



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN GEOGRAFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**“INSUMOS PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL
CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL
ESTADO DE MICHOACÁN”**

INFORME ACADÉMICO
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
BEATRIZ CASTILLO ROJAS

TUTOR
DR. LUIS MIGUEL MORALES MANILLA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL (UNAM)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
M.G. ROCÍO AGUIRRE LÓPEZ
M.G. GABRIELA CUEVAS GARCÍA

MORELIA, MICH. NOVIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A todas las personas especiales en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

UNAM, Ciudad Universitaria, Colegio de Geografía
UNAM, Campus Morelia, Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental.
Instituto de Geografía, UNAM
Instituto de Geología, UNAM
Instituto de Ciencias Económicas, UNAM
CONACYT

M.G. Rocío Aguirre López
Dr. Gerardo Bocco Verdinelli
Dr. Manuel Bollo Manent
M.G. Gabriela Cuevas García
Dr. Luis Miguel Morales Manilla

Ing. Armando Castillo Hernández
Lic. E. María Antonieta Rojas Mancilla
Dr. Vicente Cell Reyes

Dr. Genaro Javier Delgado Campos
M.T.I. Raquel González García
Lic. Luis Alfonso Sosa
M. G. Camilo Andrés Correa Ayram
Dr. Claudia Jimena Pérez Acuña
Dr. Luis Giovanni Ramírez Sánchez
M.C. Ana Fernández Montes de Oca
Biol. Ana Lilia Mena
Lic. Verena Ekaterina
M.C. Yunuen Reygadas
Dr. Juan Carlos Hernández Barrios
Ruth Mora Hernández

“...CUANDO SE PERSIGUE EL ORIGEN DE CUALESQUIERA DE LOS PROBLEMAS DEL MEDIO AMBIENTE, SALTA A LA VISTA UNA VERDAD INELUDIBLE: LAS CAUSAS RADICALES DE ESTA CRISIS NO LAS HALLAMOS EN LA INTERACCIÓN DEL HOMBRE CON LA NATURALEZA, SINO EN LA INTERACCIÓN DE LOS HOMBRES ENTRE SÍ. ESTO ES, QUE PARA RESOLVER LA CRISIS DEL MEDIO AMBIENTE HAY QUE DEJAR RESUELTOS EL PROBLEMA DE LA POBREZA, EL DE LA INJUSTICIA SOCIAL Y EL DE LA GUERRA; QUE LA VIEJA DEUDA QUE TENEMOS CONTRAÍDA CON LA NATURALEZA, HAY QUE LIQUIDARLA CON LA VIEJA MONEDA DE LA JUSTICIA SOCIAL, EN SUMA, QUE A LA PAZ DE LA NATURALEZA DEBE ANTECEDERLE UNA PAZ DE LOS HUMANOS”.

BARRY COMONNER

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS	10
GENERAL.....	10
PARTICULARES.....	10
1. MARCO CONCEPTUAL	11
2. PROYECTO, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”	20
2.1 ANTECEDENTES	20
2.2 ETAPAS DEL PROYECTO	23
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS DEL PROYECTO	28
2.3.1 MATERIALES	28
2.3.2 METODO DEL PROYECTO, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”	32
2.4 PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO	35
2.4.1 ORGANIGRAMA DE TRABAJO	37
3. ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL PROYECTO.....	38
3.1 MARCO GEOGRÁFICO.....	38
3.1.1 ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES.....	38
3.1.2 GEOLOGÍA.....	40
3.1.3 GEOMORFOLOGÍA.....	42
3.1.4 EDAFOLOGÍA	44
3.1.5 HIDROLOGÍA.....	47
3.1.6 CLIMA	49
3.1.7 COBERTURA VEGETAL	51
3.1.8 USO DE SUELO.....	54
3.2 ELABORACIÓN DE MAPAS INSUMOS.	56
3.2.1 CAMINOS.....	56
3.2.1.1 RECTIFICACIÓN DE CAMINOS DE 1974.....	57
3.2.1.2 ACTUALIZACIÓN DE CAMINOS DE 2011	59
3.2.2 LOCALIDADES / ASENTAMIENTOS HUMANOS	61
3.2.2.1 RECTIFICACIÓN DE LOCALIDADES DE 1974	62

3.2.2.2 ACTUALIZACIÓN DE LOCALIDADES 2011.....	64
3.2.3 ACTUALIZACIÓN DE COBERTURA FORESTAL: DIGITALIZACIÓN DE BOSQUE 2011	66
3.3 DISEÑO DE MAPAS PARA ATLAS DEL CULTIVO DE AGUACATE	68
3.3.1 USO DEL SUELO DE 1974.....	68
3.3.2 INVENTARIO 2011 DEL CULTIVO DEL AGUACATE.....	70
3.3.3 COMPARACIÓN DE INVENTARIOS	72
3.3.4 CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE 1974 A 2011	74
3.3.5 ÁREAS DE CONVERSIÓN DE CULTIVOS DE TEMPORAL 1974 A CULTIVO DE AGUACATE 2011.....	76
3.3.6 COBERTURA FORESTAL: BOSQUE 1974.....	78
3.3.7 PÉRDIDA FORESTAL: CAMBIO DE USO DEL SUELO EN ZONAS FORESTALES	80
4. RESULTADOS.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
ÍNDICE DE FIGURAS	90
ÍNDICE DE TABLAS	92
BIBLIOGRAFÍA.....	93
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....	97
ANEXOS	98

INTRODUCCIÓN

“Un símbolo internacional de México” como lo dice Manuel Sarmiento Fradera en su artículo **El aguacate. Joya de México para el mundo**; el fruto del aguacate en el Estado de Michoacán es uno de los productos agrícolas más importantes debido al valor de la producción del campo a nivel estatal, nacional y mundial.

Su cotización en el exterior hace de la producción del aguacate una de las principales fuentes de divisas para el Estado de Michoacán, es por ello que diferentes instancias de gobierno y asociaciones productoras están interesadas en el presente y futuro de este fruto; en la medida que se genere mayor información que contribuya a una mejor planeación del fruto el beneficio será prolongado, sin dejar de lado el impacto ambiental y social que deje a su paso el incremento en la producción del mismo.

El presente informe académico se elaboró con el objeto de actualizar y ratificar insumos cartográficos para el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”, además de, contribuir con la elaboración de mapas para el atlas del cultivo de aguacate, el cual estará publicado y disponible en la página de internet del CIGA (Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental).

Los insumos vectoriales ratificados constan de la cobertura de caminos existentes en 1974 en la zona que cubre la franja aguacatera, así como, los asentamientos humanos existentes en 1974, estas dos capas de información se ratificaron con el uso de un mosaico de fotografías aéreas de 1973 y 1974. Los insumos vectoriales actualizados fueron la cobertura de caminos para el 2011, los asentamientos humanos existentes en 2011 y cobertura forestal existente en 2011, la actualización requirió de la digitalización sobre imágenes de satélite WorldView 2 con un mosaico que cubría la zona de la franja aguacatera.

El Atlas del cultivo de aguacate consistió en el diseño de los mapas con la información vectorial antes mencionadas ratificadas y actualizadas, incluyendo los mapas del marco geográfico de la franja aguacatera (*zona de estudio, geología, geomorfología, edafología, hidrología, clima, cobertura vegetal y uso de suelo*), los inventarios del aguacate de 1974, 1995, 2005, 2007 y 2011, además de los mapas realizados en el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN” (Comparación de inventarios 1974 – 2011, Uso de suelo 1974, Cambios de uso de suelo de 1974 a cultivo de aguacate 2011, Cambio de bosque en 1974, a cultivo de aguacate 2011; Cambio de cultivos de temporal de 1974, a cultivo de aguacate 2011 y Cobertura forestal 1974).

El informe contiene cuatro capítulos que explican las etapas del proyecto, la contribución de la información ratificada y actualizada, la mención de los materiales de apoyo usados para la elaboración de la información espacial digital, la construcción de las bases de datos y el diseño de los mapas para el atlas (*conformado por 24 mapas*) y un anexo con 12 imágenes que de manera visual exponen la problemática ambiental y la evolución espacial de la Franja aguacatera, extraídas de las imágenes del satélite WorldView 2, de muy alta resolución adquiridas por medio de GTT Imaging para uso del proyecto.

JUSTIFICACIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (*SIG*)¹ ofrecen un amplio rango de posibilidades de generar información vectorial y/o raster. Los SIG como herramientas de análisis espacial se usan para proporcionar datos que ayuden en la toma de decisiones y resolución de problemas, en este caso el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”, se encarga de evaluar la problemática del impacto forestal por la introducción y expansión del cultivo del aguacate (Morales et al, 2010; Morales et al, 2012; Bravo et al 2009). Además, del impacto ambiental que se presentaría en escenarios futuros².

De tal manera que la información generada por el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN” proporciona información precisa y confiable a instituciones interesadas en la problemática de pérdida de cobertura forestal a causa de la expansión del cultivo del aguacate , algunas de estas instituciones como: CONAFOR, PROFEPA, SEMARNAT, COFOM, etc. (Morales et al, 2010; Morales et al, 2012; Bravo et al 2009) pueden ser beneficiadas con la información que se genera en el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN” y así tener elementos de información necesarios para una adecuada toma de decisiones.

¹ Un sistema de información geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés Geographic Information System) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica.

² Los resultados de estos impactos se presentan en el informe de Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 45pp, plantea un modelo conceptual de evaluación del impacto forestal regional en el cual marca el desarrollo de los escenarios futuros de la secuencia de cambio de bosque a cultivos de aguacate.

Para la realización de los modelos que se aplican en el proyecto se requiere de insumos cartográficos; capas de información vectorial como son: cobertura forestal (1974 y 2011), infraestructura carretera (1974 y 2011) y asentamientos humanos (1974 y 2011).

Estos insumos cartográficos se generaron por medio de la técnica de digitalización, para la ratificación de las capas de 1974 se usó la digitalización de fotografías aéreas y para la actualización de las capas del 2011 se usaron imágenes de satélite; cada una de las capas vectoriales se le generó una base de datos más precisa.

El primer propósito de la edición de los mapas se realizó para la presentación de los datos ratificados y actualizados de manera visual, además de cumplir con un segundo propósito que es el diseño de mapas para el Atlas del cultivo de aguacate.

OBJETIVOS

GENERAL

El objetivo general de este informe es generar los insumos digitales cartográficos detallados y renovados de la franja aguacatera necesarios para la actualización del proyecto: “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”.

PARTICULARES

1. Ratificar los insumos vectoriales de caminos y asentamientos humanos con fotografías aéreas de 1973 y 1974 de la franja aguacatera.
2. Actualizar los insumos vectoriales de caminos, asentamientos humanos y cobertura forestal del 2011 con imágenes de satélite WorldView 2 de la franja aguacatera.
3. Elaboración de mapas para Atlas del cultivo del aguacate.

1. MARCO CONCEPTUAL

Impacto ambiental. Los impactos que el hombre ejerce sobre su ambiente y sus esfuerzos para evitar o reducir estos impactos no son recientes, existen países que cuentan con una larga trayectoria en la planificación del uso del suelo (FAO, 1992).

El impacto ambiental está definido como la alteración del medio ambiente, provocado directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada (GRN, 2010). La LGEEPA (LEY General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente), define en su artículo 3º al impacto ambiental como la “modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o la naturaleza”.

Evaluación de impacto ambiental. Las evaluaciones de impacto ambiental son el resultado de una serie de estudios y aplicación de técnicas con las cuales se pueden evaluar los efectos directos e indirectos que determinadas acciones pueden tener sobre el medio ambiente.

Las evaluaciones de Impacto ambiental son una excelente herramienta para prevenir las posibles alteraciones que se presenten por determinadas obras, instalaciones o servicios que se encuentren en nuestro entorno (CONESA, 2010). Cualquier proyecto o actividad susceptible de causar impacto ambiental sobre la población, fauna, flora, suelo, aire, agua, factores climáticos, paisaje, así como, bienes materiales, deberán someterse a una evaluación de impacto ambiental (GRN, 2010).

Impacto forestal. Los ecosistemas forestales componen una de las *unidades de paisaje*³ natural más complejas en cuanto a funcionalidad, estructura y dinámica; es por eso el gran interés que se genera sobre el mantenimiento, cuidado y mejora de las masas forestales. De manera gradual se ha tratado de introducir una planificación ambiental, incluyendo la evaluación de los impactos ambientales como parte fundamental de las

³ Se entiende por Unidad de Paisaje el área geográfica definida por un tipo de paisaje característico.

evaluaciones económicas y técnicas de proyectos. En el caso de proyectos forestales y agrícolas mal desarrollados; el impacto es más dramático y universal en cuanto a la pérdida de la productividad del suelo (ZIMMERMANN, 1992). El impacto forestal se manifiesta de manera muy clara y frecuente en la transformación de tierras forestales en terrenos con cultivos o en terrenos improductivos con predominancia de matorrales.

Evaluación de impacto forestal. Una evaluación de impacto ambiental forestal es un documento que tiene como propósito fundamental el suministrar a las autoridades de aplicación, información de índole ambiental y social específica, asociada a la realización de un proyecto forestal determinado, para mejorar la calidad de sus decisiones (ZUCCHINNI, 2003). En España las evaluaciones de impacto forestal, se aplican sobre diversas actividades forestales sobre todo las que se refieren al aprovechamiento de madera, *corta y quema*⁴, cambios de cultivo y el resto incluye: repoblaciones, mejoras forestales, cortafuegos y caminos. La mayor parte de los terrenos a reforestar son cultivos agrícolas abandonados o marginales, pastizales o zonas de matorral (MORENO, J; GALÁN, L y GRUESO, 2004); en el caso de Argentina las evaluaciones de impacto forestal son un documento que debe presentar el productor forestal a las autoridades provinciales de aplicación en cumplimiento de la legislación vigente. En la mayoría de los casos, los productores encomiendan la tarea de preparar este material a un técnico consultor o empresa consultora.

La evaluación forestal se aplica a un proyecto concreto y determinado que se ejecutará en un lugar y momento conocidos. Tiene el objetivo básico y fundamental de proveer información a las autoridades de aplicación acerca de: las características y detalles del proyecto, los impactos ambientales y sociales que resultarían de ejecutar el proyecto, los

⁴ El ciclo de corte y quema es una técnica usada por los agricultores la cual se conforma de seis etapas, en cada una de las cuales el agricultor deberá adoptar decisiones críticas sobre la ubicación, cronograma, cultivos y aporte de mano de obra: la selección del sitio, desbroce, quema, plantación, deshierbe y protección, cosecha y sucesión. Si la decisión es errónea en cualquiera de estas etapas, el resultado podría ser una cosecha reducida o, quizás, ninguna. Los agricultores de corte y quema reconocen que la fertilidad del suelo está vinculada al crecimiento del bosque. Consideran, por tanto, que un bosque maduro tendrá suelo bueno para los cultivos (Dove 1983; Warner 1981). Esto es confirmado por las investigaciones edafológicas que vinculan los elementos nutrientes con la biomasa existente en el ecosistema del bosque pluvial tropical; cuando mayor sea la biomasa, mayor será la cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos (Richards 1952; Jordan 1982; Poulsen 1978). Aunque hay una preferencia entre los agricultores por el bosque maduro, algunos grupos prefieren el bosque maduro primario y otros el bosque maduro secundario (Conklin 1957; Nietschmann 1973; Rambo 1983; Beckerman 1987).

impactos no solo forestales sino ambientales que fueran inaceptables para la sociedad, las prácticas y medidas comprometidas por la empresa para evitar, mitigar o compensar los impactos ambientales y sociales que resultarían de ejecutar el proyecto, por lo cual se requiere de un efectivo proceso de participación pública, así como, la capacidad técnica y económica del productor forestal para cumplir el programa de gestión ambiental (ZUCCHINNI, 2003).

Fragmentación de bosques. Los bosques nativos del mundo han manifestado procesos de deforestación acelerada, la pérdida de cobertura forestal de estos *bosques nativos*⁵ quedan a la vista como *remanentes de bosque*⁶ intensamente fragmentados. Uno de los conceptos referidos a la fragmentación de bosques nativos lo menciona como la ruptura brusca de un área continua de bosque en fragmentos más pequeños con diferentes grados de aislamiento (BUSTAMANTE, R.O.; SIMONETTI, J.A.; GREZ, A. A; SAN MARTÍN, J., 2004).

La *deforestación*⁷ y la fragmentación del bosque nativo ocurren a un nivel global, generando problemas ambientales inevitables sobre las condiciones *abióticas*⁸ y *bióticas*⁹ de los ecosistemas boscosos; la luz y la temperatura del aire aumentan en los fragmentos, mientras que la humedad del suelo decrece. Ambientes más secos, luminosos y calurosos, como los que prevalecen en los fragmentos más pequeños, pueden inhibir la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de las especies del bosque.

⁵ Se puede definir al bosque nativo o monte indígena como un ecosistema natural diverso, donde los árboles y arbustos son solo una parte de la interacción entre diferentes organismos -insectos, pájaros, parásitos, epífitas, reptiles, mamíferos, peces- en el que cada uno de ellos cumple funciones específicas dentro de este ecosistema natural. Una de las características más importantes del bosque nativo es el de ser generador y protector de agua y suelo, allí reside la importancia de su conservación.

