de cobertura forestal, en menor porcentaje se encuentra la expansión de caminos y carreteras con un (4%) y asentamientos humanos (1%).

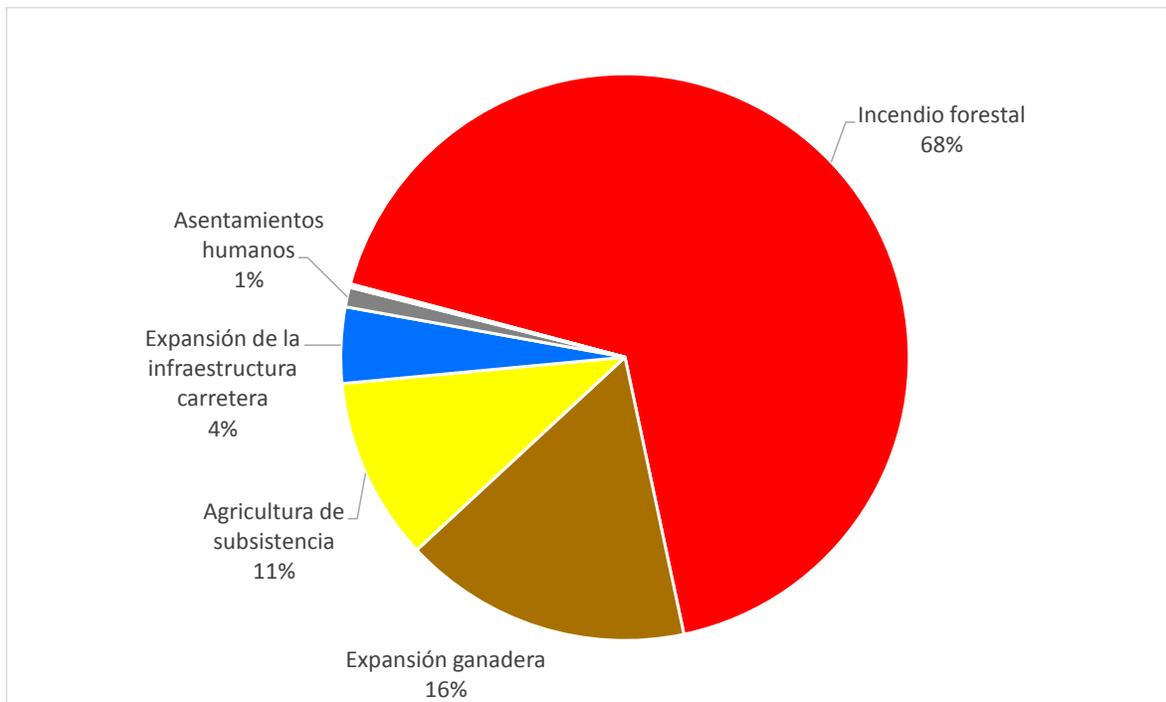


Figura 115. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de Lázaro Cárdenas en el período 2001-2013.

José María Morelos

La pérdida de cobertura forestal para el municipio de José María Morelos está enfocada en las actividades agropecuarias, de las cuales destaca la agricultura de subsistencia con un (39%), seguido de la expansión ganadera (37%), y los incendios forestales con un (13%) los cuales posiblemente son originados por quemas sin control, para el 11% restante se identifica la expansión de carreteras (3%), fruticultura (3%), brechas corta fuego (2%), asentamientos humanos (2%) y la agricultura mecanizada (1%).

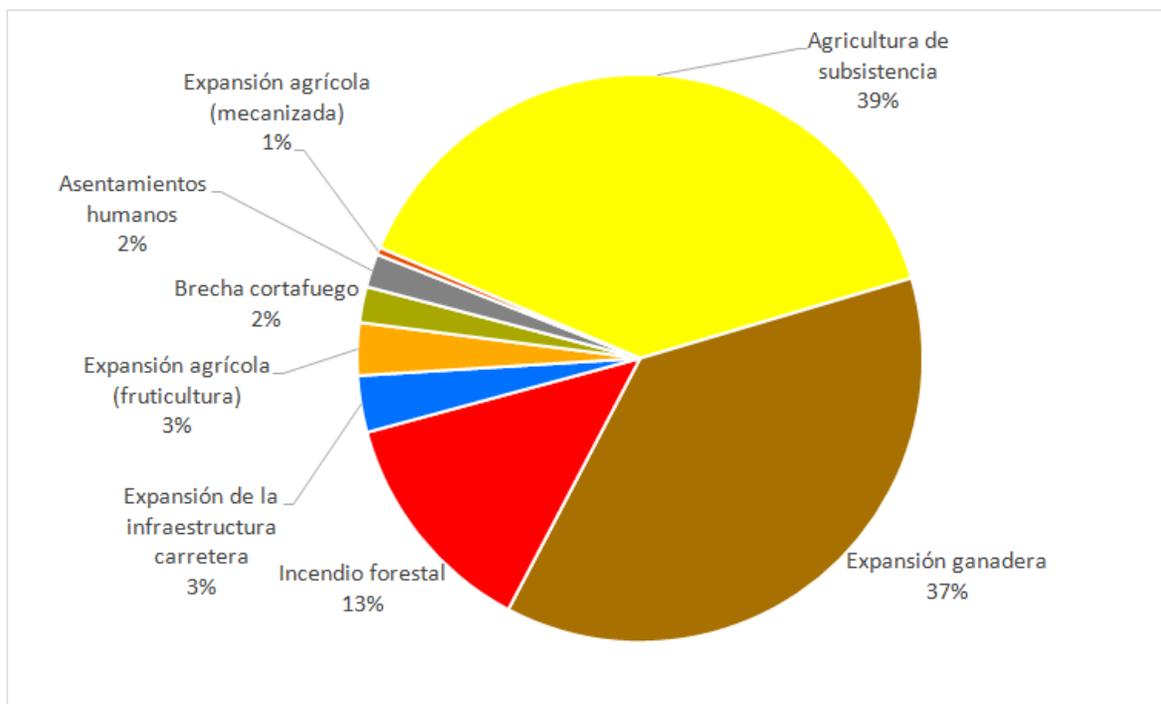


Figura 116. Distribución porcentual de las causas directas de deforestación en el municipio de José María Morelos en el período 2001-2013.

Análisis de Certeza: Quintana Roo

El análisis de certeza o fiabilidad del mapa de determinantes de deforestación para el estado de Campeche arrojó una fiabilidad global de 0.7768 (78%) con un rango de Intervalo de Confianza (IC) Medio de 70 a 86%. Para este análisis se incluyeron un total de 97 sitios de referencia obtenidos del muestreo simple y aleatorio en campo. Para el análisis de fiabilidad de Campeche pudimos integrar y analizar las siguientes categorías de uso de suelo actual, o específicamente de causas directas, representados en el mapa: (1) cultivo de caña, (2) fruticultura, (3) ganadería, (4) cultivos con agricultura mecanizado, (5) cultivos mayormente de subsistencia o milpa. Los resultados de la matriz bruta y la matriz ajustada en base al error calculado se presentan en la Tablas 10 y 11. La Tabla 12 resume los resultados de fiabilidad de usuario y fiabilidad de productor.