⁶ Bosque que queda después de cualquier alteración al ecosistema, sea ésta natural o antrópica.

⁷ Según el Programa de las Naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), entiende por deforestación el desmonte total o parcial de las formaciones arbóreas para dedicar el espacio resultante a fines agrícolas, ganadero o de otro tipo.

⁸ En el ámbito de la biología y la ecología, el término abiótico designa a aquello que no es biótico, es decir, que no forma parte o no es producto de los seres vivos, como los factores inertes: climático, geológico o geográfico, presentes en el medio ambiente y que afectan a los ecosistemas.

⁹ Son los seres vivos de un ecosistema que sobreviven. Pueden referirse a la flora, la fauna, los humanos de un lugar y sus interacciones. Los individuos deben tener comportamiento y características fisiológicas específicas que permitan su supervivencia y su reproducción en un ambiente definido. La condición de compartir un ambiente engendra una competencia entre las especies, dada por el alimento, el espacio, etc.

Arborización. Es un concepto definido dentro del proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN” como la sustitución de áreas de cultivo de temporal y de pastizal - matorral por áreas de cultivo de aguacate (MORALES, L.M; CUEVAS, G., 2011).

La expansión y crecimiento de los cultivos arbóreos también ha tenido impactos positivos, y estos no se refieren únicamente a los beneficios económicos, sino a impactos ambientales positivos, los cuales regularmente no se mencionan. Estos impactos comienzan cuando el cultivo del aguacate es introducido en áreas que se usaban para agricultura de temporal; este proceso se conoce en la literatura como arborización, la arborización ayuda a la protección de suelos contra la erosión hídrica y eólica, regulan la temperatura y la humedad del aire, favorece al incremento del tiempo de escurrimiento del agua de lluvia sobre el terreno, aumenta la infiltración y la recarga de acuíferos, y, en estos tiempos de cambio climático, la captura de carbono. De igual manera, la biodiversidad en una zona arborizada no se compara a la del bosque original, siendo mucho más baja que ésta porque en principio la diversidad de ambientes en la zona arborizada es también baja (MORALES, at. el, 2011).

Perdida forestal. La agricultura es una de las actividades que más favorecen al proceso de pérdida de cubierta forestal en el mundo. En el Estado de Michoacán, la agricultura de temporal es la que originalmente ha sido causa de esta pérdida, y en años más recientes la demanda económica de *productos frutales*¹⁰ ha contribuido a acelerar y extender dicho proceso. La expansión del cultivo de aguacate ha sido factor de impacto negativo sobre los bosques templados del estado (Hernández, 2010; Toledo Bustos et al, 2009; Milenio, 2008; Cortés, 2007). Pero también, la deforestación forma parte de esta pérdida forestal y se define en el presente estudio como la sustitución de áreas forestales por áreas de cultivo de aguacate (MORALES, at. el, 2011).

¹⁰ Aguacate de temporada y riego, fresa, guayaba, limón, membrillo y perón.

El tema de pérdida forestal es un problema no solo de áreas donde se presenta expansión de cultivos, otra razón es el crecimiento de las manchas urbanas sobre áreas de conservación. En el estudio “Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del Distrito Federal”, se desarrolló un modelo digital de análisis tendencial, que facilita el monitoreo de la cubierta forestal a lo largo de diversos periodos de tiempo; tomando en cuenta factores físicos y ambientales, así como, procesos urbanos y sociales. El modelo también permite predecir las áreas con cubierta forestal que son propensas a ser afectadas por la actividad humana. Con la aplicación de este modelo se pretende ayudar a mejorar la comprensión de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en el tiempo y en el espacio (NÁJERA, M., MOHAR, A. y QUIROZ, G., 2010).

Cambio de cobertura vegetal y uso de suelo. La cobertura vegetal es toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio, que incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso.

La transformación de las coberturas del suelo debe entenderse como un proceso de alto significado causal funcional, en el cual los efectos negativos y asociados al disturbio, y los positivos relacionados con la capacidad “natural” del paisaje para regenerarse, cambian de un tipo de cobertura a otra (ARREDONDO, 2009).

La transición de un cambio de cobertura a otra, puede presentar diferentes procesos de cambio, como son: conversión (deforestación, *reforestación*¹¹, *reconversión*¹²),

¹¹ La consejería de medio Ambiente de la Junta de Andalucía, define a la reforestación como una operación en el ámbito de la silvicultura destinada a repoblar zonas que en el pasado histórico reciente (se suelen contabilizar 50 años) estaban cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos, como pueden ser: explotación de la madera para fines industriales y/o para consumo como plantas, ampliación de la frontera agrícola o ganadera, ampliación de áreas rurales e incendios forestales (intencionales, accidentales o naturales).

¹² La reconversión forestal se desarrolla mediante el cambio de uso del suelo agrícola y pecuario, hacia el establecimiento y manejo de plantaciones forestales; es una transformación en el patrón de uso del suelo, considerando dinámicas participativas autogestionarias, sustentadas en objetivos de desarrollo de capacidades agroeconómicas y de amplificación de la biodiversidad de sistemas de manejo de

degradación e intensificación de los usos del suelo (LAMBIN, 1997), pero no solo un cambio se observa en las diferencias, también se puede manifestar en procesos en los que la cobertura se mantiene en el caso de remanentes de campos agrícolas o remanentes de bosque (SMITH, 2003).

Uso de suelo o uso de la tierra. El uso de suelo indica el impacto del desarrollo de las comunidades humanas y sus actividades económicas sobre el paisaje (ARREDONDO, 2009).

También se conoce como el acondicionamiento y desarrollo de diferentes zonas terrestres (bosques, praderas, desiertos, etc.) llevado a cabo por el ser humano, para una gran variedad de aprovechamientos, por ejemplo, agricultura, silvicultura, ganadería, industria, comercio, urbanismo, transporte, recreación, investigación, conservación e incluso aprovechamiento militar. El uso inadecuado, indiscriminado y excesivo de la tierra provoca la deforestación, la salinización de los suelos y la *desertificación*¹³, entre otros impactos negativos.

Expansión agrícola. Los procesos de expansión ganadera y agrícola en América Latina y países del Caribe se registraron durante las décadas de 1970 y 1980, cuando los gobiernos y las agencias de financiamiento internacionales (una de ellas el Banco Interamericano de Desarrollo - BID), concedieron importantes estímulos económicos para actividades agrícolas y ganaderas. Desde el siglo XIX la explotación forestal se ha centrado en la extracción de especies de valor comercial. La vegetación restante se tala y se quema,

recursos naturales con fines económicos y sociales; de manera general y estratégica contribuyen en la consolidación de la estabilidad ecológica y social.(ROMO, 2010)

¹³ De acuerdo al Centro de Información de las Naciones Unidas (CINU), la desertificación es la degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas. Causado principalmente por variaciones climáticas y actividades humanas tales como el cultivo y el pastoreo excesivo, la deforestación y la falta de riego. La desertificación no se refiere a la expansión de los desiertos existentes.

dando lugar a cambios en el uso del suelo, es decir, los terrenos originalmente forestales se convierten en agrícolas o ganaderos (CARABIAS, 2009).

La expansión agrícola influye sobre el clima, los ciclos del agua, el carbono y el nitrógeno en la biosfera, las emisiones de gases causantes del efecto invernadero y la biodiversidad; ante una demanda creciente de alimentos y fibras, el aumento de la superficie agrícola aparece como un proceso ineludible. Sus consecuencias sociales y ambientales, por otra parte, subrayan la importancia de planificar con cuidado la expansión del área cultivada por medio de una acción estatal que guíe y controle la operación de los mercados y, sobre todo, que asegure que las decisiones económicas privadas tomen en consideración los costos públicos y los efectos de largo plazo.

La expansión agrícola genera diferentes opiniones. Por una parte, la producción agropecuaria y sus sectores industriales y comerciales asociados celebran la incorporación de nuevas áreas productivas al mapa agrícola del país, además de, los ingresos que generan. Por otra parte, las entidades conservacionistas alertan sobre riesgos para la continuidad de los ecosistemas, mientras grupos políticos pronostican efectos sociales negativos. Para poder planificar el uso del suelo hay que disponer, primero, de la información básica: la tasa de expansión del área agrícola, su distribución espacial, los controles ambientales aplicados, así como, las dimensiones tecnológicas, socioeconómicas y políticas del fenómeno (GUERSCHMAN., PARUELO, 2005).

Recurso forestal. Los recursos forestales normalmente son considerados renovables, sin embargo se observa, un proceso de deforestación constante y frecuentemente irreversible. Tal proceso está en la raíz misma de muchos problemas de destrucción de tierras, pérdida de diversidad biológica, desastres naturales, destrucción de pueblos y ciudades por inundaciones, deterioro de recursos hídricos y cambios climatológicos. La explotación intensiva de bosques puede ser señalada como la causa fundamental de los desastres naturales que sufren algunos países del mundo. La utilidad de los recursos forestales no radica únicamente en la producción de materias primas y bienes económicos, también son una de las bases para el funcionamiento del sistema natural. Se

calcula que en los últimos 30 años se han talado en América Latina cerca de 2 millones de kilómetros cuadrados de bosques, es decir, una superficie superior a la del territorio mexicano, al ser superior a los 50, 000 km² por año la tasa actual de deforestación.

Las *prácticas de rozar*¹⁴ áreas para dedicarlas al cultivo de productos comerciales, la apertura de la selva para la explotación minera, la construcción de grandes obras viales, la búsqueda de especies madereras de alto valor comercial, la expansión de las ciudades y la necesidad de energía barata, junto con la falta de conocimientos científicos tecnológicos o de prácticas de gestión adecuadas, y la ausencia de medidas de preservación y reforestación, son la causa fundamental no sólo de deterioro y pérdida de este recurso.

Uno de los problemas del desarrollo que es de gran interés actualmente es el del impacto forestal por introducción de cultivos. En el transcurso de las cuatro últimas décadas el estado general de los bosques ha experimentado un progresivo empeoramiento. Existen factores que de forma simultánea, contribuyen a la destrucción y deterioro de los bosques, ríos y lagos. Además de encontrarse el recurso forestal sometido a procesos destructivos por métodos de cultivo consistentes en el desmonte, quemado de pequeñas áreas de terreno, además de, tala de extensas zonas para la obtención de madera.

Análisis espacial. La descripción, estudio y análisis del espacio geográfico son la base para las investigaciones que tratan problemáticas espaciales desde diferentes disciplinas, no puede hacerse simplemente desde un punto de vista discursivo, sino que resulta necesario actuar de forma concreta sobre la realidad. El abordaje geográfico es principalmente espacial (BUZAI, 1999). Particularmente en las prácticas de investigación científica es donde se recurre al denominado análisis espacial. El análisis espacial se convierte en un hilo conductor que va desde la formulación del problema hasta su resolución. Cuando se enfoca desde un punto de vista temático, el análisis espacial

¹⁴ La **roza** es un tipo de trabajo agrario, consiste en la eliminación de la parte aérea de la vegetación, quedando la raíz de la planta. Se trata de *rozar* la tierra, penetrando en ella unos pocos centímetros y dejando esa pequeña capa de tierra más suelta y aireada, pero sin levantarla en exceso; esto permite que el agua de riego y lluvia penetren mejor en el suelo. El fin de esta labor es el de destruir las malas hierbas. (<http://www.ecured.cu/index.php/Roza>)

constituye una serie de técnicas matemáticas y estadísticas aplicadas a los datos distribuidos sobre el espacio geográfico. Cuando se enfoca desde la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica se considera su núcleo, ya que es el que posibilita trabajar con las relaciones espaciales de las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos geográfica (BUZAI,2010). En el presente informe se trata de generar justo esos datos distribuidos generados con la técnica de digitalización de fotografías aéreas de 1973 y 1974, así como, la digitalización de imágenes WorldView 2 del 2011, generando datos que servirán para detectar cambios en el uso del suelo y la velocidad de esos cambios.

2. PROYECTO, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”.

2.1 ANTECEDENTES

En el estado de Michoacán se ha dado un crecimiento económico impulsado por el cultivo del aguacate en los últimos 30 años, sus principales compradores son los EE. UU. , Japón, la Unión Europea y Canadá (SALAZAR, 2005); Michoacán genera el 34% de la producción mundial de aguacate, lo que no solo ha impulsado el crecimiento económico del sector agrícola estatal, sino también el nacional con una derrama económica de 12, 459 millones de pesos según datos del SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), siendo la producción aguacatera generadora de una de las principales fuentes de divisas para Michoacán, de acuerdo a los datos de la Secretaría de Economía con exportaciones de más de 326, 000 toneladas al año (Figura 1), lo cual genera alrededor de 50 mil empleos (BRAVO, et al., 2009). Se estima que el cultivo del aguacate para el año 2011 se extendió unas 153, 000 hectáreas aproximadamente (MORALES, et al., 2012); la expansión del cultivo de aguacate conlleva a procesos acelerados de cambio de uso del suelo forestal y agrícola resultando en un deterioro en los ecosistemas forestales manifestándose en procesos de deforestación de 690 hectáreas anuales aproximadamente, (BRAVO, et al., 2009) así como, el cambio de cultivos de temporal por árboles de aguacate.

Principales países exportadores de aguacate*, 2010

	País	Valor (millones de dólares)	Volumen (miles de ton)	Volumen Part %	Volumen Part % acumulada
1	Mexico	594.0	326.1	51.4%	51.4%
2	Israel	75.0	73.8	11.6%	63.0%
3	Peru	84.6	59.5	9.4%	72.4%
4	Sudáfrica	43.7	50.6	8.0%	80.3%
5	Estados Unidos	49.5	28.6	4.5%	84.8%
6	Italia	38.6	23.9	3.8%	88.6%
7	Rep. Dominicana	18.0	18.7	2.9%	91.5%
8	Nueva Zelanda	37.8	10.3	1.6%	93.2%
9	Francia	20.5	9.5	1.5%	94.7%
10	Ecuador	0.5	8.2	1.3%	96.0%
	Resto	45.07	25.6	4.0%	100.0%
	Total Mundial	1,007.3	634.8	100%	

*Subpartida 080440 del Sistema Armonizado

Figura 1. Datos de producción del aguacate a nivel mundial.

Fuente: Secretaría de Economía. Dirección General de Industrias Básicas. Monografía del Sector Aguacate en México. Febrero 2012.

Si bien el impacto económico ha sido en beneficio de los municipios que conforman la franja aguacatera (Figura 2). El impacto ambiental ha sido alto y perjudicial, observándose en primer lugar en la disminución de las superficies boscosas, en las bajas cantidades de agua infiltrada, en el aumento de la *evapotranspiración*¹⁵ por el árbol del aguacate, lo que ocasiona la reducción de los caudales en manantiales, al eliminar la cobertura forestal disminuye la adsorción de carbono, así como, poner en peligro otros beneficios ambientales, esto es, la regulación del clima y la pérdida de biodiversidad que albergan los bosques.

¹⁵ La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada.

MUNICIPIOS	
Acuitzio	Peribán
Apatzingán	Los Reyes
Ario	Salvador Escalante
Buenavista	Susupuato
Cotija	Tacambaro
Charapan	Tancítaro
Gabriel Zamora	Tamangandapio
Huiramba	Tangancicuaro
Juárez	Taretan
Jungapeo	Tingambato
Madero	Tingüindin
Morelia	Tocumbo
Nuevo Parangaricutiro	Turicato
Nuevo Urecho	Tuxpan
Ocampo	Uruapan
Paracuaro	Ziracuaretiro
Pátzcuaro	Zitácuaro

Figura 2. Municipios que conforman la Franja Aguacatera.

Fuente: Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO.

El conocer la distribución del cultivo del aguacate y localizar la cobertura forestal aún intacta, permitirá hacer relaciones (perdida forestal potencial, arborización del territorio y fragmentación de los bosques) y determinar influencias entre estos dos fenómenos, (expansión de cultivo = disminución de cobertura forestal) de manera que se determinen causas y consecuencias que se verán reflejadas en un impacto forestal futuro, pero sobre todo en un dinamismo en la franja aguacatera que se verá reflejado en el cambio de uso del suelo.

2.2 ETAPAS DEL PROYECTO

El proyecto “Evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán” ha tenido hasta ahora dos etapas para las cuales se elaboraron informes.

El Informe de la etapa 1 (Junio 2011) Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán se dividió en dos partes , la primera parte contenía los resultados de los inventarios del cultivo del aguacate de 1974 (Figura 3), 1995 (Figura 4), 2005 (Figura 5) y 2007 (Figura 6), así como la comparación de los mismos; en la segunda parte trata el tema del impacto ambiental, subdividiéndose en impacto forestal, impacto por contaminación por uso de agroquímicos y el impacto en el escurrimiento hidrológico superficial (Tabla 1).