Los resultados de fiabilidad de usuario fue menor para la causa directa de caña con un promedio de 0.5%, con un rango de 0% a 100%, debido que solo hubieron dos puntos de referencia seleccionados de la cual una se categorizó correctamente y la otra se confundió por ganadería.

Sin embargo, la fiabilidad de usuario para la clasificación de ganadería fue la más precisa con un rango de 77 a 94% (promedio 85%) de certeza en la superficie clasificada en el mapa, seguido por agricultura mecanizado (promedio 0.75%) y fruticultura (promedio 67%). Para la categoría de milpa la fiabilidad de usuario tuvo un promedio de 64% con un rango de intervalo de confianza de 47 a 82%

Con respecto a estas categorías en particular, podemos observar en los resultados de fiabilidad de productor que las categorías de caña y plantación forestal demuestran que el 100% de estas áreas en el suelo fueron correctamente representados en el mapa, aunque de nuevo solo son dos sitios de referencia de caña y una de plantación forestal, facilitando este resultado. En cuanto a las categorías de fruticultura y palma de aceite, podemos observar un mayor error en cuanto a la fiabilidad de productor con 0.4917 y 0.1699 respectivamente; aunque también se representan pocos sitios de referencia, los resultados indican una subestimación de la proporción de áreas de estas categorías representados en el mapa, con tan solo el 17% de áreas con palma de aceite en el suelo correctamente cartografiados en el mapa. Para la fiabilidad de productor, los valores son muy similares, confirmando una buena clasificación, excepcionalmente para la categoría de ganadería. En la categoría de mecanizado, la fiabilidad de productor tuvo un rango de 9 a 37%, indicando una subestimación de mecanizado representado en el mapa de Quintana Roo y también debido a que hubo muy poca representación de puntos de mecanizado en el muestreo, por lo que se sugiere muestreos estratificados por categorías para asegurar mejor certeza en estos trabajos. Para la categoría de milpa se observa ligera sobre estimación, teniendo una fiabilidad de productor de 82%. Esto quiere decir que aunque un promedio de 82% de la superficie de milpa en el suelo está correctamente clasificado en el mapa, hay todavía alrededor de 35% de esta cobertura en el mapa que pueda corresponder a otra categoría, en otras palabras sobreestimando la proporción milpa en el mapa.

En base a estos errores calculados por el análisis, los resultados de AccurAccess nos proporcionan un estimado más real de la proporción de superficie ocupada por cada categoría, incluyendo sus rangos de intervalo de confianza. La proporción ajustada y su respectivo intervalo de confianza para cada categoría son las siguientes: (1) caña 2% (0-4.8%), (2) fruticultura 4.1% (0.6-7.5%), (3) ganadería 58% (51-65%), (4) mecanizado 13.2% (7-19%), (5) milpa 22.4% (16-29%). Se puede observar que los porcentajes de superficie para las categorías de uso de suelo actual calculado por el análisis, corresponden muy bien a los porcentajes calculados del mapa para el estado y la PY en general. Sin embargo, es importante notar que una mayor proporción de la superficie de milpa en Quintana Roo, comparado a los otros dos estados,

corresponde a milpas tradicionales mayas con una diversidad de cultivos destinados en su mayoría para la subsistencia.

Tabla 10. Matriz de confusión bruta del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Quintana Roo.

Raw Matrix	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa
Caña	1	0	1	0	0
Fruticultura	0	2	1	0	0
Ganadería	1	1	53	3	4
Mecanizado	0	1	0	3	0
Milpa	0	0	3	7	18

Tabla 11. Matriz ajustada en base a error obtenida del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Quintana Roo.

Adjusted Confusion Matrix (Card Correction)	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa
Caña	0,010148297	0	0,010148297	0	0
Fruticultura	0	0,020372587	0,010186293	0	0
Ganadería	0,010028551	0,010028551	0,531513224	0,030085654	0,040114206
Mecanizado	0	0,010212026	0	0,030636079	0
Milpa	0	0	0,030699239	0,071631559	0,184195436

Tabla 12. Resultados de fiabilidad de usuario, fiabilidad de productor y proporción de categorías calculado por el análisis de certeza (AccurAccess) para el estado de Quintana Roo.

Category	Caña	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa
Fiabilidad de Usuario	0,5	0,666666667	0,85483871	0,75	0,642857143
IC Medio	0,69296	0,53344	0,08768	0,42435	0,17748
IC Límite Inferior	0	0,133222234	0,767153221	0,325647552	0,465374749
IC Límite Superior	1	1	0,942524198	1	0,820339536
Fiabilidad de Productor	0,502967406	0,501625198	0,912395352	0,231471983	0,821165933
IC Medio	0,59686	0,37926	0,06202	0,14129	0,14497
IC Límite Inferior	0	0,12235843	0,850366672	0,090177262	0,676185979
IC Límite Superior	1	0,880891966	0,974424031	0,372766704	0,966145886
Proporción con Error Ajustado	0,020176849	0,040613164	0,582547054	0,132353292	0,224309642
IC Medio	0,027964178	0,034432347	0,070234349	0,060925071	0,064430328
IC Límite Inferior	0	0,006180817	0,512312705	0,071428221	0,159879314
IC Límite Superior	0,048141027	0,075045511	0,652781403	0,193278362	0,288739969

2.4 Yucatán

Este estado fue el que tuvo mayor variedad de causas que el resto, se encontró además que continúa la tendencia de ser la ganadería la primera causa de deforestación en el período analizado con el 51% por todo el estado pero sobre todo hacia la zona noreste, centro y litoral centro. En la región Oriente es donde se concentra la agricultura de subsistencia con maíz y algo de milpa, lo que representó el 33% de la superficie deforestada y los incendios representaron el 5% de las causas sobre todo en la región noroeste (figuras 117 y 118).