Para la etapa 2 (Junio 2012) se muestra el inventario del 2011 del cultivo del aguacate (Figura 7) por municipio (34 municipios que conforman la franja aguacatera), además, del inventario 2011 de la infraestructura hidráulica asociada a huertos de aguacate (ollas de agua) y la evaluación del impacto forestal.

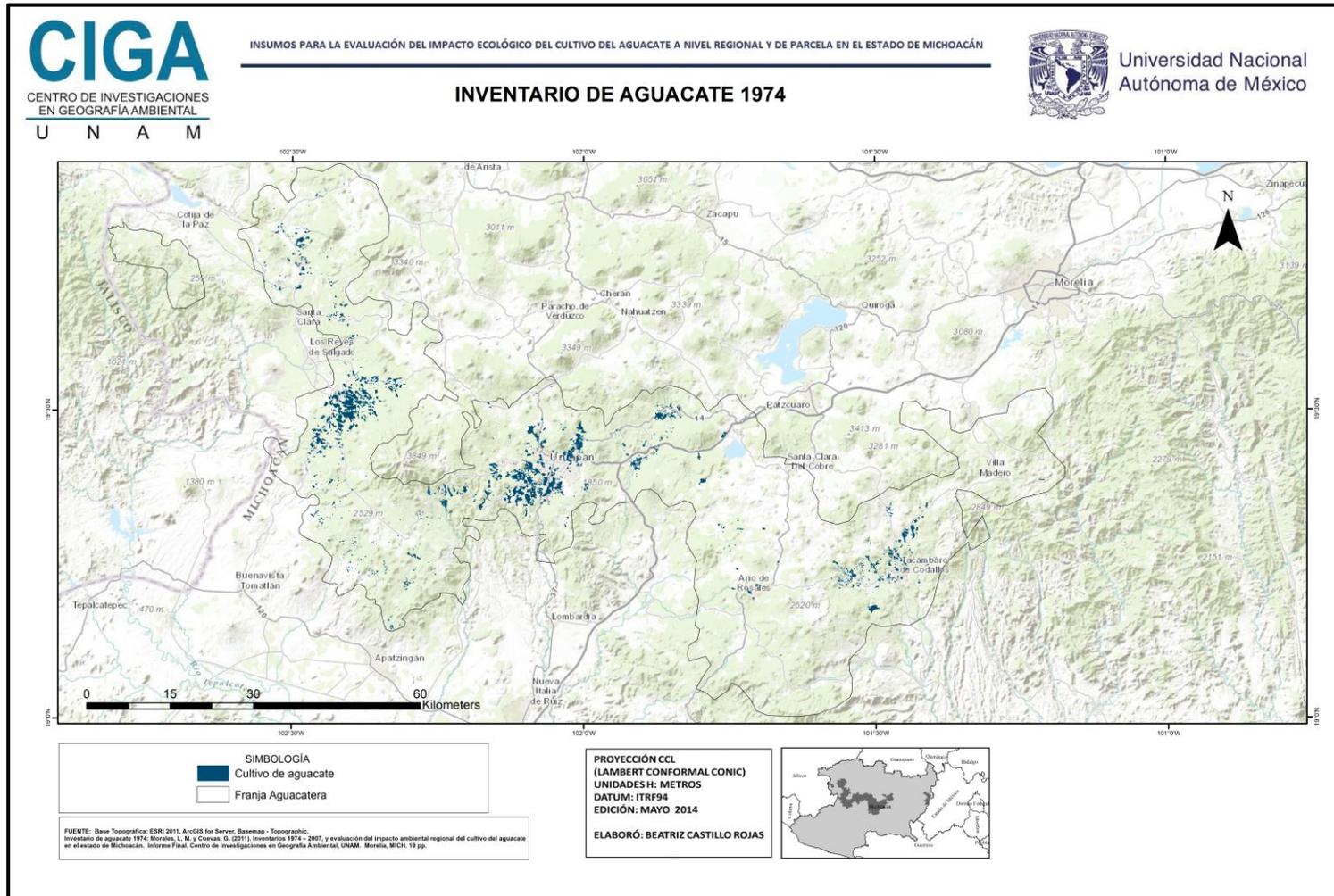


Figura 3. Inventario de aguacate 1974

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 17pp.

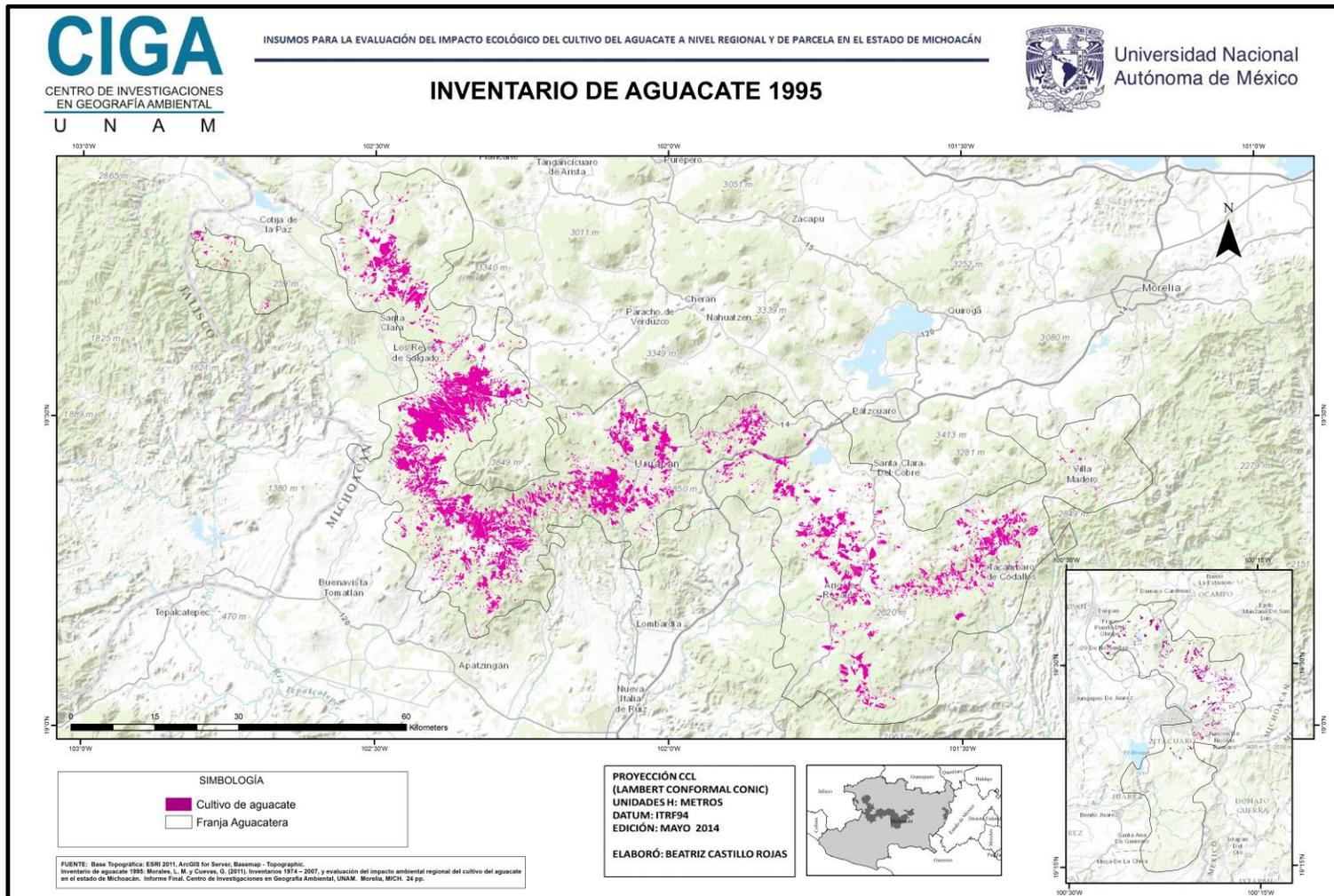


Figura 4. Inventario de aguacate 1995.

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 24 pp.

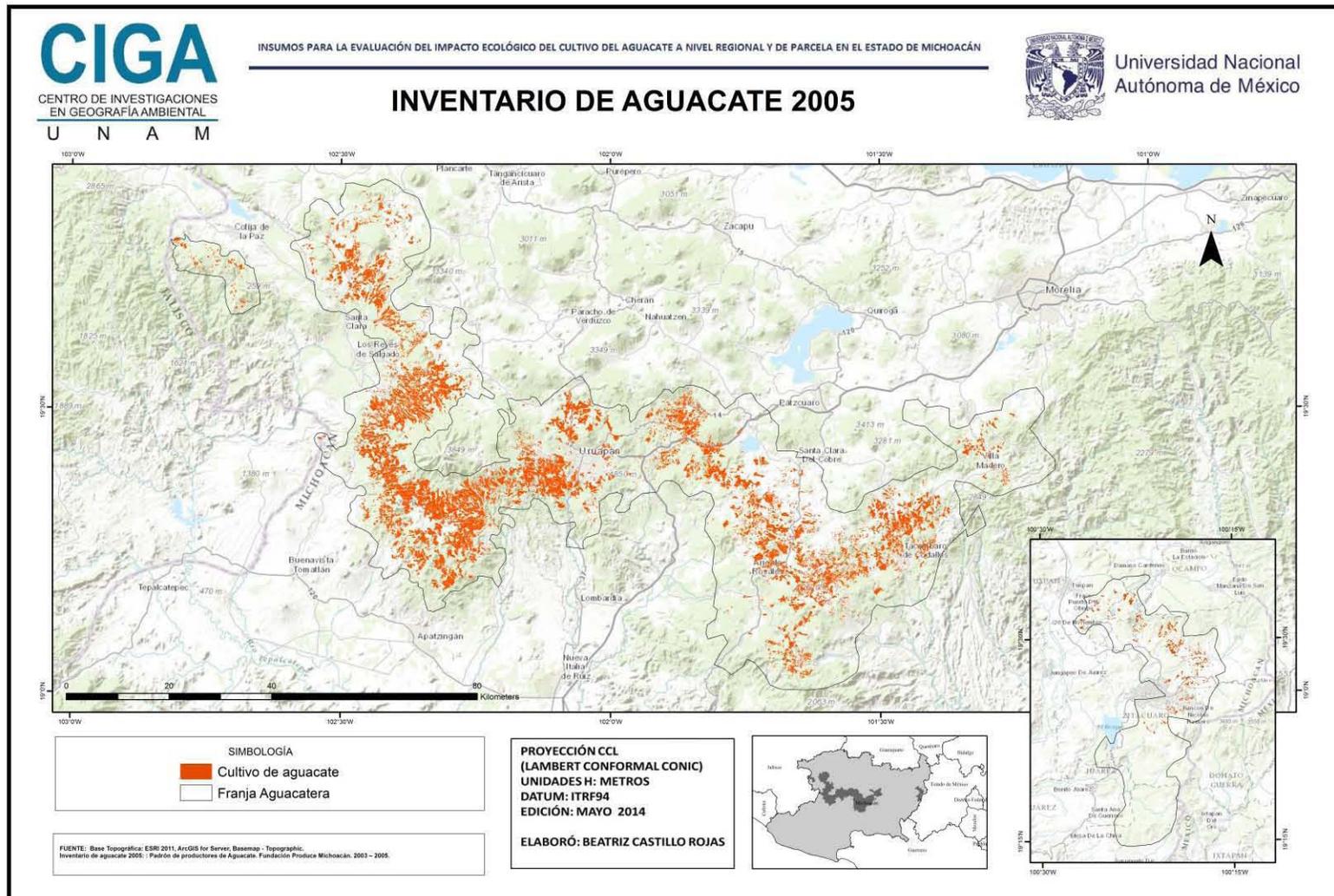


Figura 5. Inventario de aguacate 2005.

FUENTE: Padrón de productores de Aguacate, Fundación Produce Michoacán, 2003 - 2005.

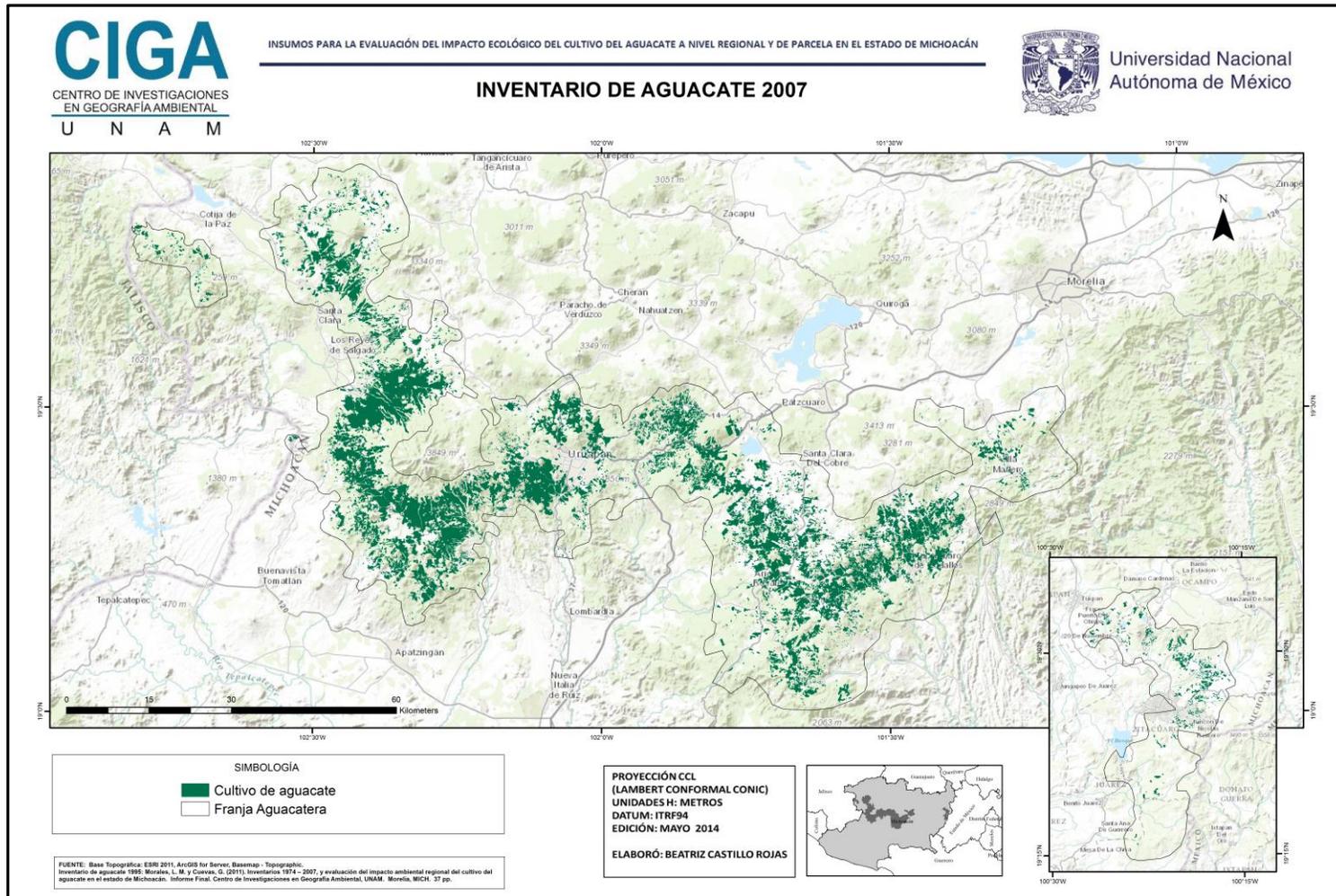


Figura 6. Inventario de aguacate 2007.

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 37 pp.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS DEL PROYECTO

2.3.1 MATERIALES

Se tomaron como base cartográfica los insumos generados para los Informes de los Inventarios 1974 – 2007, “Evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán”, (Morales, et al., 2011; Morales, et al., 2012) además, de la *cartografía vectorial*¹⁶ de caminos, serie de uso del suelo y vegetación, localidades, cabeceras municipales, curvas de nivel y límites municipales del estado de Michoacán.

Los software usados para la generación de los archivos vectoriales y *raster*¹⁷, así como para edición de mapas fueron: ArcGIS 9.3 y *ArcGIS 10.1*¹⁸; los usados para el desarrollo de pruebas estadísticas: STATGRAPHICS, TABLECURVE2D v5.01, además paquetería de Office para la edición de textos e imágenes.

Los insumos para desarrollar los modelos del proyecto se generaron en dos etapas de trabajo, la primera etapa consistió en generar los cuatro inventarios del aguacate (1974, 1995 y 2007) exceptuando el inventario del 2005 ya que fue elaborado por la fundación Produce Michoacán, los demás insumos fueron para los modelos de impacto forestal, impacto por contaminación por uso de agroquímicos e impacto en el escurrimiento hidrológico superficial. En la segunda etapa del proyecto se generó el inventario de

¹⁶ Mapas generados con puntos, líneas y polígonos, elementos geométricos básicos que basan su representación en vértices y segmentos. Los elementos vectoriales se convierten en objetos cuando su representación se asocia a entidades reales.