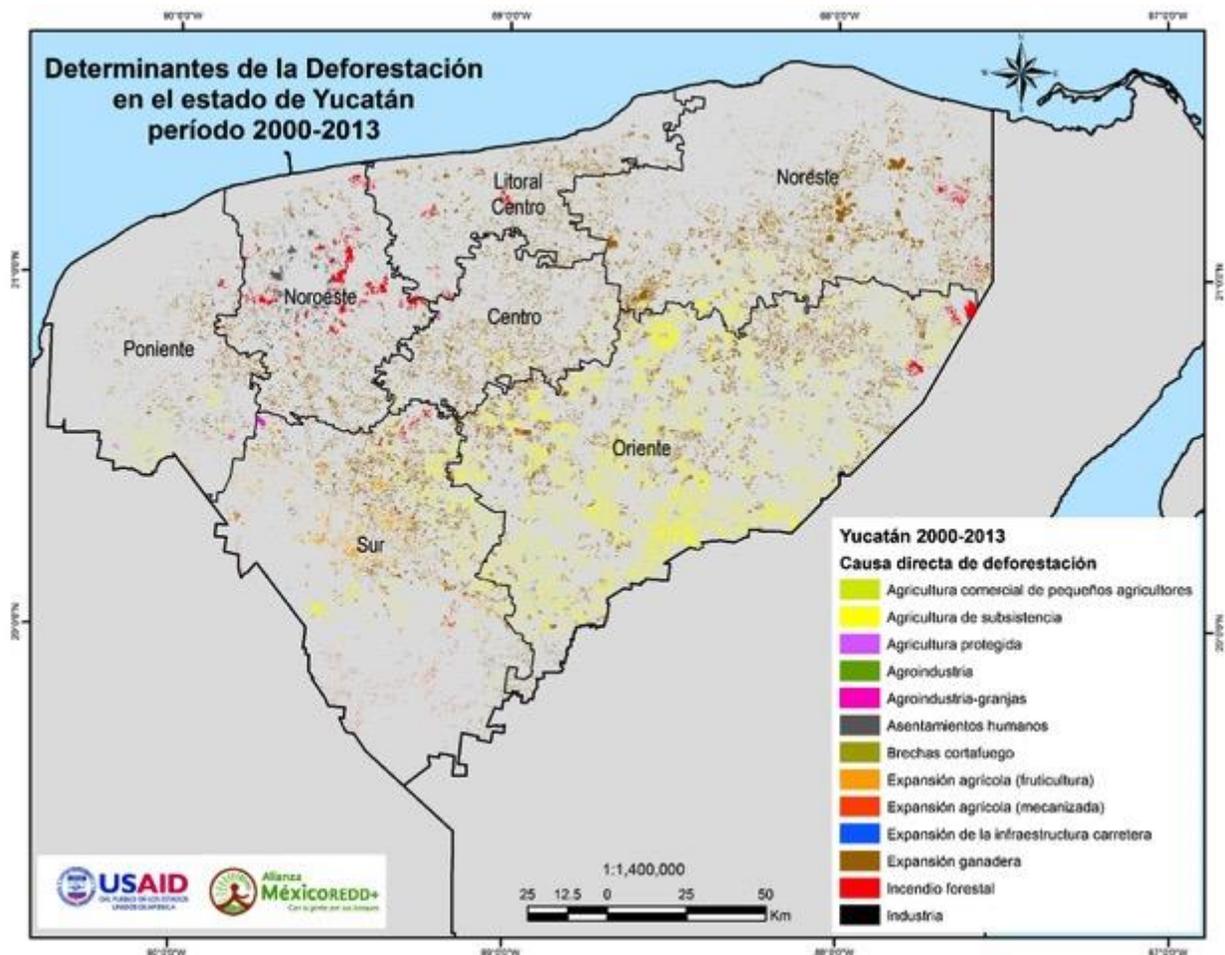


Figura 117. Mapa de determinantes de la deforestación en el estado Yucatán para el período 2001-2013.

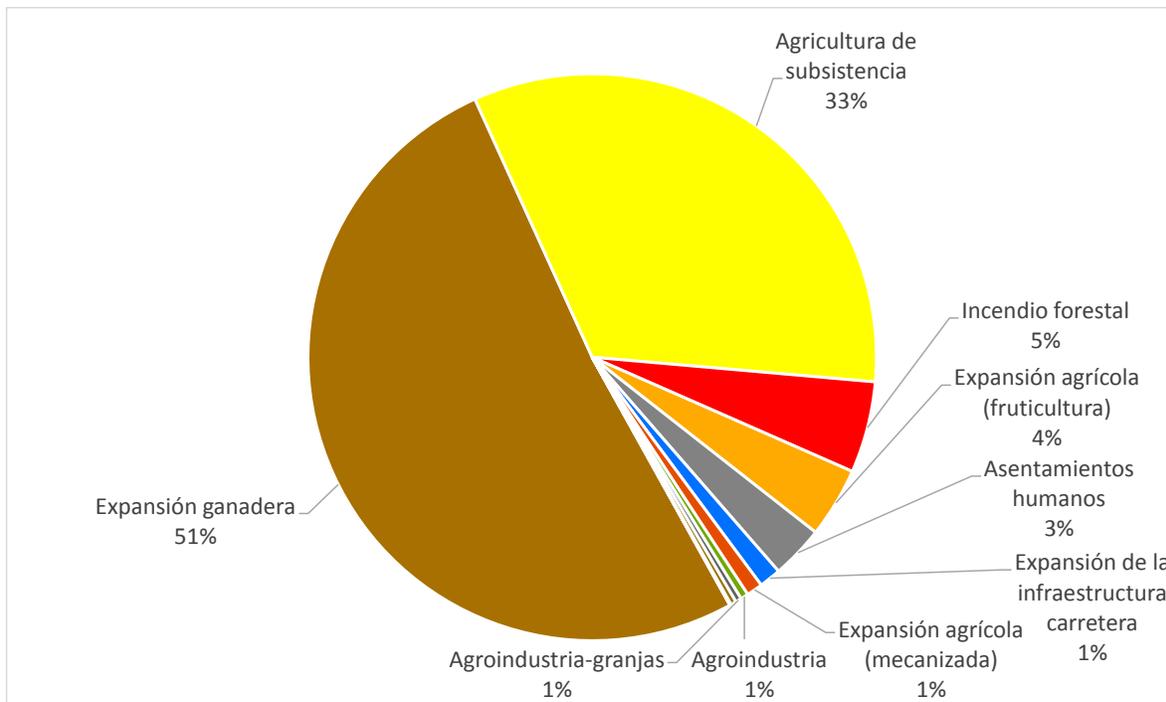


Figura 118. Superficie y distribución porcentual de las causas directas de pérdida de cobertura arbórea en el estado de Yucatán.

Como se ha comentado anteriormente, en Yucatán en la mayoría de las regiones ha sido la actividad ganadera la que ha sido la principal causa directa de deforestación en el período 2001-2013 (Figura 119), siendo la región noreste la que tuvo más de 40,000 ha de deforestadas por esta causa, similar a la región oriente, el resto de las regiones tuvieron anduvieron en el rango de 10,000-20,000 ha para todo el período.

La región oriente a diferencia de las demás, fue la única donde la agricultura de subsistencia fue la causa directa más importante con alrededor de 80,00 hectáreas. Sobresalen asimismo los incendios forestales en la zona noroeste y los cítricos en la región sur hacia los límites con el estado de Campeche.

Por otro lado, la distribución de las causas a lo largo de los años analizados se encontró cada causa tiene superficies similares de deforestación año con año, dominando la actividad ganadera, seguida por agricultura de subsistencia, incendios que tuvo un aumento en el año 2006, fruticultura con también con superficies similares con un repunte en el año 2010.

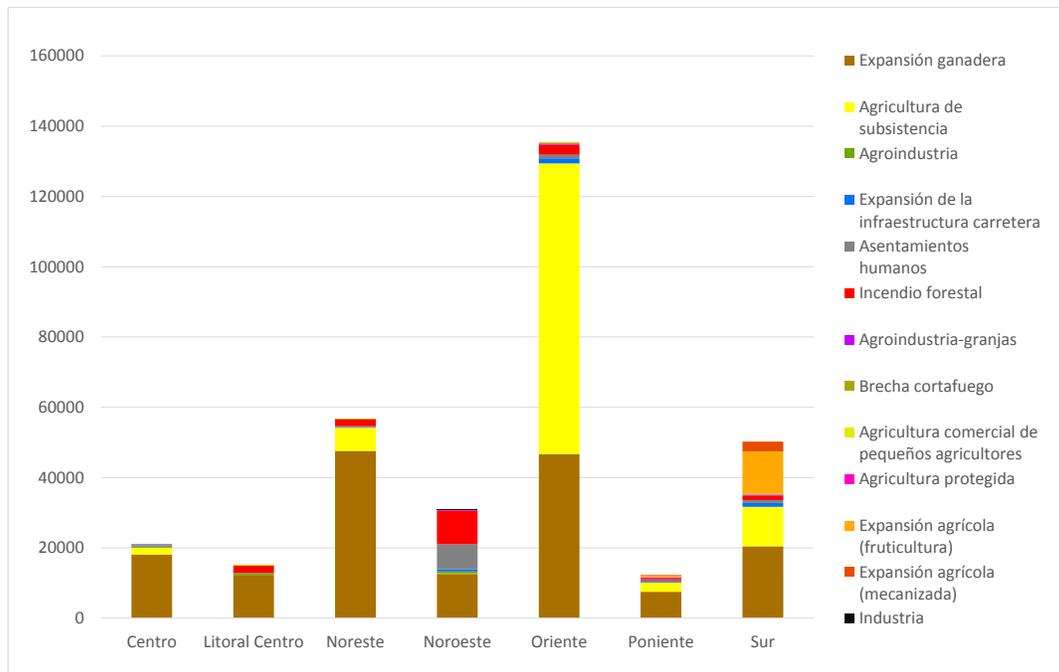


Figura 119. Superficie y causa directa de deforestación para las regiones del estado de Yucatán en el período 2001-2013.

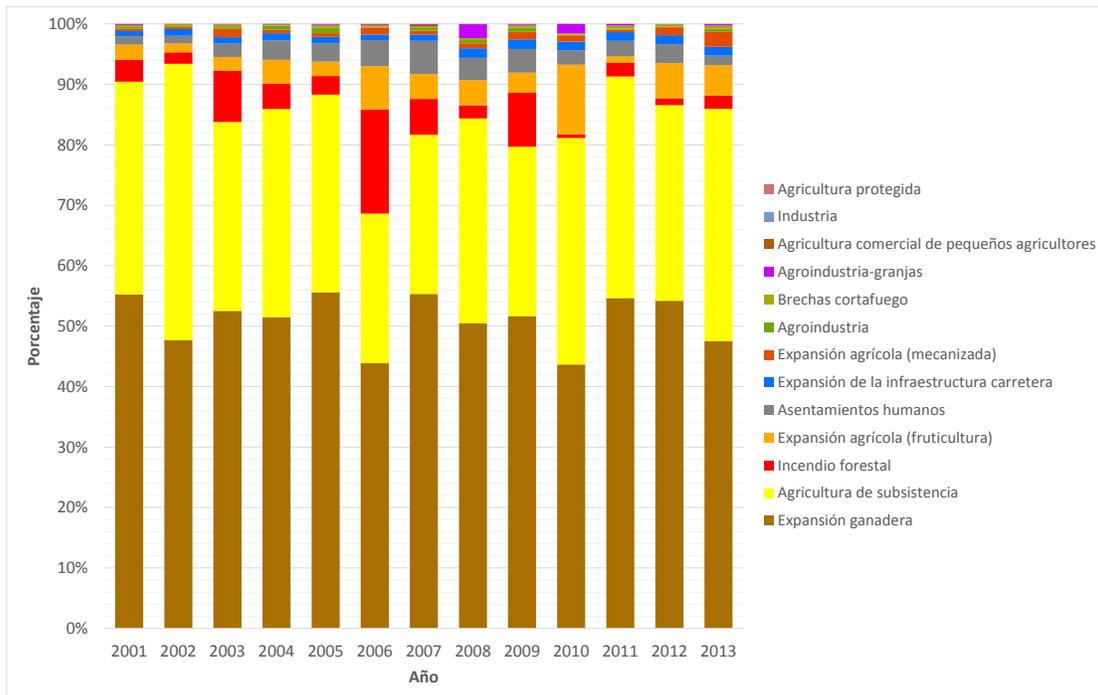


Figura 120. Porcentaje que representa la causa de deforestación por año del período 2001-2013 en el estado de Yucatán.

Análisis de Certeza: Yucatán

El análisis de certeza o fiabilidad del mapa de determinantes de deforestación para el estado de Campeche arrojó una fiabilidad global de 0.7768 (78%) con un rango de Intervalo de Confianza (IC) Medio de 70 a 86%. Para este análisis se incluyeron un total de 97 sitios de referencia obtenidos del muestreo simple y aleatorio en campo. Para el análisis de fiabilidad de Quintana Roo pudimos integrar y analizar las siguientes categorías de uso de suelo actual, o específicamente de causas directas, representados en el mapa: (1) henequen, (2) fruticultura, (3) ganadería, (4) cultivos con agricultura mecanizado, (5) cultivos mayormente de subsistencia o milpa y (6) incendios. Los resultados de la matriz bruta y la matriz ajustada en base al error calculado se presentan en la Tablas 13 y 14. La Tabla 15 resume los resultados de fiabilidad de usuario y fiabilidad de productor.