¹⁷ Son archivos divididos en celdas regulares, que se dominan cuadrícula o grid, y donde cada una de las celdas son conocidas con el nombre de píxel representa (elemento mínimo de representación). En los archivos raster basados en celdas, cada píxel representa una cualidad cuantificable de observación, la mínima, representada en cada localización mediante un tono o color que se traduce a un valor numérico o nivel digital (ND).

¹⁸ Es el software y familia de productos que ofrece respuestas o soluciones flexibles a las diferentes necesidades de los usuarios. El software se compone por una suite de programas como: ArcCatalog (se destina a la organización, gestión, exploración, búsqueda y previsualización de los archivos de geodatos o metadatos), Arcmap (es el módulo con funciones de visualización, consultas y tratamientos de la información geográfica) y ArcToolbox (realiza la importación, exportación y conversión de geodatos; ofrece una amplia y valiosa serie de técnicas de análisis espacial y de geoprocamiento). ArcGIS es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.

aguacate del 2011, además de, todos los archivos vectoriales y raster para el modelo de Evaluación de Impacto Forestal.

A continuación se presenta una tabla resumen de todos los materiales, métodos y resultados (en insumos) para el desarrollo del proyecto, los cuales se retomaron como base cartográfica para el trabajo de rectificación y actualización de los insumos que en el presente informe se desarrollan.

INSUMOS PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN

ETAPA 1 INVENTARIOS DEL CULTIVO DEL AGUACATE			
INVENTARIO	MATERIALES	MÉTODOS	RESULTADOS
Inventario 1974	Fotografías aéreas de 1974 (proporcionadas por CETENAL)	Ordenamiento y selección de fotografías	Mapa de Uso y cubierta del suelo 1974
		Digitalización de fotografías	Inventario de superficie cultivada con aguacate en 1974
		Ortorectificación de fotografías	
		Formación de mosaicos de fotografías	
		Interpretación de fotografías	
Inventario 1995	19 cartas topográficas a escala 1: 50 000 de INEGI del área de estudio	Formación de mosaicos de ortofotos	Inventario de Superficie cultivada con aguacate en 1995
	72 Ortofotos con escala 1: 20 000 vuelos de INEGI de 1994 y 1995	Interpretación de ortofotos	
Inventario 2005	Archivos en formato shape de ArcView. La información fue proporcionada por los productores de aguacate a través de Fundación Produce Michoacán, realizado por el sector aguacatero entre los años 2003 a 2005.	Levantamiento de los límites de predios aguacateros, en campo y con tecnología GPS.	Inventario de 2005
Inventario 2007	8 imágenes SPOT, multiespectrales de 4 bandas con 10 metros de resolución espacial	Fusión de imágenes	Inventario de superficie cultivada con aguacate en 2007
	8 imágenes pancromáticas con resolución espacial de 2.5 metros del satélite SPOT 5 con fechas de febrero a abril de 2007	Interpretación de imágenes	
ETAPA 1 IMPACTOS AMBIENTALES			
Impacto Forestal	Mapa de uso y cubierta de suelo de 1974	Modelo conceptual de evaluación del impacto forestal	Cambio en el uso / cubierta del suelo por cultivo de aguacate de 1974 a 1995
	Inventarios de superficie cultivada con aguacate en 1995 y 2007	Determinación de la probabilidad de las secuencias de cambio	Cambio en el uso / cubierta del suelo por cultivo de aguacate de 1974 a 2007
	Evaluación integral del impacto forestal del cultivo del aguacate	Discriminación de unidades de relieve	Probabilidad de los factores de cambio
		Determinación de los niveles de impacto por arborización	Secuencias probables para el cambio bosque> aguacate 1974 - 2007
		Determinación de los niveles de impacto por deforestación	Mapa de unidades de relieve
		Determinación de los niveles de impacto por fragmentación	Evaluación del impacto por arborización
		Evaluación del impacto por deforestación	Evaluación del impacto por fragmentación
		Evaluación Integral del impacto forestal	Evaluación Integral del impacto forestal
Impacto por contaminación por uso de agroquímicos	Inventarios de superficie cultivada con aguacate en 1974, 1995 y 2007	Clasificación de predios con cultivo de aguacate según rango de pendiente	Mapa de corrientes con acumulación potencial de contaminación por uso de agroquímicos en zonas de cultivo de aguacate, en 1974
	Modelo digital de elevación (MDE) de la zona aguacatera	Dirección de flujo	Mapa de corrientes con acumulación potencial de contaminación por uso de agroquímicos en zonas de cultivo de aguacate, en 1995
		Aporte potencial e contaminantes	Mapa de corrientes con acumulación potencial de contaminación por uso de agroquímicos en zonas de cultivo de aguacate, en 2007
Impacto en el escurrimiento Hidrológico superficial	Mapa de uso y cubierta del suelo de 1974	pre- procesamiento	Mapa de Coeficiente de escurrimiento en la zona de estudio en 1974
	Inventarios e superficie cultivada con aguacate en 197, 1995 y 2007	Coeficiente de escurrimiento	Superficie cultivada de aguacate en 1974 clasificada según el coeficiente de escurrimiento
	Mapa de pendiente ,derivado del modelo digital de elevación (MDE) de la zona aguacatera		Superficie cultivada de aguacate en 1995 clasificada según el coeficiente de escurrimiento
	Mapa de precipitación media anual		Superficie cultivada de aguacate en 2007 clasificada según el coeficiente de escurrimiento

ETAPA 2 INVENTARIO DEL CULTIVO DEL AGUACATE PARA EL 2011 Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO FORESTAL			
Inventario 2011 del cultivo del aguacate	107 imágenes de satélite WorldView 2, de muy alta resolución de marzo y noviembre de 2011 (GTT Imaging)	Rectificación de imágenes	Mapas por municipio (34) de Inventarios del cultivo del aguacate de 1974, 1995, 2007 y 2011
		Identificación de límites de la superficie del cultivo	
		Verificación en campo	
		Determinación del nivel de desarrollo del cultivo	
		Infraestructura hidráulica de soporte para el cultivo	
Inventario 2011 de la infraestructura Hidráulica	107 imágenes de satélite WorldView 2, de muy alta resolución de marzo y noviembre de 2011 (GTT Imaging)	Identificación de ollas de aguas asociadas a huertas de aguacate	Mapa de distribución de ollas de agua en la región aguacatera
Evaluación del Impacto Forestal	107 imágenes de satélite WorldView 2, de muy alta resolución de marzo y noviembre de 2011 (GTT Imaging)	Secuencias de cambio (bosque>otros cultivos>aguacate)	Mapa de probabilidad de uso agrícola (otros cultivos) en función de la pendiente del terreno.
		Secuencias de cambio (bosque>aguacate)	Mapa de probabilidad de uso agrícola (otros cultivos) en función de la distancia a caminos
		definir factores de probabilidad de cambio (pendiente del terreno y caminos)	Mapa de probabilidad de cultivo de aguacate en función de la pendiente del terreno
		Cambios en el uso / cubierta del suelo de 1974 a cultivo de aguacate en 2011	Mapa de probabilidad de cultivo de aguacate en función de la distancia a caminos
		Mapa de pendiente del terreno	Secuencias de cambio probables para las áreas con bosque en 1974 y aguacate en 2011
		Mapa de proximidad a caminos	Secuencias probables de cambio de bosque en 1974 a aguacate en 2011

Tabla 1. Etapas, Materiales y Métodos del proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”.

2.3.2 METODO DEL PROYECTO, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL REGIONAL DEL CULTIVO DEL AGUACATE EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”.

El método para elaborar la evaluación del impacto forestal del aguacate (Figura 8) se basa en la comparación, por sobreposición, de los mapas de uso y cubierta del suelo 1974 y alguno de los dos inventarios del aguacate (1995 o 2007). El resultado de esta comparación es el mapa de cambios, que señala en donde el cultivo del aguacate aparentemente reemplazó a otros usos o cubiertas del suelo; Sin embargo, el remplazo solo sería verdadero si las fechas de los mapas de uso / cubierta y del inventario del aguacate difirieran en un año. Pero esto no es así, debido a que el período tiempo entre la línea base (mapa de uso de suelo 1974) y el inventario es de más de un año, la cubierta forestal pudo haber sido reemplazada inicialmente no por el cultivo del aguacate, sino por un área de cultivo de temporal o de pastizal inducido, y luego ésta haya sido transformada a su vez en un área de cultivo de aguacate. Por lo que se plantean tres posibilidades de deforestación nombradas secuencia de cambios.

Estas secuencias de cambio son:

Bosque > cultivo de temporal > cultivo de aguacate

Bosque > pastizal-matorral inducido > cultivo de aguacate

Bosque > cultivo de aguacate

Una vez que se analizan las probabilidades de estas secuencias, se estiman los niveles de impacto mediante tres indicadores. Estos indicadores son:

Arborización. Definido como la sustitución de áreas de cultivo de temporal y de pastizal - matorral por áreas de cultivo de aguacate.

Deforestación. Definido como la sustitución de áreas forestales por áreas de cultivo de aguacate.

Fragmentación. Definido como la discontinuidad inducida en la cubierta forestal como resultado de la deforestación.

Con estos tres indicadores no solo se mide el impacto sobre las áreas en donde el aguacate reemplazó a los cultivos de temporal o a la cubierta forestal, sino también sobre las áreas forestales remanentes.

Posteriormente se combinan las secuencias de cambios con tres factores de probabilidad de cambio generando mapas secundarios como los siguientes:

A. Secuencia bosque > cultivo de temporal > aguacate

1. Pendiente del terreno, en grados, de las zonas de cultivo de temporal
2. Proximidad de cultivos de temporal a caminos
3. Proximidad de cultivos de temporal a asentamientos humanos

B. Secuencia bosque > pastizal - matorral > aguacate

1. Pendiente del terreno, en grados, de las zonas de pastizal -matorral
2. Proximidad de zonas de pastizal-matorral a caminos
3. Proximidad de zonas de pastizal-matorral a asentamientos humanos

C. Secuencia bosque > aguacate

1. Pendiente del terreno, en grados, de las zonas de cultivo de aguacate
2. Proximidad de las zonas de cultivo de aguacate a caminos
3. Proximidad de las zonas de cultivo de aguacate a asentamientos humanos

Para generar estos mapas secundarios se requiere de la actualización de los insumos de asentamientos humanos del 2011, las líneas para caminos del 2011 y la cobertura actualizada de Bosques del 2011 que es parte del objetivo del presente informe (MORALES, et al., 2011).

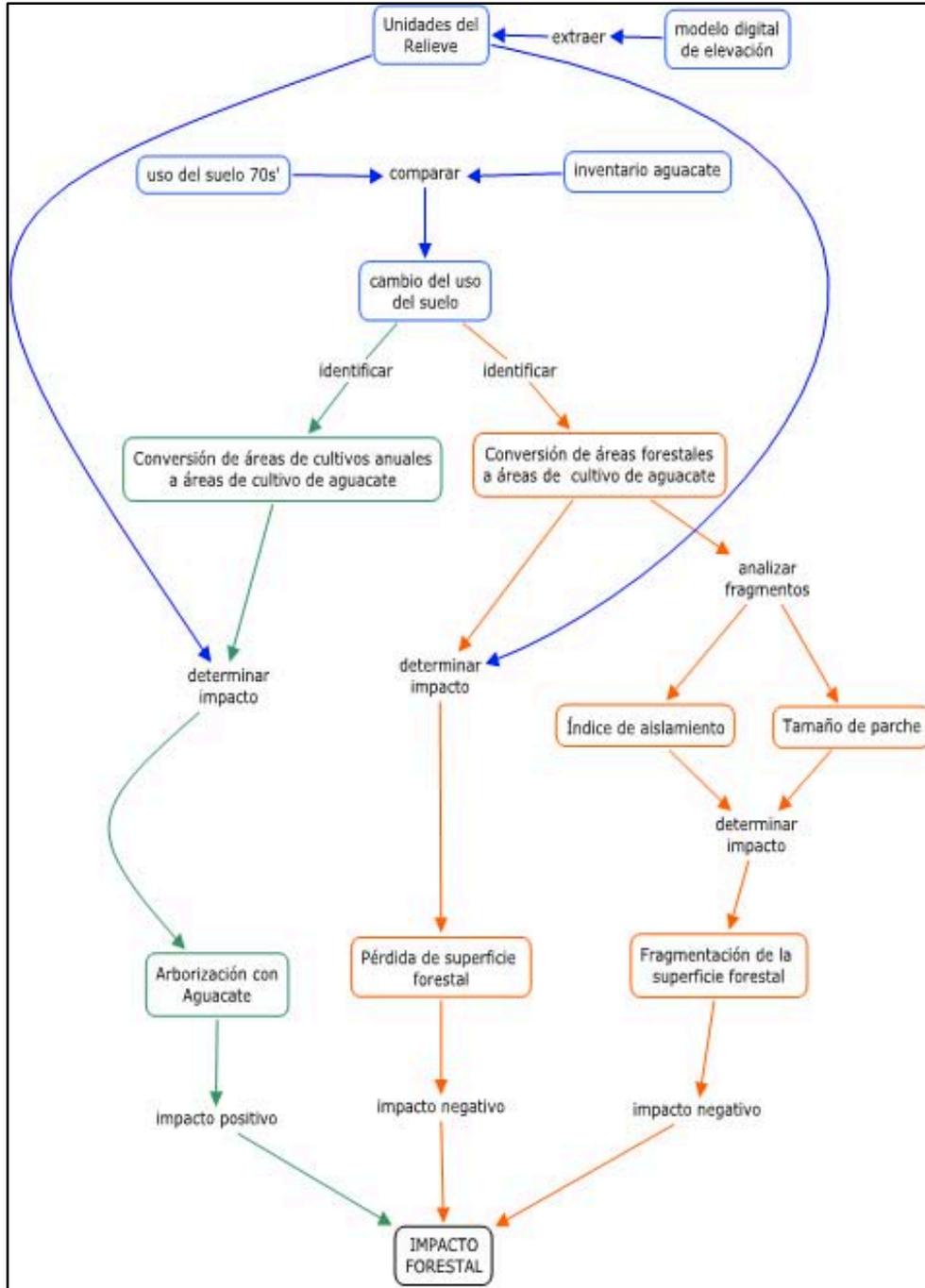


Figura 8. Modelo conceptual de evaluación del impacto forestal regional.

2.4 PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO

En el proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”, se requería de ratificar algunas capas de información generadas para los datos vectoriales de 1974 (caminos , asentamientos humanos y cobertura forestal) y actualizar insumos para incorporar estos datos vectoriales en los modelos que determinan la evaluación del impacto forestal que se presenta en la franja aguacatera, por lo que se digitalizó el mosaico de fotografías aéreas de 1973 y 1974 ratificando las bases de datos y las capas vectoriales de cobertura forestal del 1974, el crecimiento de los asentamientos humanos para 1974 y las carreteras de 1974. Por otra parte también se requería de la actualización de insumos para el año 2011 con lo cual se digitalizaron las 107 imágenes de *satélite WorldView 2*¹⁹ actualizando la cobertura forestal del 2011, el crecimiento de los asentamientos humanos para el 2011 y las carreteras en el 2011 (Figura 9). Con el uso de la técnica de *digitalización*²⁰ usando como base las imágenes WorldView 2 y el software ARCGIS 10 se generaran los insumos vectoriales, así como las bases de datos de los mismos, para el posterior análisis de datos.

El informe académico que se presenta a continuación describe el desarrollo para la actualización de los insumos principales que se usaran para el diseño de los mapas incluidos en el Atlas del cultivo de aguacate.

¹⁹ **WorldView 2**, lanzado en octubre del 2009, es el primer satélite comercial de alta resolución con 8-bandas multispectrales. Opera a una altitud de 770km. **WorldView 2** provee imágenes pancromáticas de 46 cm de resolución y 1.85 m de resolución multispectral. **WorldView-2** tiene un promedio de revisita de 1.1 días y es capaz de capturar hasta 780.000km² de imágenes de 8-Bandas diarios, mejorando enormemente las capacidades multispectrales de DigitalGlobe, capturando imágenes más rápido y confiablemente. **WorldView 2** expande sustancialmente los productos ofrecidos por **DigitalGlobe**. (INFOSAT)

²⁰ Es una técnica existente para la producción de información espacial básica y temática utilizada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG): levantamientos topográficos, sistemas de geoposicionamiento global (GPS), interpretación de imágenes de sensores remoto, tales como, fotografías aéreas imágenes satelitales y radar entre otras, y finalmente , digitalización de la cartografía preexistente , la más utilizada es en esta última, lo cual se explica por el elevado costo delos demás métodos, tanto ene l trabajo de campo, como en la adquisición. Esto ha obligado a estudiar las diferentes alternativas de digitalización para convertir la información analógica a información numérica digital: digitalización manual mediante el seguimiento de los elementos que conforman un mapa (punto, línea y polígono), a través de un cursos que envía señales magnéticas a una rejilla que está dentro de una tableta, estas señales son visualizadas en el monitor, registradas y almacenadas en la unidad central de procesamiento (PACHECO A., BARRIOS A, G. Y LÓPEZ J. 2007).