Los resultados de fiabilidad de usuario muestra una buena clasificación de las categorías en el mapa con la mayoría arriba) a de los 82%, siendo la ganadería y la milpa los mejores clasificados con 89 y 91%, seguido por fruticultura con 82%. La agricultura mecanizada tuvo una menor confiabilidad en la clasificación para el usuario (50%) debido a muy pocos puntos representativos (3) y su confusión con ganadería en el suelo. En base a la fiabilidad de productor de la categoría mecanizado (34%) se puede considerar una subestimación de este uso de suelo en el mapa. Como se menciona arriba, la fiabilidad de las categorías de fruticultura, ganadería y milpa son muy buenas, con una fiabilidad promedio de productor arriba de 75% y hasta de 95%, indicando una muy buena categorización de estos drivers directos en el mapa.

En base a estos errores calculados por el análisis, los resultados de AccurAccess nos proporcionan un estimado más real de la proporción de superficie ocupada por cada categoría, incluyendo sus rangos de intervalo de confianza. La proporción ajustada y su respectivo intervalo de confianza para cada categoría son las siguientes: (1) henequen 2.2% (0.2-4.2%), (2) fruticultura 8.9% (5.6-12.2%), (3) ganadería 41% (36-45%), (4) mecanizado 2.2% (0-4.6%), (5) milpa 44.3% (40-49%). Se puede observar que los porcentajes de superficie para las categorías de uso de suelo actual calculado por el análisis, corresponden muy bien a los porcentajes calculados del mapa. Particularmente, se nota la predominancia de la agricultura de maíz o milpa, predominantemente para subsistencia y el driver directo de la ganadería, juntos ocupando más del 80% de la superficie y siendo una presión de deforestación que merece atención.

Tabla 13. Matriz de confusión bruta del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Yucatán.

<i>Raw Matrix</i>							
	Henequen	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Incendios	
Henequen	1	0	0	0	0	0	0
Fruticultura	0	9	1	0	1	1	0
Ganadería	2	0	53	2	2	2	0
Mecanizado	0	1	0	1	0	0	0
Milpa	0	2	1	0	56	2	2
Incendio	0	0	1	0	1	1	0

Tabla 14. Matriz ajustada en base a error obtenida del análisis de certeza (AccurAccess) para el mapa de determinantes de deforestación del estado de Yucatán.

<i>Adjusted Confusion Matrix (Card Correction)</i>							
	Henequen	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Incendios	
Henequen	0,007535625	0	0	0	0	0	0
Fruticultura	0	0,067570481	0,007507831	0	0,007507831	0	0
Ganadería	0,014539078	0	0,385285567	0,014539078	0,014539078	0	0
Mecanizado	0	0,007485738	0	0,007485738	0	0	0
Milpa	0	0,014783669	0,007391835	0	0,413942743	0,014783669	0
Incendio	0	0	0,007551019	0	0,007551019	0	0

Tabla 15. Resultados de fiabilidad de usuario, fiabilidad de productor y proporción de categorías calculado por el análisis de certeza (AccurAccess) para el estado de Yucatán.

<i>Categoría</i>	Henequen	Fruticultura	Ganadería	Mecanizado	Milpa	Incendios	
Fiabilidad de Usuario	1	0,818181818	0,898305085	0,5	0,918032787	0	0
IC Medio	0	0,22793	0,07712	0,69296	0,06883	0	0
IC Límite Inferior	1	0,590250871	0,821180718	0	0,84919287	0	0
IC Límite Superior	1	1	0,975429452	1	0,986872703	0	0
Fiabilidad de Productor	0,341369251	0,752121159	0,944938218	0,33987744	0,933268965	0	0
IC Medio	0,30628	0,19672	0,05267	0,436	0,05581	0	0
IC Límite Inferior	0,035089069	0,555399579	0,89226605	0	0,877457194	0	0
IC Límite Superior	0,647649434	0,948842739	0,997610385	0,775881944	0,989080736	0	0
Proporción con Error Ajustado	0,022074703	0,089839889	0,407736252	0,022024816	0,443540671	0,014783669	0
IC Medio	0,019975671	0,031903777	0,041935187	0,024785003	0,042592859	0,02031766	0
IC Límite Inferior	0,002099032	0,057936112	0,365801064	0	0,400947812	0	0
IC Límite Superior	0,042050373	0,121743666	0,449671439	0,046809819	0,48613353	0,03510133	0

VII. Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados de la consultoría “**Evaluación y Mapeo de los Determinantes de la Deforestación en la Península Yucatán**”, liderada por la Alianza México REDD+ y realizada por el Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana, revela lo heterogéneo y complejo que pueden ser los procesos de deforestación en el paisaje de la PY. El estudio aporta y discute varias conclusiones de importancia para el desarrollo de estrategias y políticas públicas que detengan la deforestación y promuevan un desarrollo sustentable en la región. Estas conclusiones son: 1) la deforestación ha disminuido en los últimos 10 años en la PY y en algunos casos, ha sido sobreestimado en la región; 2) los determinantes de deforestación son diversos, complejos e interrelacionados distribuidos de manera heterogénea en el paisaje; 3) existen varios *hotspots* con frentes de deforestación reciente que requieren de atención prioritaria dentro de las estrategias y programas institucionales para detener la deforestación y 4) existen zonas de baja deforestación con potencial de conservación de selvas que deben ser integrados a las estrategias y programas institucionales. Es evidente que para reducir las emisiones por deforestación y degradación forestal en la PY, se tendrá que implementar estrategias diversificadas que promuevan el mantenimiento de cobertura forestal en áreas de baja amenaza y que den incentivos para la reforestación e integración de árboles dentro de las zonas agropecuarias con alta amenaza de deforestación.

De acuerdo a nuestro análisis de deforestación para la PY se pudo observar que las cifras de superficies deforestadas y las tasas de pérdida de cobertura forestal han disminuido en la Península Yucatán en los últimos 10 años. El último reporte de la FAO sobre los recursos forestales del mundo confirma una baja en la tasa de deforestación en México de -0.3% (190,000 ha/año) entre 1990 y 2000, a -0.2% (134,000 ha/año) entre 2000 y 2010 y finalmente bajando a -0.1% (92,000 ha/año) entre el 2010 y 2015 (FRA 2015). Esta tendencia se puede observar en la PY con los datos de GFC, demostrando una superficie neta deforestada de 43,000 ha/año para el periodo 2001- 2013, comparado a una superficie neta deforestada de 65,000 ha/año para el periodo 1993 -2002, reportada por Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez (2010), basado en los datos del INF de CONAFOR. Las tasas de pérdida de cobertura forestal anual derivadas de los datos de GFC para la PY varían entre -0.24 y -0.32%, indicando una baja en tasas históricas reportadas, y demostrando tasas similares al promedio nacional reportado por FAO durante ese periodo (FRA 2010, 2015). Rosete-Verges et al. (2014) reportan que las tasas de cambio en cobertura forestal disminuyen entre el 2000 y 2007 comparado al periodo de 1976-2000, sin embargo, utilizando datos de las Series I a IV de INEGI y del INF de CONAFOR, calculan una reducción en la superficie

forestal de alrededor de 500,000 ha cada año durante el periodo 2000-2007, una cifra muy alta, relativo a los valores obtenidos por otros estudios mencionados arriba.