La actualización de los insumos tiene un desarrollo técnico, con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica en este caso las herramientas de ArcGIS 9.0 y 10.1 se generan datos geográficos representados por líneas (carreteras), puntos (localidades con una población menor a 1000 habitantes) y polígonos (cubierta forestal y localidades con una población mayor a 1000 habitantes) todos ellos georreferenciados ; la generación de estas líneas, puntos y polígonos contienen una base de datos con un identificador (ID) que permite una rápida disponibilidad de la información, estos datos representan la realidad con lo cual se puede gestionar, analizar e identificar problemas espaciales esto es los datos vectoriales dan la capacidad de responder a preguntas de tipo espacial tales como: ¿Qué hay?, ¿Dónde sucede? y ¿Qué ha cambiado? entre otras.

2.4.1 ORGANIGRAMA DE TRABAJO

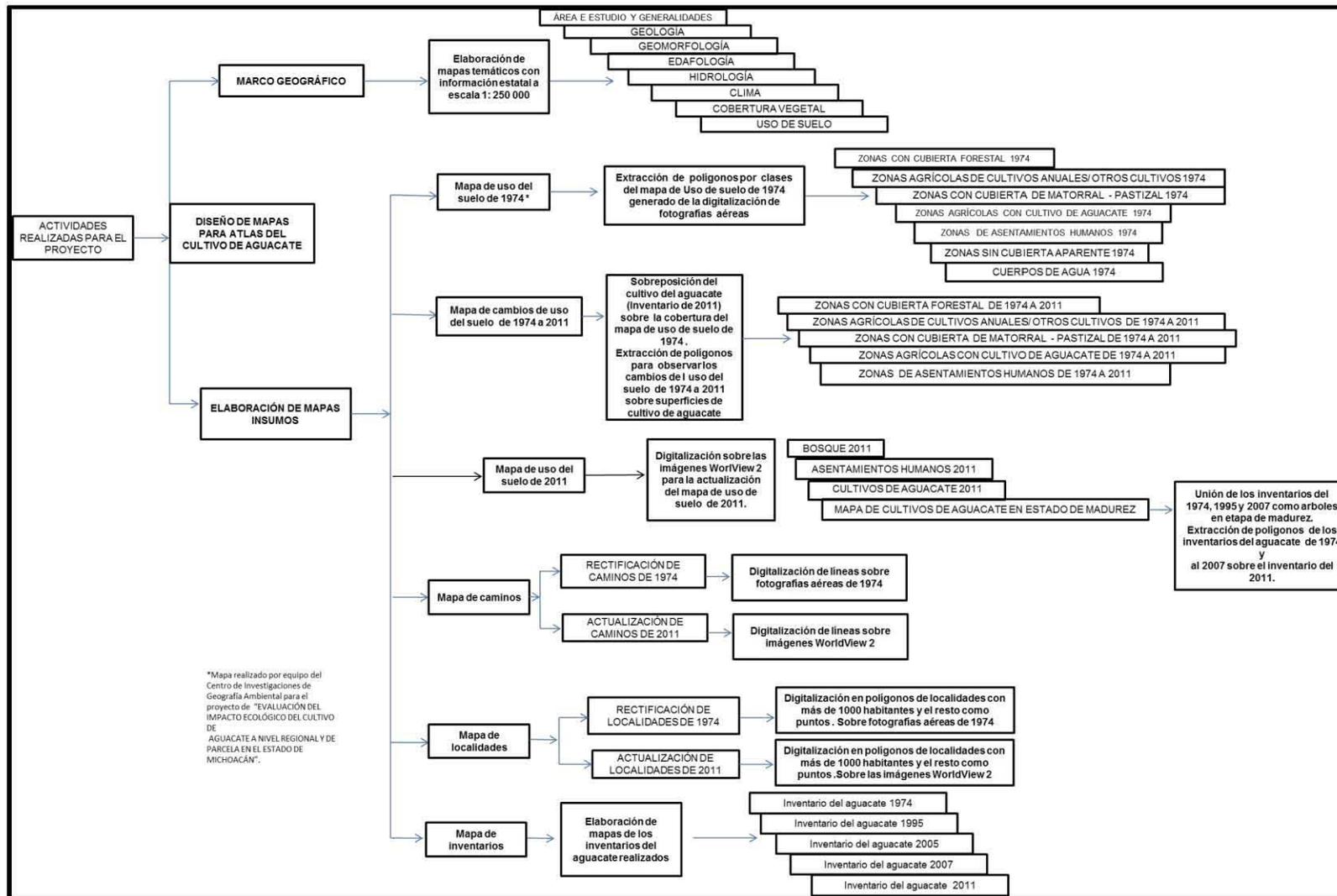


Figura 9. Diagrama de flujo de generación de datos vectoriales y mapas temáticos.

3. ACTIVIDADES REALIZADAS PARA EL PROYECTO

3.1 MARCO GEOGRÁFICO

3.1.1 ÁREA DE ESTUDIO Y GENERALIDADES.

La franja aguacatera en el estado de Michoacán se encuentra localizada en la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal entre las coordenadas extremas 18° 45' N, 101°47' W y 20° 6' N, 103° 13' W. La ubicación geográfica de esta región fue determinada con base en los municipios extremos de la franja: Tangancícuaro - Apatzingán (Latitud) y Cotija-Zitácuaro (Longitud) (Guillén, et al., 2007).

La franja aguacatera se compone de 34 municipios del estado de Michoacán (Figura 10) siendo estos: Acuitzio, Peribán, Apatzingán, Los Reyes, Ario de Rosales, Salvador Escalante, Buenavista, Susupuato, Cotija, Tacambaro, Charapan, Tancítaro, Gabriel Zamora, Tamangandapio, Huiramba, Tangancícuaro, Juárez, Taretan, Jungapeo, Tingambato, Madero, Tingüindin, Morelia, Tocumbo, Nuevo Parangaricutiro, Turicato, Nuevo Urecho, Tuxpan, Ocampo, Uruapan, Paracuaro, Ziracuaretiro, Pátzcuaro y Zitácuaro.

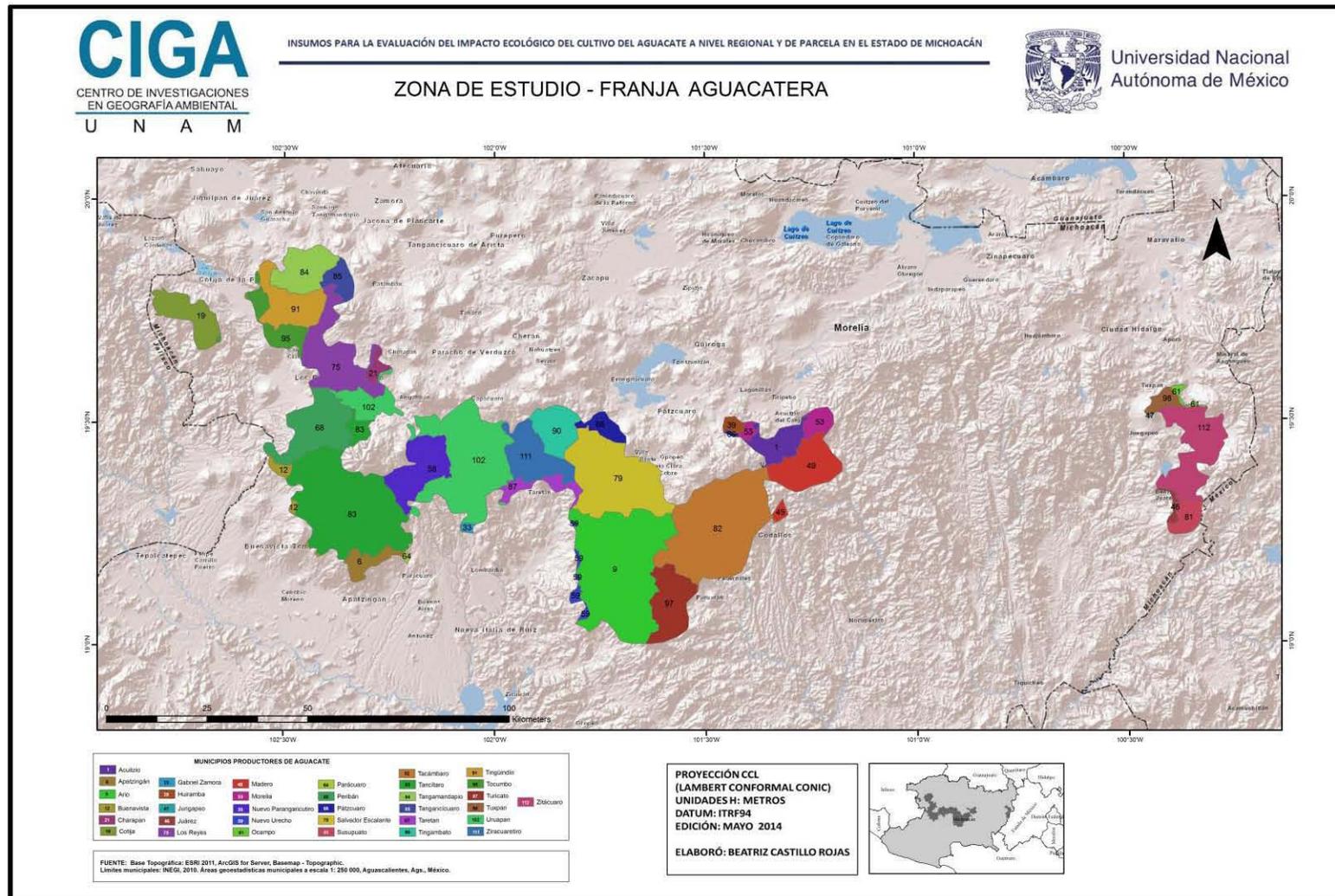


Figura 10. Mapa Zona de Estudio

FUENTE: INEGI, 2010. Áreas geoestadísticas municipales a escala 1: 250 000, Aguascalientes, Ags., México.

La zona productora de aguacate de Michoacán tiene una extensión de más de 112,000 hectáreas (BRAVO, at. el, 2009), sin embargo datos más recientes reportan cifras con más aproximación refiriendo a que la extensión de esta franja actualmente abarca un poco más de 153,000 hectáreas (Morales, at. el., 2012).

El mercado del aguacate se estima que se generan 47, 000 jornales permanentes al año, 70, 000 empleos nacionales equivalentes a un total de 10.5 millones de jornales anuales, así como 187, 000 empleos indirectos permanentes.

3.1.2 GEOLOGÍA

El área de estudio (**Franja Aguacatera**) se encuentra situada en la porción sur del Eje Neovolcánico, con un estrato geológico superior constituido por roca basáltica, brechas recientes permeables, brechas alteradas de baja permeabilidad y materiales volcánicos sueltos (CHÁVEZ, at. el, 2012).

De la superficie total de la franja aguacatera el 93% está compuesta por rocas ígneas extrusivas básicas e ígneas extrusivas intermedias del Cenozoico y en un 7% de rocas sedimentarias del Cenozoico y metamórficas del Mesozoico. Por lo que sobresalen estratos rocosos volcánicos (Figura 11).

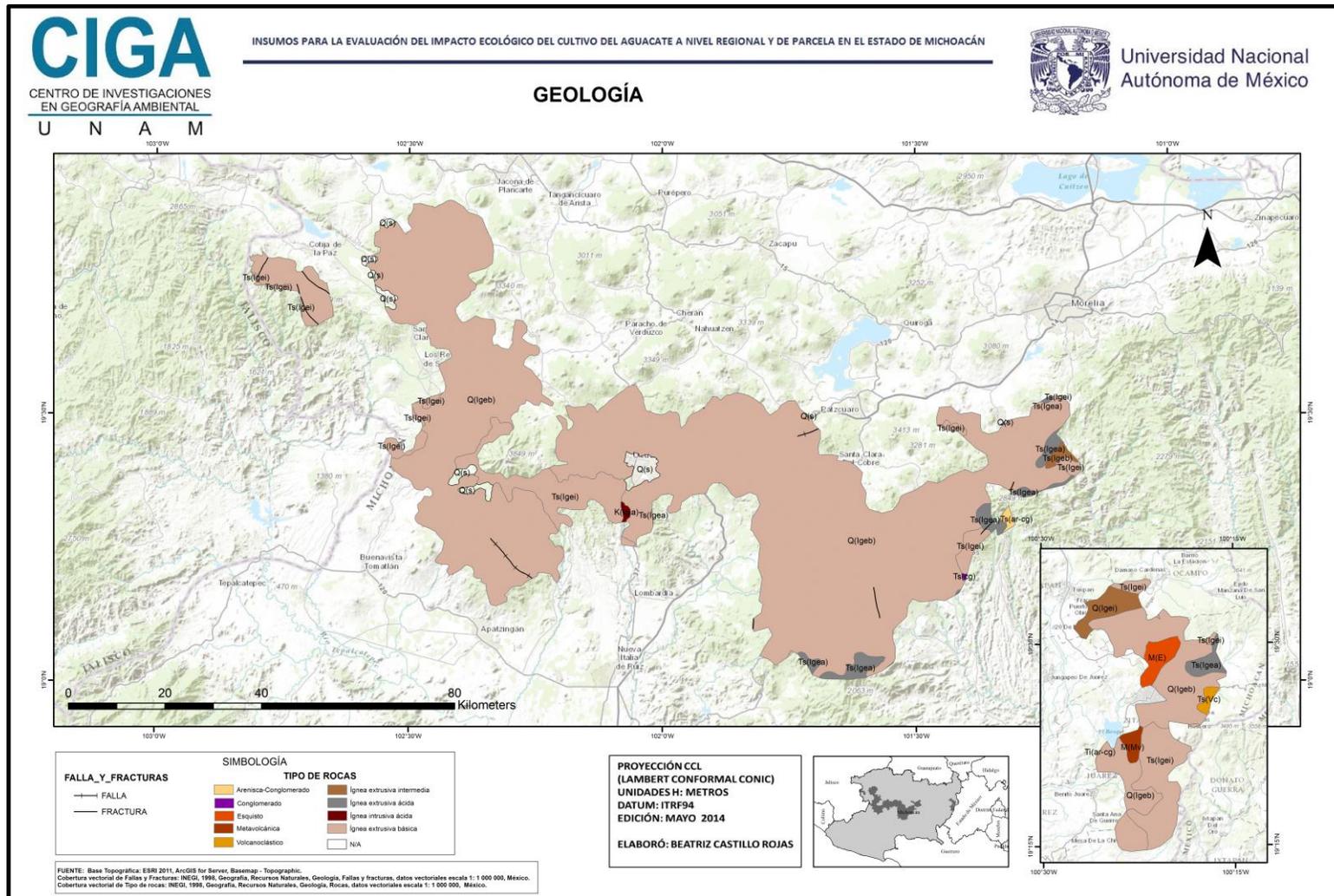


Figura 11. Mapa Geológico.

FUENTE: INEGI, 1998, Geografía, Recursos Naturales, Geología, Fallas y fracturas, datos vectoriales escala 1: 1 000 000, México e INEGI, 1998, Geografía, Recursos Naturales, Geología, Rocas, datos vectoriales escala 1: 1 000 000, México.

3.1.3 GEOMORFOLOGÍA

El 85 % de la superficie del aguacate se ubica entre los 1, 600 y 2, 200 msnm. Sin embargo, se pueden encontrar huertos productivos en alturas inferiores a 1, 200 msnm y superiores a 2, 400 msnm (Figura 12). La altura a la que se encuentran establecidos los huertos de aguacate en Michoacán es determinante para su comportamiento fenológico, influenciado significativamente por los ciclos reproductivos (SALAZAR, 2005). El gradiente altitudinal varía de 1,300 a 3,600 msnm, en donde dominan las unidades geomorfológicas de montañas, mesetas, valles y lomeríos; las elevaciones más prominentes son el Pico de Tancítaro y el Cerro Prieto (CHÁVEZ, at. el, 2012).

De acuerdo con los datos de la carta Geomorfológica, a lo largo de la franja aguacatera sobresalen tres grupos geomorfológicos: El **relieve volcánico** domina en un 85 % de la área total de la franja aguacatera, constituido por edificios volcánicos del Holoceno, Mioceno y Pleistoceno, elevaciones bajas y lomeríos de origen volcánico, además de flujos de lava (Malpaís, y cubiertas de piroclastos), el segundo grupo que sobresale es el **sistema fluvial** conformado en un 11% por valles aluviales con procesos de acumulación y valles intermontanos con moderada erosión y el tercer grupo con un 4% lo constituyen sierras, llanuras lacustres o eólicas, así como, sistemas de pie de monte.