El reciente análisis elaborado para el “Índice de Competitividad Forestal Estatal”, igualmente basado en el uso de los datos de INEGI, y considerando cambios de selvas a selvas secundarias, calculan para Quintana Roo una pérdida de hasta 57% de sus selvas entre 1976 y 2008 y una pérdida hasta mayor para el estado de Yucatán (IMCO 2014). Sin embargo, comparado a este y otros estudios sobre deforestación en la PY, estas cifras parecen ser sobreestimados, y no son muy congruentes con la mayoría de datos sobre cobertura forestal en la región. (Céspedes-Flores y Moreno- Sánchez 2010, López 2012). El estudio de López (2012), también usando datos de las series INEGI, se apega a los resultados de este estudio que identifican a Quintana Roo con menores problemas de deforestación por impacto antropogénico en la PY, comparado a Campeche con la mayor pérdida, y en segundo lugar Yucatán. Como se menciona al inicio y se observa en los divergentes resultados de los estudios, las diferencias en las fuentes, los métodos de análisis, la escala del producto y las diferentes clasificaciones e interpretaciones de tipos de vegetación y vegetación secundaria de los datos de INEGI e INF se prestan en generar errores y diferentes interpretaciones al determinar los cambios en la cobertura y degradación forestal. No obstante, cabe mencionar, que la cuantificación de la pérdida de cobertura forestal se ha ido mejorando en los últimos 15 años mediante el análisis y monitoreo aplicando técnicas de percepción remota. Los productos de GFC (Hansen et al. 2013), por ejemplo, cuantifican cambios en la cobertura forestal a nivel de pixel (30 x 30 m) basado en los valores de los sensores de imágenes LANDSAT. Este producto, pone a la disposición una mejor y más precisa herramienta para la medición de la pérdida de vegetación forestal, basado en los cambios de cobertura arbórea y biomasa detectados en los cambios de los valores de pixeles en la imagen satelital.

Como resultado de nuestro estudio, resalta la identificación de los determinantes de deforestación en la PY, considerando las causas directas y los factores subyacentes que influyen en el proceso. Entre las conclusiones principales que obtenemos sobre la evaluación de los determinantes o “drivers” de deforestación en la PY, es que estos son muy diversos, complejos e interrelacionados, lo cual crea un paisaje muy heterogéneo en cuanto a las dinámicas de cambios en cobertura forestal. Estas conclusiones no son nuevas; los estudios que realizan Geist y Lambin (2001 y 2002) a principios de los 2000 también demuestran la diversidad y complejidad de las causas próximas y subyacentes que se relacionan con la deforestación en los trópicos. Para la mayoría de países latinoamericanos se reportaron una combinación de dos a tres causas inmediatas que incluyen la expansión agropecuaria (mayormente para ganadería), extracción de madera y

expansión de infraestructura. Las causas subyacentes de deforestación en países de Latinoamérica igualmente se atribuyen a una combinación de 3 a 5 factores incluyendo demográficos, económicos, institucionales y tecnológicos. En este estudio también se identificaron la presencia de múltiples causas directas y factores subyacentes que se pueden representar de manera combinada en la PY. Las causas directas de deforestación identificadas en orden de grado de mayor impacto a las selvas incluyen: 1) ganadería, 2) agricultura mecanizada, 3) agricultura de subsistencia, 4) incendios y 5) expansión urbana. En cuanto a las causas subyacentes de la deforestación identificadas en la PY, también influye una combinación de factores que incluyen, mayormente las políticas públicas y subsidios que promueven la actividad ganadera y agrícola, los créditos para la producción agropecuaria, mercados de productos agropecuarios, crecimiento de población y migración, y a menor grado, el desarrollo turístico que se observa en algunos lugares de Quintana Roo.

Recientemente se ha escalado la investigación para determinar los “drivers” de deforestación y degradación forestal en el mundo, particularmente en países con selvas tropicales. Esto se debe a la creciente necesidad de muchos países en desarrollar estrategias y planes de acción para REDD+. Hosonuma et al. (2012) analizaron datos para más de 100 países en desarrollo con el objetivo de categorizar los países en cuanto a su fase de transición forestal e identificar los drivers que influyen en la deforestación y degradación. Es importante mencionar, que en este estudio se categorizó a México en etapa de transición tardía en su proceso de cambio de cobertura forestal, que se define por tener una tendencia en la reducción de la tasa de deforestación, llegando a menos de -0.25% (Hosonuma et al. 2012). Los resultados sobre los principales determinantes de la deforestación en Latinoamérica se asemejan a los resultados de este estudio y comprenden en orden de importancia la expansión agropecuaria, la agricultura de subsistencia, y la expansión urbana y de infraestructura.

Otro estudio reciente comprende de un meta-análisis de modelos econométricos de deforestación para evaluar la significancia de los distintos drivers reportados en Asia, Africa, Latinoamérica y el Caribe (Ferretti-Gallon & Busch 2014). El meta-análisis afirma la importancia de la rentabilidad económica de actividades productivas ganaderas y agrícolas en determinar la deforestación, más aún atribuye una mejor rentabilidad a factores biofísicos (por ejemplo, clima, topografía y suelos) y factores socioeconómicos (por ejemplo, costos de producción y transportación). Mientras el crecimiento de población se asocia con mayor deforestación, condiciones de pobreza y marginalización se asocian con menor deforestación, y el aprovechamiento forestal y tenencia segura no mostraban una relación clara con menor o mayor deforestación (Ferretti-Gallon &

Busch 2014). Para México en particular, los resultados indican la importancia de los programas de gobierno en asociación con la deforestación, de nuevo corroborando las conclusiones de este estudio (Ferretti-Gallon & Busch 2014). Es claro que en la PY la complejidad relacionada con los determinantes de deforestación se debe a que hay muchos actores involucrados, desde múltiples dependencias de gobierno estatal y federal, ONGs, y otros actores importantes como empresas y comerciantes. En la PY se observa que los intereses económicos de algunos de estos actores pueden ser más influyentes en promover la deforestación que los esfuerzos de conservación de las instituciones ambientales que carecen de recursos suficientes para detenerla.

En base al análisis de determinantes de deforestación de este estudio, identificamos varias regiones de la PY que presentan procesos fuertes de deforestación, arriba del -0.5%. Estas regiones de alta deforestación representan diversas causas directas y subyacentes que requieren de estrategias diferentes para revertir la tendencia. En el estado de Campeche se identifica el municipio de Candelaria donde la expansión ganadera predomina como la causa directa, y las causas subyacentes son los programas ganaderos y la migración. El municipio de Hopelchén igualmente se destaca por su alta deforestación en la PY causada directamente por una combinación de expansión ganadera y de agricultura mecanizada para maíz, sorgo y soya. La agricultura mecanizada en gran parte se realiza por la población Menonita. Los factores subyacentes más influyentes son los programas de gobierno, créditos y mercados. En Quintana Roo, destaca el municipio Benito Juárez con el grado mayor de deforestación de toda la PY. En esta región la causa de deforestación directa más notable es la expansión urbana y de infraestructura, estimulada por el desarrollo turístico y crecimiento de población. Sin embargo, la región presenta mucha superficie de pérdida de cobertura forestal por impactos de incendios. El municipio de Bacalar corresponde a otra región con alta deforestación en Quintana Roo. La reciente migración de población Menonita, la expansión de áreas de agricultura mecanizada, el cultivo de caña y maíz, la expansión de potreros y los impactos de incendios son la variedad de causas directas presentes en esta región, que también se influyen por factores demográficos, tecnológicos, ambientales y en adición por los programas, créditos y mercados. En Yucatán, la región del oriente se distingue por su alta deforestación causada por el cultivo de maíz, en gran parte para subsistencia, y promovido por los programas de gobierno, y en la región noroeste del estado, la expansión urbana de Mérida mediante el crecimiento de población es otro hotspot en la PY.

Las regiones con muy baja deforestación se distinguen por la presencia de ANPs y la actividad forestal, como se pudo observar en este estudio. Estas zonas se presentan mayormente en los

estados de Campeche y Quintana Roo. La integración de estrategias de conservación que promuevan el manejo forestal sustentable y que fortalezcan el sistema de ANPs es esencial para reducir la deforestación en la región y mantener la cobertura forestal presente en estas regiones. Por otro lado, en las zonas de alta deforestación, se requiere la integración de estrategias de intensificación agrícola y sistemas alternativos de producción como la agroforestería. Las políticas ambientales y de producción agropecuaria deben estar alineadas, con incentivos a productores de integrar prácticas de conservación, reforestación y agroforestales dentro de sus actividades productivas. Es importante reducir la competencia entre usos de suelos agropecuarios, forestales y de conservación y proveer mejores incentivos para la integración de prácticas de conservación, manejo forestal y sistemas agropecuarios alternativos dentro del paisaje rural de la PY. Se reporta en diversas fuentes sobre la dificultad en frenar la deforestación, debido a la influencia de actores con mayor influencia en determinar el cambio de uso de suelo (por ejemplo instituciones de gobierno y empresas), la corrupción entre funcionarios públicos y otros actores importantes, y la mayor rentabilidad económica de convertir las selvas a usos de suelo agropecuarios que utilizarlas para la conservación o el manejo forestal.

VIII. Literatura Citada

Andrade, H.M. (2010). Transformación de los sistemas naturales por actividades antropogénicas. En: Durán R. y M. Méndez (Eds). 2010. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.

Bray, D.B., Ellis, E.A., Armijo-Canto, N. y Beck, C.T. 2004. The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the "Maya Zone" in Quintana Roo, Mexico. *Land Use Policy* 21: 333-346.

Bray, D., and Klepeis, P. (2005). Deforestation, Forest Transitions, and Institutions for Sustainability in Southeastern Mexico, 1900–2000, *Environment and History*:11, pp195-223.

Busch, Christopher B., Vance, C. (2011). The diffusion of cattle ranching and deforestation: prospects for a hollow frontier in Mexico's Yucatán, *Ruhr economic papers*, No. 242, ISBN 978-3-86788-278-1.

Calmé, S., Pozo, C. y Armijo Canto, N. (2011). Desafíos para la conservación de la biodiversidad en Quintana Roo. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). 2011. *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (ppd). México, D. F.

Céspedes-Flores, S. y Moreno-Sánchez, E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental* 2(2): 5-13.

Challenger, A., y J. Soberón. (2008). Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 87-108.

Cortina, V. S., Mendoza, P. M. y Ogneva-Himmelberger, Y. (1999). Cambios en el uso del suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México. *Investigaciones geográficas*, Boletín 38: 41-56.

CCMSS. 2013. Impulsores de la deforestación y degradación en el estado de Quintana Roo “Versión borrador 2”. Consejo Civil Mexicano de la Silvicultura Sostenible. Mexico, D.F.

CONAFOR. (2006). Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales 2006. Guadalajara, México.

CONAFOR. (2010). Incendios Forestales: Guía práctica para comunicadores. Guadalajara, México.

CONAFOR. (2013). Reporte Semanal de Resultados de Incendios Forestales 2006. Guadalajara, México.

Díaz-Gallegos J., Mas, J. y Velázquez, A. (2008). Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, México. *Interciencia* 33 12: pp882-890.

DiGiano, M. Ellis, E. Keys, E. (2013). Changing Landscapes for Forest Commons: Linking Land Tenure with Forest Cover Change Following Mexico's 1992 Agrarian Counter-Reforms. *Human Ecology* 41 (5), 707-723.

Dupuy Rada, J. M., González Iturbe, J. A., Iriarte Vivar, S., Calvo Irabien, L. M., Espadas Manrique, C., Tun Dzul, F. y Dorantes Euán, A., (2007). Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo, *Investigaciones Geográficas*, 62: 104-124.

Ellis, E., Porter-Bolland. (2008). Is community-based forest management more effective than protected areas? A comparison of land use/land cover change in two neighboring study areas of the Central Yucatan Peninsula, Mexico, *Forest Ecology and Management*, 256, pp. 1971–1983.

ENAREDD+. (2015). Estrategia Nacional para REDD+. CONAFOR. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/estrategia-nacional-redd-enaredd/>

Ericsson, J., Boege, E., y Freudengerg, M.S. (1999). Population Dynamics, Migration, and the Future of the Calakmul Biosphere Reserve, Occasional Paper No. 1, Programme and Sustainable Development (PSD), American Association for the Advancement of Science (AAAS), pp. 40.

Esparza-Olguín, L.G. y Martínez Romero E. (2011). Deforestación en Campeche: Causas y Efectos. *Revista Fomix Campeche* 3(10): 6-11

FAO. (2010). Global Forest Resources Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.

FAO. (2015). Global Forest Resources Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy.

Ferretti-Gallon, K. & Busch, J. 2014. What drives deforestation and what stops it? A meta-analysis of spatially explicit econometric studies. Center for Global Development. Working Paper 361, April 2014. Washington, D.C.

Gebhardt S, Wehrmann T, Ruiz MAM, Maeda P, Bishop J, Schramm M, Kopeinig R, Cartus O, Kelldorfer J, Ressler R, Santos LA, Schmidt M. (2014). MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data. *Remote Sensing*; 6(5):3923-3943.

Geist, H.J. y Lambin, E.F. (2001). What Drives Tropical Deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence. *LUCC Report Series 4*. Louvain-la-Neuve. Belgium.