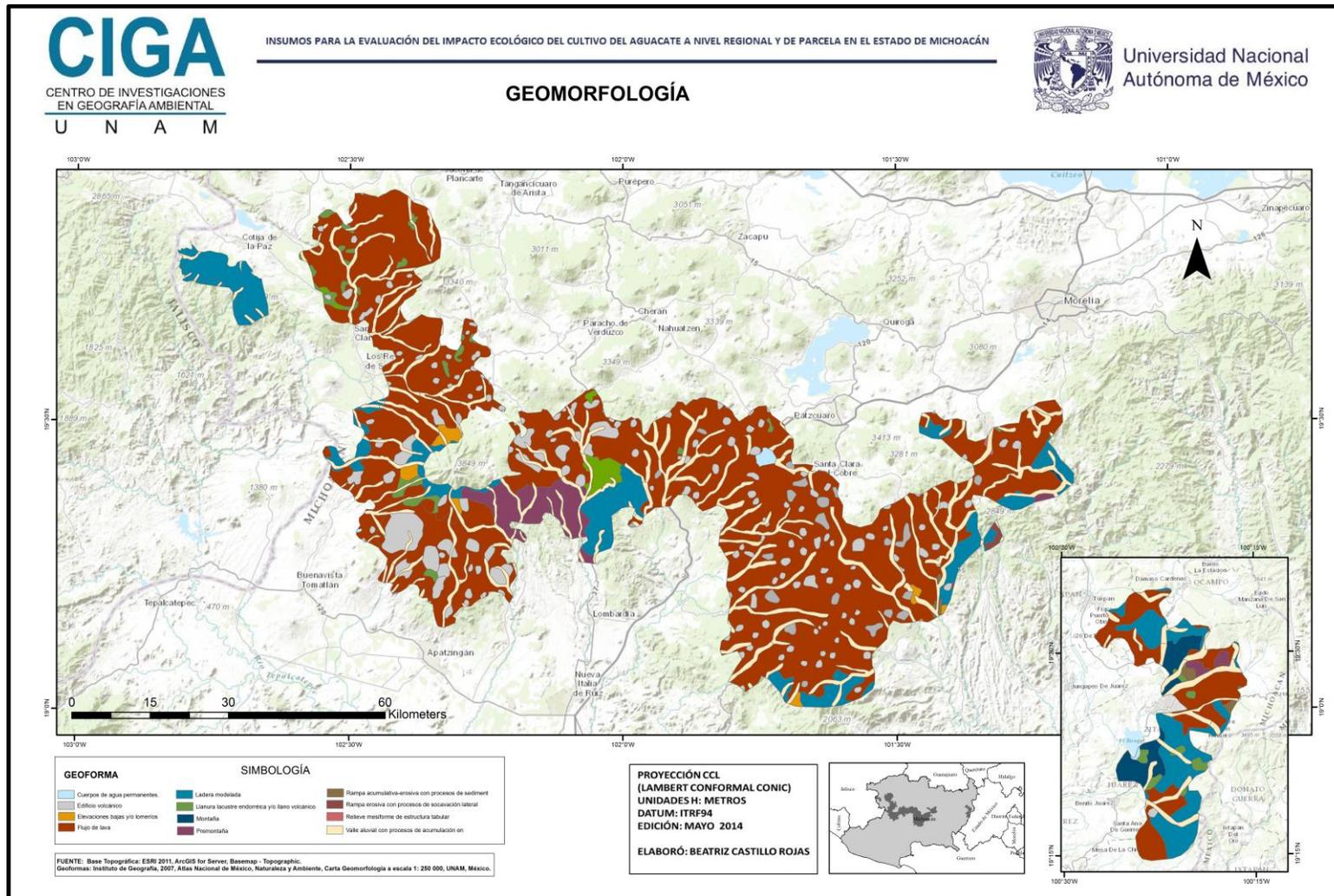


Figura 12. Mapa Geomorfológico.

FUENTE: Instituto de Geografía, 2007, Atlas Nacional de México, Naturaleza y Ambiente, Carta Geomorfología a escala 1: 250 000, UNAM, México.

3.1.4 EDAFOLOGÍA

Los suelos que se presentan en el área de estudio (Figura 13) son: Andosoles suelos con mayor distribución (82%) que posee características físicas adecuadas para la agricultura, (CHÁVEZ, at. el, 2012) además de, Luvisoles, Cambisoles, Vertisoles, Feozem, Regosoles, Acrisoles y Litosoles (FAO/UNESCO, 1970). Los suelos Andosoles que predominan en la franja aguacatera son suelos que se encuentran en áreas donde se presentó actividad volcánica reciente, se originan a partir de cenizas volcánicas. En condiciones naturales tienen vegetación de bosque de pino, abeto, encino. Se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro y por ser de textura esponjosa o muy suelta y tienen subunidades HUMICAS y MOLICAS. Los Andosoles HUMICOS se caracterizan por presentar en la superficie una capa de color obscuro o negro, rica en materia orgánica, pero muy ácida y pobre en nutrientes, los Andosoles MOLICOS presentan en la superficie una capa de color oscuro o negro rica en materia orgánica y nutrientes (INEGI, 1990). Por otra parte los Luvisoles son suelos que se encuentran en zonas templadas o tropicales lluviosas, aunque en ocasiones se pueden encontrar en climas algo secos. La vegetación que predomina es de bosque o selva, tiene como característica un enriquecimiento de arcilla en el subsuelo, pero son más fértiles y menos ácidos. Son frecuentemente rojos o claros, aunque también muestran tonos pardos o grises, que no llegan a ser muy oscuros. Se usan en México con fines agrícolas, aunque en zonas tropicales proporcionan rendimientos más altos, en cultivos tales como el café y algunos frutales tropicales. Su productividad en el cultivo de frutales como el aguacate también puede ser alta en algunas zonas templadas.

Con pastizales cultivados o inducidos pueden dar buenas utilidades en la ganadería. El uso forestal de este suelo es muy importante, y sus rendimientos sobresalientes. Los principales aserraderos del país se encuentran en áreas donde los Luvisoles son abundantes. Son suelos de alta susceptibilidad a la erosión y es importante indicar que en México muchos Luvisoles se hayan erosionados debido a un uso agrícola y pecuario que se ha hecho en ellos sin tomar las precauciones necesarias para evitar este fenómeno.

En menor presencia tenemos a los suelos: Cambisoles, Vertisoles, Feozem, Regosoles, Acrisoles y Litosoles de manera general los Cambisoles son suelos jóvenes y poco desarrollados son suelos muy delgados, los Vertisoles se caracterizan por tener grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos, frecuentemente negros o grises. Son pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando están secos, a veces son salinos. Los suelos Feozem tienen como característica principal tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, se erosionan con mucha facilidad; los Regosoles, se caracterizan por no presentar capas distintas, en general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos, frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presenten pedregosidad. Los Acrisoles tienen acumulación de arcilla en el subsuelo, por sus colores rojos, amarillos, o amarillos claros con manchas rojas; y por ser generalmente ácidos o muy ácidos son moderadamente susceptibles a la erosión y por último los Litosoles se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 centímetros hasta la roca, tepetate o caliche duro, se localizan en mayor o menor porción, en laderas, barrancas y malpaís, así como en lomeríos y en algunos terrenos planos (INEGI, 1990).

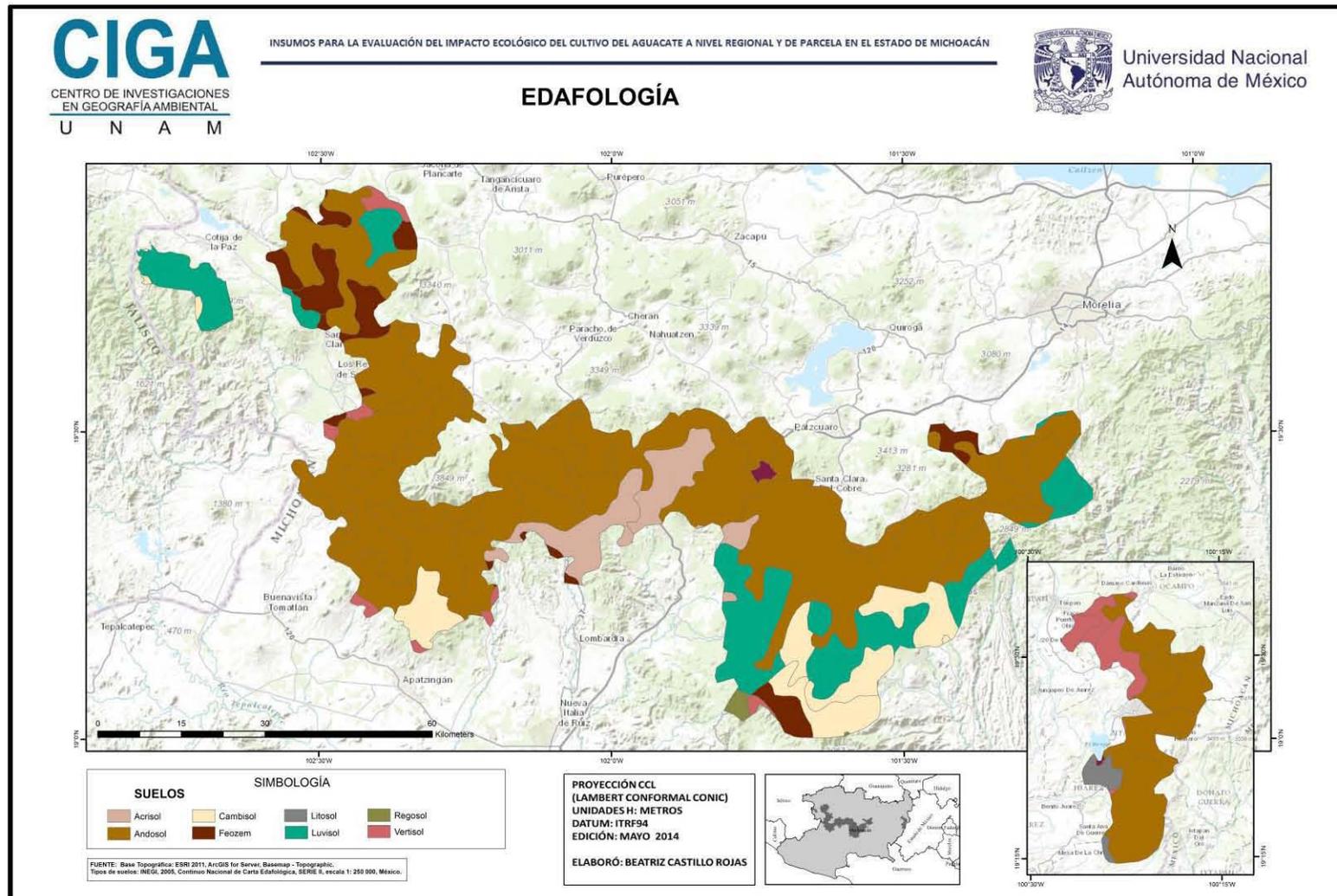


Figura 13. Mapa Edafológico.

FUENTE: INEGI, 2005, Continuo Nacional de Carta Edafológica, SERIE II, escala 1: 250 000, México.

3.1.5 HIDROLOGÍA

Es gracias a las estructuras geológicas (tipo de rocas) y edáficas (tipo de suelos) con distinto grado de permeabilidad lo cual favorece a la presencia de una serie de manantiales que aportan escurrimientos para formar el Río Cupatitzio y otros arroyos (CHÁVEZ, at. el, 2012).

En la superficie que conforma la franja aguacatera hay la presencia de 31 corrientes de agua perenes entre las que sobresalen los ríos Itzicaro, Cupatitzio, La Culebra, Apatzingo y el río Grande de Morelia, incluyendo 18 ríos intermitentes; en toda la franja aguacatera hay un solo cuerpo de agua perene (Laguna de Zirahuen) en el Municipio de Salvador Escalante (Figura 14).

El 90% del área que ocupa la franja aguacatera pertenece a la cuenca del Balsas y un 10 % a la cuenca de Lerma Santiago.

Las subcuencas que abarcan la franja aguacatera son: Cataquio, Río Grande, El Agustadero, Duero, Tepalcatepec, Cupatitzio, Zicuirán, Zirahúen, Patzcuaro, Cuítzeo, Carácuaro, Uricato, Tuxpan y Tuzantla.

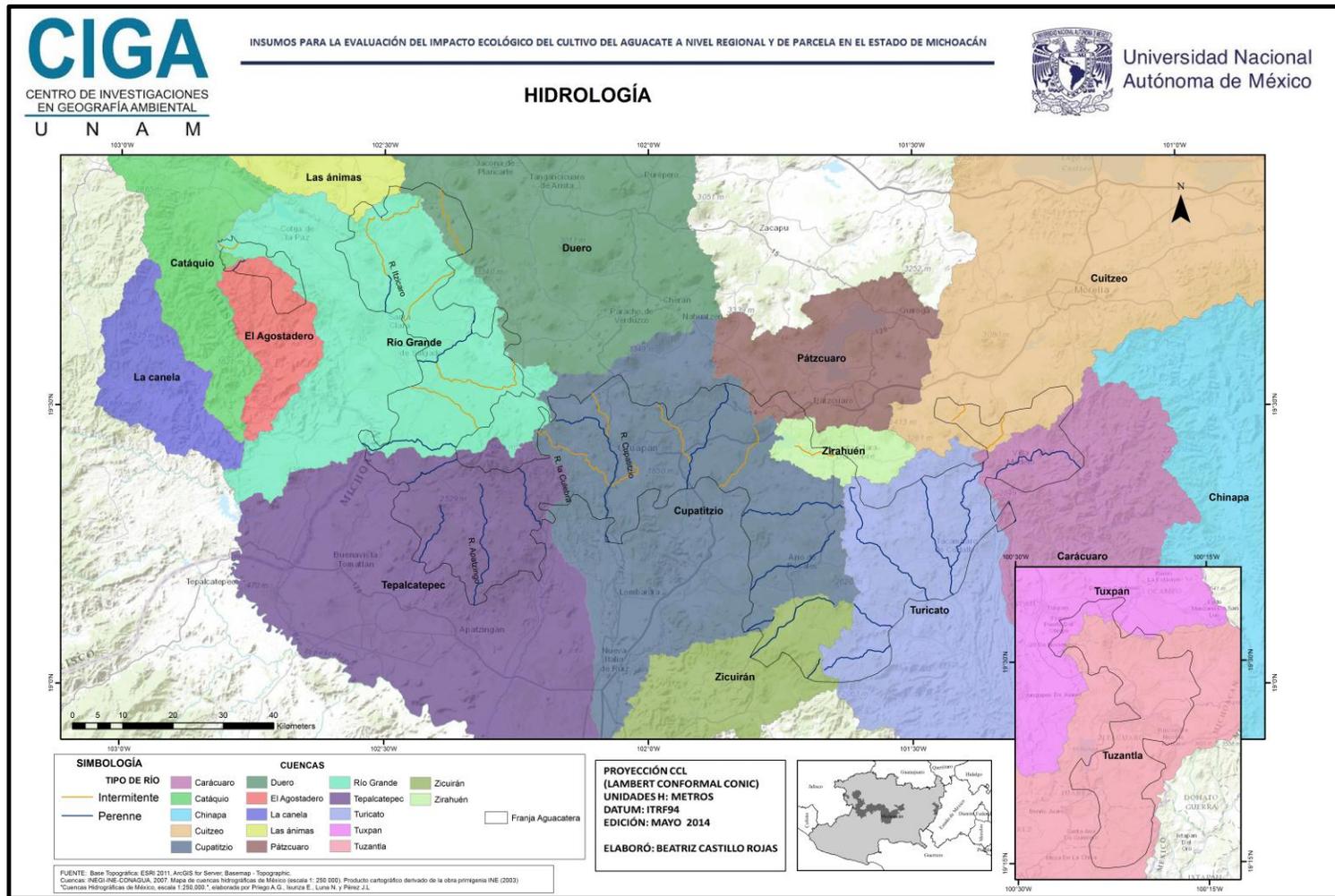


Figura 14. Mapa Hidrológico.

INEGI-INE-CONAGUA, 2007. Mapa de cuencas hidrográficas de México (escala 1: 250 000). Producto cartográfico derivado de la obra primigenia INE (2003) "Cuencas Hidrográficas de México, escala 1:250,000.", elaborada por Priego A.G., Isunza E., Luna N. y Pérez J.L

3.1.6 CLIMA

El clima principal es templado, húmedo y sub-húmedo, con temperatura media de 8 a 21° C y una precipitación anual de 1200 a 1600 mm (APROAM, 2005).

La distribución de las unidades climáticas dentro de la franja aguacatera utilizando la Clasificación Climática de Köppen modificada por Enriqueta García para la República Mexicana (GARCÍA, E., 1989) son: Templado subhúmedo (Cw) 55% y Templado húmedo (Cf) 1% al Norte de la franja aguacatera, noreste y centro; semicálido subhúmedo ((A) C (w1)) 0.5% y semicálido húmedo ((A)C(m)) 0.6 % al sur y sureste de la franja aguacatera y Cálido Subhúmedo 43 % (Aw) al sur de la franja aguacatera (Figura 15).

La distribución de la precipitación es de: 800 – 1200 mm al este y oeste de la franja aguacatera, de 1200 – 1500 mm al centro de la franja aguacatera en específico en los municipios de Nuevo Parangaricutiro, Taretan, Pátzcuaro, Salvador Escalante y Nuevo Urecho y de 1500 – 2000 mm que corresponden a los municipios de Uruapan, Ziracuaretiro y Turicato.

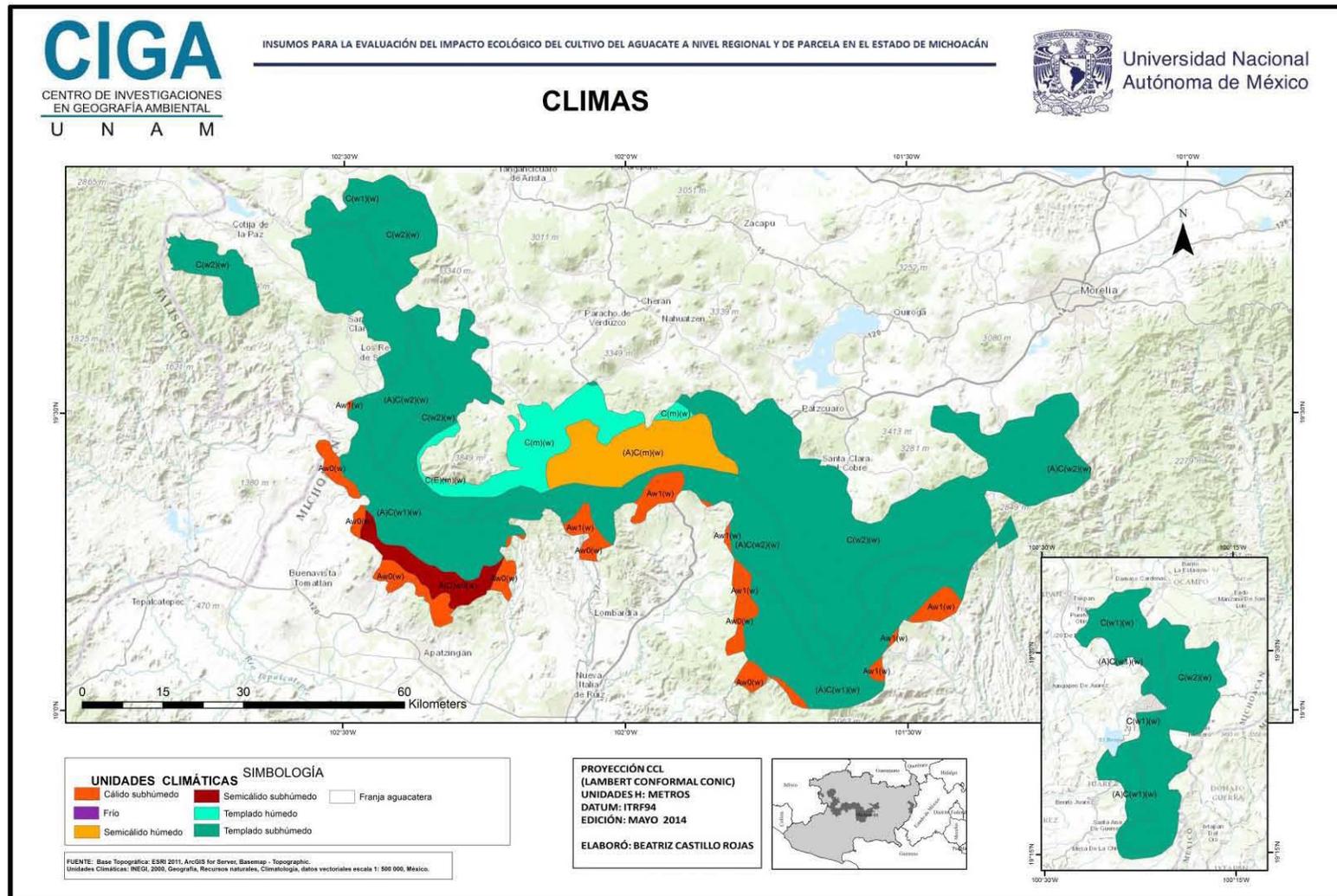


Figura 15. Mapa Climático.

FUENTE: INEGI, 2000, Geografía, Recursos naturales, Climatología, datos vectoriales escala 1: 500 000, México.

3.1.7 COBERTURA VEGETAL

La vegetación natural está compuesta por bosques de clima templado, principalmente mixtos de pino-encino, así como bosques de oyamel, de encino y Mesófilo de montaña (CHÁVEZ, at. el, 2012).

De acuerdo al análisis de la carta de uso de suelo y vegetación serie IV de INEGI (2009), a escala 250 000 hay presencia en la superficie de la **franja aguacatera** de: **Bosque de encino** (conformado por comunidades vegetales constituidas por el género *Quercus* (encinos, robles) que en México (Figura 16), salvo condiciones muy áridas se encuentran prácticamente desde el nivel del mar, hasta los 2,800 msnm)., **Bosque de encino – pino** (se encuentra muy relacionado con los bosques de pino, formando una serie de bosques mixtos con especies de ambos géneros), **Bosque de pino** (los árboles que conforman esta frondosa arboleda son distintas especies de pino - encino, como el *pinuspatula* o el *pinusleiophylla*, y el encino de hoja ancha o el *quercus laurina*, dependiendo de la altitud y la exposición a la humedad. La altitud que abarca la extensión de este bosque va desde los 1,000 msnm hasta los 3,000 msnm, la temperatura suele tener una oscilación entre los 15 y los 20 °C. Las lluvias son abundantes, y el suelo delgado y de poca consistencia). **Bosque de pino – encino** (es un bioma caracterizado por la abundancia de ciertas especies de pino y encino, géneros *Pinus* y *Quercus* respectivamente, se desarrolla a altitudes entre los 1,600 y 3,000 msnm, donde el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, con temperaturas que oscilan entre los 16 y 20°C y son propicias a descender y con precipitaciones que varían entre 700 y 1,500 mm. Los pinos y abetos son característicos del bosque de pino - encino.), **Mesófilo de montaña** (es un ecosistema vegetal que se caracteriza por la presencia de vegetación arbórea densa, con epífitas y helechos que se localiza principalmente en montañas, barrancas y sitios que presentan condiciones favorables de humedad y neblinas frecuentes), **Palmar inducido** (el palmar tiene dos asociaciones: una con elementos de bosque tropical subcaducifolio y la segunda con elementos de bosque tropical caducifolio), **Pastizal inducido** (constituido por comunidades herbáceas en las que predominan las gramíneas,

en algunos casos son de origen natural, pero en otros, obedece a condiciones de perturbación por sobrepastoreo), y pequeños parches de **Selva baja caducifolia** (agrupa formaciones vegetales arbóreas de climas tropicales con adaptaciones a condiciones de aridez estacional). Se caracterizan porque más del 75% de las especies que las integran pierden sus hojas en la época seca del año (RZEDOWSKI, 1981).

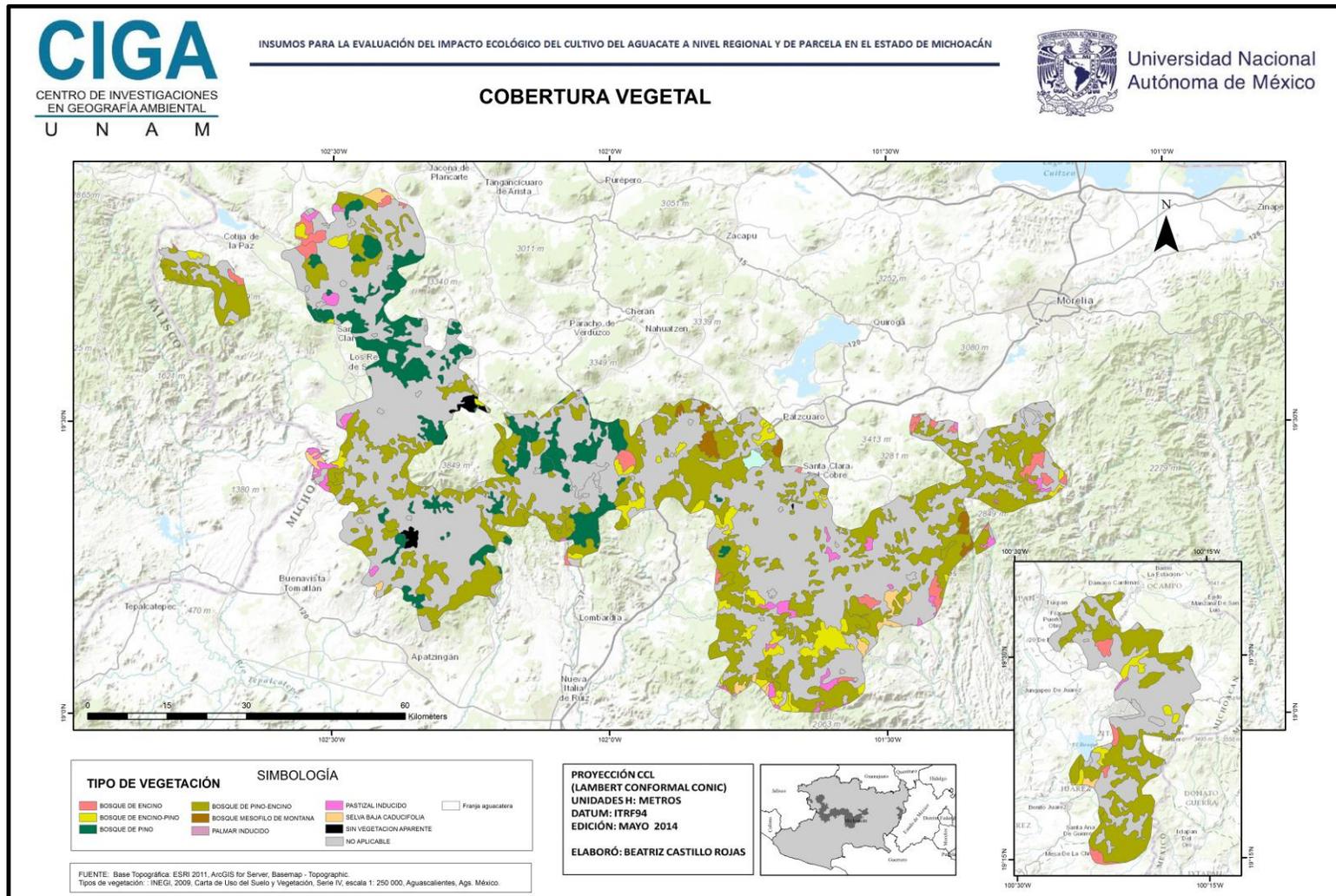


Figura 16. Mapa de Cobertura Vegetal.

FUENTE: INEGI, 2009, Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1: 250 000, Aguascalientes, Ags. México.

3.1.8 USO DE SUELO

La mayor superficie se encuentra ocupada por uso agrícola, en segundo lugar por actividades pecuarias y en una alarmante menor porción en uso forestal (Figura 17), (Carta de uso de suelo y vegetación. Serie IV, escala 1: 250 000, INEGI, 2009).

En la franja aguacatera hay la presencia de un importante disturbio antropogénico que está alterando la estructura y función de sus ecosistemas, agentes naturales como los incendios forestales y el cambio de uso del suelo, transforman y alteran la biodiversidad (CHÁVEZ, at. el, 2012).

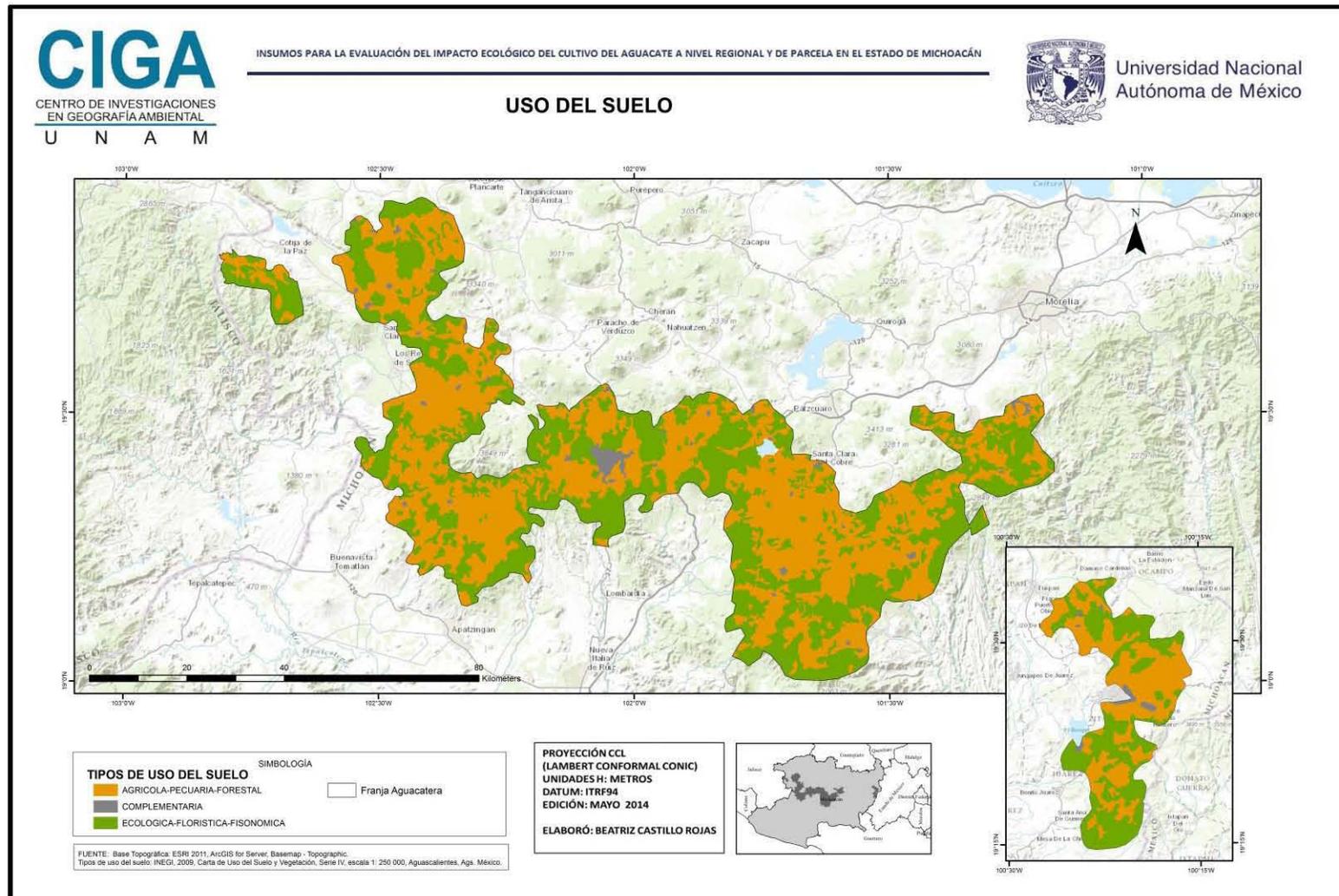


Figura 17. Mapa de Uso del Suelo.

FUENTE: INEGI, 2009, Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1: 250 000, Aguascalientes, Ags. México.

3.2 ELABORACIÓN DE MAPAS INSUMOS.

El objetivo general del presente informe es generar insumos digitales cartográficos detallados de la franja aguacatera necesarios para la actualización del proyecto: “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”. Teniendo como objetivos particulares el ratificar los insumos vectoriales de caminos, asentamientos humanos y cobertura forestal con fotografías aéreas de 1973 y 1974 de la franja aguacatera y actualizar los insumos vectoriales de caminos, asentamientos humanos y cobertura forestal con imágenes de satélite WorldView 2 los caminos, asentamientos humanos y cobertura forestal del 2011 de la franja aguacatera. Es en este subcapítulo se desarrolla la ratificación y actualización de estos insumos, todos los insumos fueron digitalizados con las especificaciones: Proyección de CCL (Lambert Conformal Conic), Datum: ITRF94, Unidad Lineal: Metros; homogeneizando los metadatos de todos los mapas.

La digitalización se hizo de escala 1: 50 000 y de manera visual incluso hasta 1: 20 000, sobre todo con los insumos actualizados al 2011 debido a la alta resolución de las imágenes WorldView 2, lo que permitió darle más detalle a la base de datos de caminos 2011, asentamientos humanos 2011 y cobertura forestal 2011.

3.2.1 CAMINOS

En el capítulo 2.3.2 del presente informe se explica el método que se usó para evaluar el impacto forestal del aguacate, determinando a los caminos como indicadores dominantes para la generación de cambios, estos cambios no solo se presentaron sobre las áreas donde el cultivo del aguacate se expandió, sino también sobre las áreas forestales donde había presencia de caminos, así que teniendo bien definidos los caminos en los dos períodos con los que se están trabajando (1974 y 2011) se puede con más precisión

determinar los cambios que se presentan debido a la influencia del crecimiento de la infraestructura carretera.