Geist, H.J. y Lambin, E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience* 52(2): 143-150.

Gobierno del Estado de Yucatán. (2008). Regionalización del Estado de Yucatán. Mérida Yucatán.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, and J. R. G. Townshend. 2013. “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.” *Science* 342 (15 November): 850–53. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>

Hirales-Cota, M., Espinoza-Avalos, J. Schmook, B., Ruiz Luna, A. y Ramos-Reyes, R. 2010. Drivers of mangrove deforestation in Mahahual-Xcalak, Quintana Roo, southeast Mexico. *Ciencias Marinas* 36(2): 147-159.

Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., Verchot, L., Romijn, E. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environmental Research Letters* 7 7 044009 (<http://iopscience.iop.org/1748-9326/7/4/044009>)

INEGI. (2015). Estadísticas Históricas de México 2014 Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México : INEGI, c2015. 1953 p. ISBN 978-607-739-477-8.

IMCO 2014. Índice de Competitividad Forestal Estatal. Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. y Reforestamos México, A.C. México. D.F.

López, A. 2012. Deforestación en México: Un análisis preliminar. Centro de Investigación y Docencia Económicas A.C. México, D.F.

Martínez Romero, E.(2010). Factores de Impacto Directo e Indirectos que Determinaron el Proceso Complejo de la Deforestación a Nivel Ejidal, en la Región de Calakmul, Campeche, durante el Periodo 1976-2008.

Martínez-Romero, E. y Esparza, O. (2010). Estudio de caso: deforestación en el estado de Campeche. Causas directas e indirectas de la principal amenaza sobre la biodiversidad. En: Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega (Coord.), 2010. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.

Mascorro, V.S., Coops, N.C., Kurz, W.A. y Olguín, M. (2014). Attributing changes in land cover using independent disturbance datasets: a case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Regional Environmental Change* DOI: 10.1007/s10113-014-0739-0

Meyer, C. & Miller, D. 2015. Zero deforestation zones: The case for linking deforestation-free supply chain initiatives and jurisdictional REDD+. *Journal of Forestry* 34(6/7): 559-580.

Murray, G. (2007). Constructing paradise: The impacts of big tourism in the Mexican coastal zone. *Coastal Management* 35: 339-355.

Porter-Bolland, L., Ellis, E.A. y Gholz, H.L. (2007). Land use dynamics and landscape history in La Montaña, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 82: 198-207.

Poot, N.N., Uitz, C.E., Cocón, C.G., y Contreras, R.M. (2006). Descripción de los Sistemas Productivos en el Municipio de Calakmul, Campeche, México, Reporte Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, pp. 83

Radel, C., B. Schmook, and R. Roy Chowdhury. (2010). Changing agricultural livelihoods in the southern Yucatán region: diverging paths with implications for environmental change. *Regional Environmental Change* 10:205–218.

Robles, M., Hernández, C., León C., (2014). Propuesta de Lineamientos para el Diseño de Estrategias Estatales REDD+. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México (Alianza México-REDD+) y Consejo Civil Mexicano para Silvicultura Sostenible A.C. México, Distrito Federal.

- Romero-Montero, J.A. (2014). Evaluación de los factores ambientales, socioeconómicos e institucionales que intervienen la dinámica del cambio de cobertura forestal en ejidos de Campeche y Quintana Roo, México. Tesis de Maestría en Ecología. Universidad Veracruzana. 115 p.
- Rosete-Vergés, F. A., Pérez-Damián, J.L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E.N., Salinas-Chávez, E., Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques*, vol. 20, núm. 1, 2014, pp. 21-35.
- Rueda, X. (2010). Understanding deforestation in the southern Yucatán: insights from a sub-regional, multi-temporal analysis. *Regional Environmental Change*, 10(3): 175-189.
- SAGARPA. (2010). Palma de aceite. Monografía de cultivos. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. México. 19 p.
- Stedman-Edwards, P. (1997). Causas Socio-económicas de la pérdida de la biodiversidad en el caso de Calakmul, WWF México, México.
- TNC. (2014). The Applicability of Hansen Global Forest Data to REDD+ Policy Decisions. The Nature Conservancy. Arlington, VA.
- Torres, R. y Momsen, J. 2005. Planned tourism development in Quintana Roo, Mexico: Engine for regional development or prescription for inequitable growth. *Current Issues in Tourism*. 8(4): 259-285.
- Turner, B. L., II, S. Cortina Villar, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. Macario Mendoza, S. M. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. B. Plotkin, D. Pérez Salicrup, R. Roy Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook, and C. Vance. (2001). Deforestation in the southern Yucatan peninsular region: An integrative approach. *Forest Ecology and Management* 154:343-370.
- Vadillo, L.C. (2000). Campeche: Sociedad, Economía, Política y Cultura, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias Humanidades (UNAM), México.
- Wang, W.J., He, H.S., Fraser, J.S., Thompson III, F.R., Shifley, S.R., Spetich, M.A. (2014). LANDIS PRO: a landscape model that predicts forest composition and structure changes at regional scales. *Ecography* 37, 225 e 229.
- Velázquez A, Mas JF, Díaz-Gallegos JR, Mayorga R, Alcántara C, Castro R, Fernández T, Bocco G, Palacio JL (2002) Patrones y tasas de cambio del uso del suelo en México. *Gaceta Ecol.* 62: 21-37.
- Vester, H.F.M., Lawrence, D., Eastman, R.J. Turner II, B.L., Calme, S. Dickson, R., Pozo, C. and Sangermano. (2007). Land change in the southern Yucatán and Calakmul Biosphere Reserve: Effects on habitat and biodiversity. *Ecological Applications* 17(4): 989-1003.
- Villalobos-Zapata, G. J., y J. Mendoza Vega (Coord.), 2010. La Biodiversidad en Campeche: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio), Gobierno del Estado de Campeche, Universidad Autónoma de Campeche, El Colegio de la Frontera Sur. México. 730 p.

Youngsinn, S., Morán, E., y Francisco, D. (1999). "Deforestation in North-Central Yucatán (1985-1995): Mapping secondary succession of forest and agricultural land use in Sotuta using the cosine of the angle concept", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 65, núm. 8, pp. 947-958.



www.alianzamredd.org

 AlianzaMREDD

 alianzaMREDD

 AlianzaMREDD

Esta publicación ha sido posible gracias al generoso apoyo del pueblo estadounidense a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación Número AID-523-A-11-00001 (M-REDD+) implementado por el beneficiario principal, The Nature Conservancy, y sus colaboradores, Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable, A.C. Los contenidos y opiniones expresadas en este documento pertenecen al autor y no reflejan necesariamente las opiniones de la USAID, el Gobierno de los Estados Unidos de América, TNC o sus colaboradores.