3.2.1.1 RECTIFICACIÓN DE CAMINOS DE 1974

En un inicio el proyecto Inventarios 1974 – 2007, y Evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán, se hizo uso de un mapa de caminos derivado de la cartografía topográfica de INEGI a escala 1:250,000; sin embargo, la obtención de las fotografías aéreas de vuelos realizados por CETENAL (ahora INEGI) de 1973 y 1974 proporcionadas en formato impreso por la Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM) sirvieron para la rectificación de caminos.

El resultado es un mapa con una base de datos y archivos vectoriales ubicando los caminos existentes para 1974 (Figuras 18 y 19) clasificados por tipo: carreteras pavimentadas, brechas, terracerías y veredas.

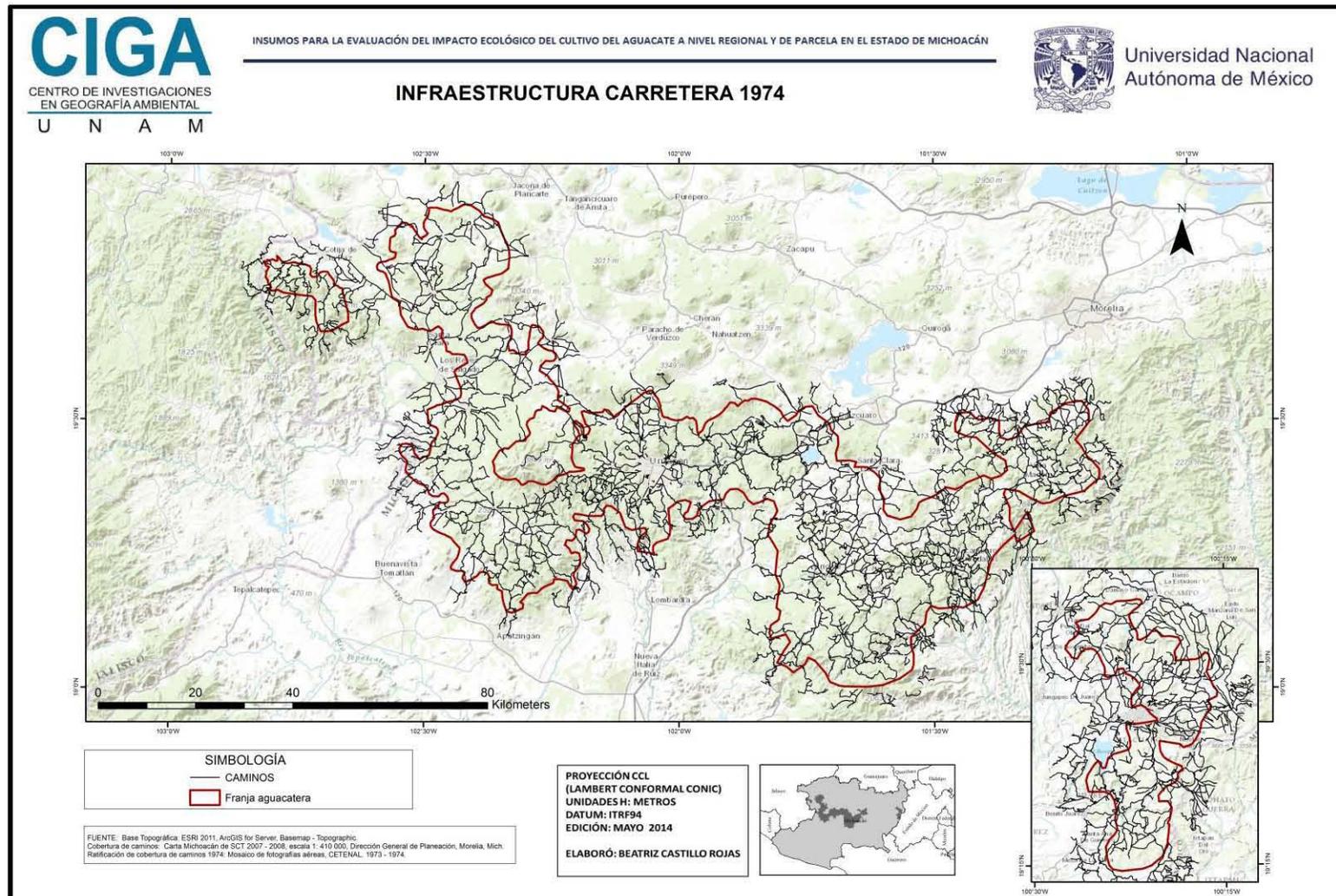


Figura 18. Mapa de caminos de 1974.



Figura 19. Digitalización de caminos 1974, sobre fotografía aérea.

3.2.1.2 ACTUALIZACIÓN DE CAMINOS DE 2011

El mapa de caminos del 2011 se genera de la digitalización de carreteras pavimentadas, terracerías, brechas y veredas que se obtuvieron de las bases de datos de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes del año 1995), actualizando la base de datos y digitalizando los vectores con imágenes WorldView 2.

El resultado es un mapa de caminos con una base de datos y archivos vectoriales actualizados al 2011 (Figuras 20 y 21) además de, clasificarlos por tipo: carreteras pavimentadas, brechas, terracerías y veredas.

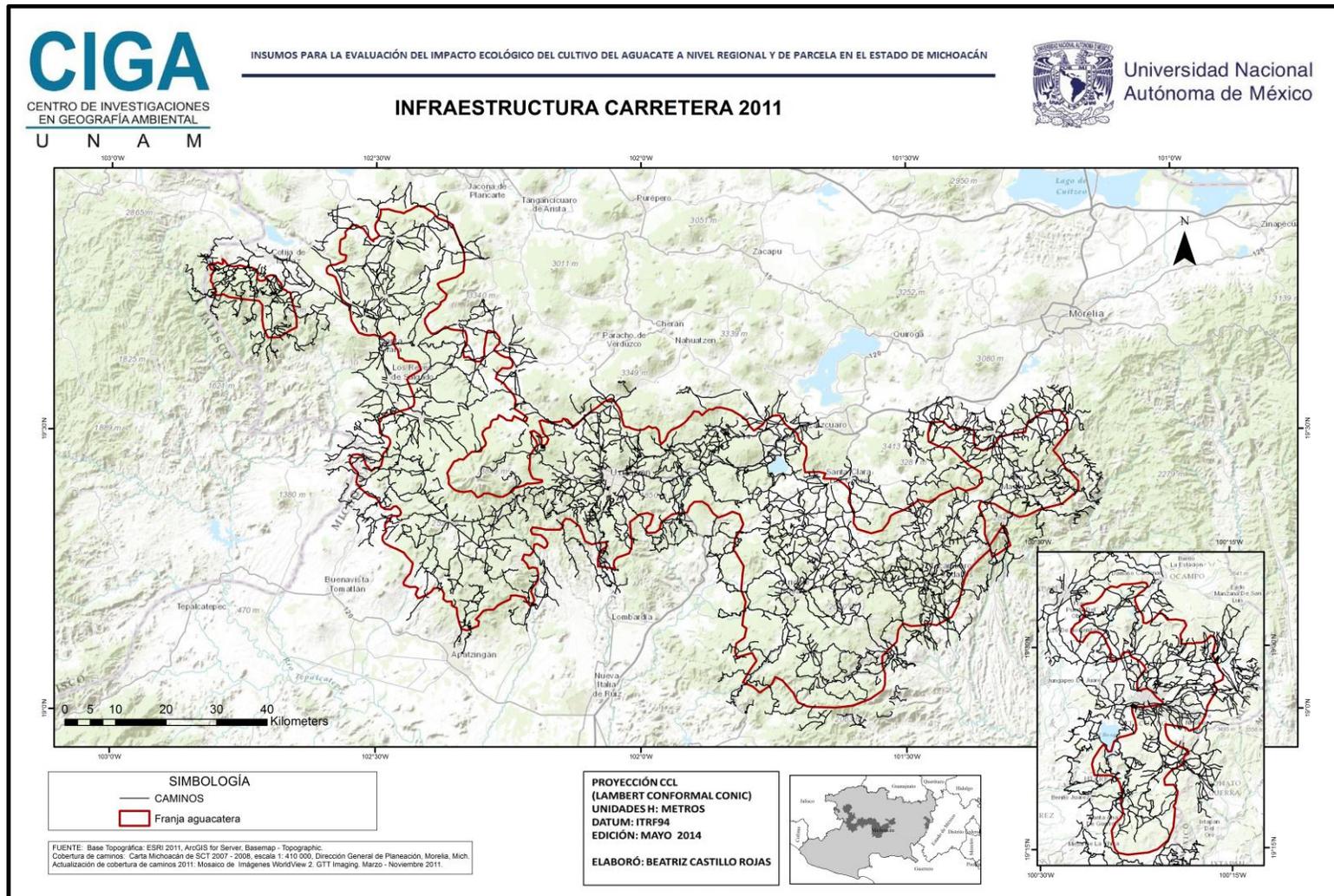


Figura 20. Mapa de caminos de 2011.

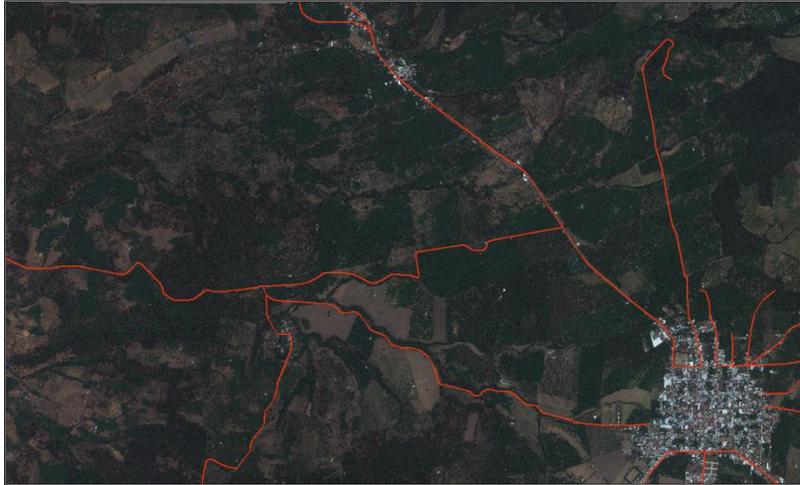


Figura 21. Digitalización de caminos 2011, sobre imagen WorldView 2.

3.2.2 LOCALIDADES / ASENTAMIENTOS HUMANOS

Como ya se había mencionado anteriormente como parte del método de la evaluación del impacto forestal al de determinar la probabilidad de las secuencias de cambio se deben de relacionar con factores de pendiente, proximidad a caminos y proximidad a asentamientos humanos con respecto al cultivo así que se requiere de las coberturas de caminos y asentamientos humanos, por lo que se rectificaron las capas de información de asentamientos humanos de 1974 y se actualización de asentamientos humanos del 2011.

3.2.2.1 RECTIFICACIÓN DE LOCALIDADES DE 1974

El mapa de localidades de 1974 (Figuras 22 y 23) se generó en un inicio de la capa de localidades de INEGI, esta información fue adquirida de los diferentes catálogos que integran el Marco Geoestadístico Nacional creado por el INEGI y por el trabajo de campo de los usuarios tanto de otras instituciones como del *INEGI*²¹. No obstante, las localidades de menos de 1000 habitantes se digitalizaron como puntos, pero las localidades con más de 1000 habitantes se prefirió elaborar la digitalización de asentamientos humanos con polígonos; la rectificación se elaboró con base en las fotografías aéreas de 1974.

²¹ Catálogo de entidades federativas, municipios y localidades.
http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/clasificadoresycatalogos/catalogo_entidades.aspx

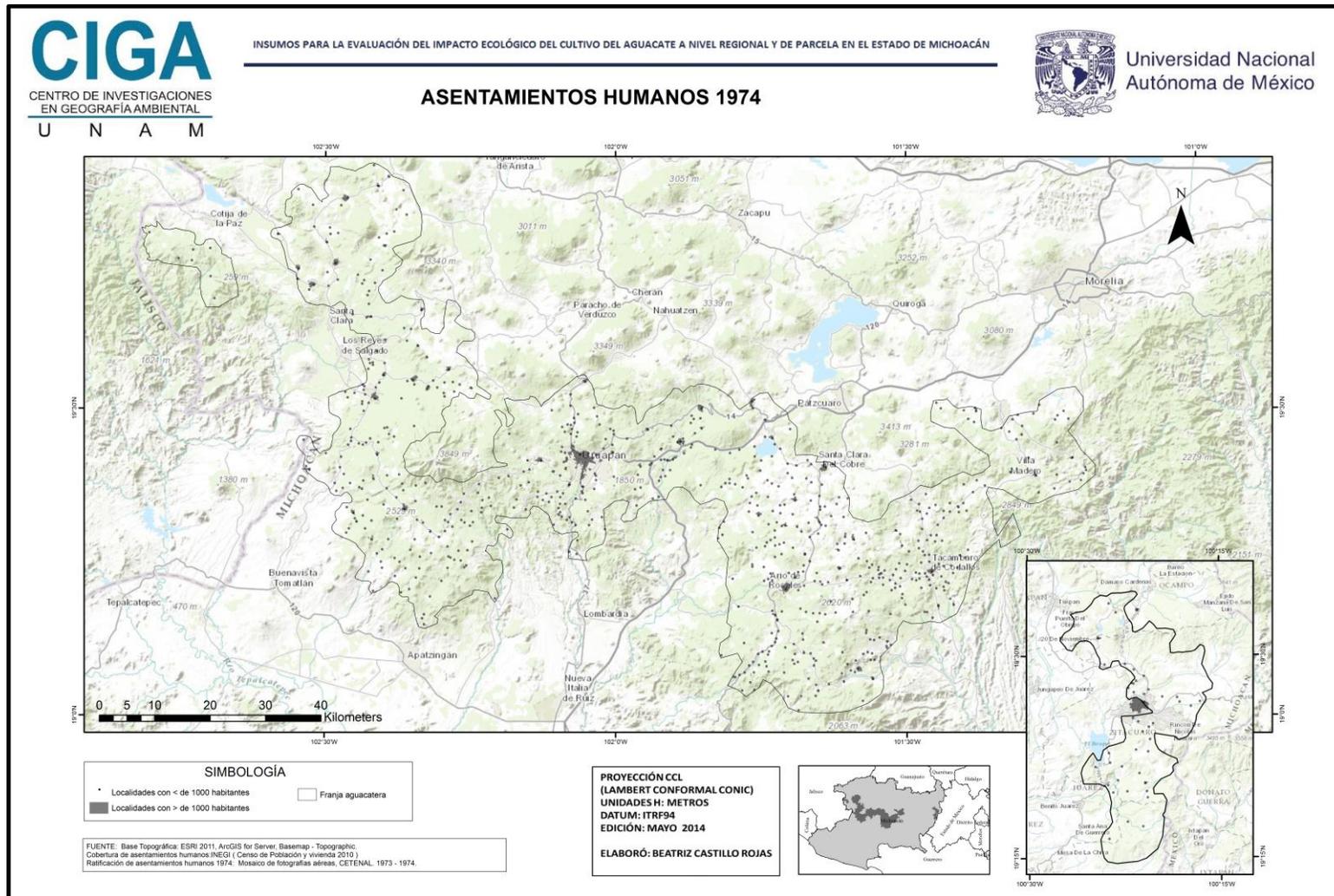


Figura 22. Mapa de localidades 1974.

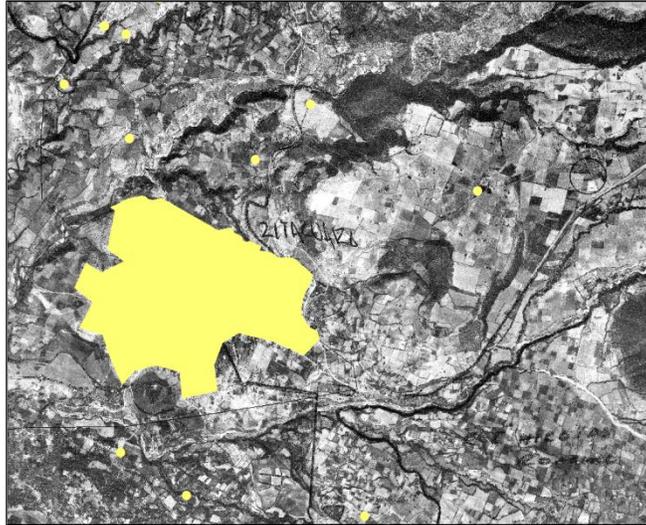


Figura 23. Digitalización de localidades 1974 (puntos y polígonos), sobre fotografía aérea.

3.2.2.2 ACTUALIZACIÓN DE LOCALIDADES 2011

El mapa de localidades del 2011 (Figura 24) se genera sobreponiendo la capa de localidades del Censo de Población y vivienda 2010 de INEGI, corroborando con la digitalización de asentamientos humanos de las imágenes WorldView 2.

El resultado es un mapa de asentamientos humanos del 2011, con una base de datos y archivos vectoriales actualizados al 2011 junto con una clasificación de localidades de menos de 1000 habitantes se digitalizaron como puntos y las localidades con más de 1000 habitantes se digitalizaron con polígonos (Figura 25).

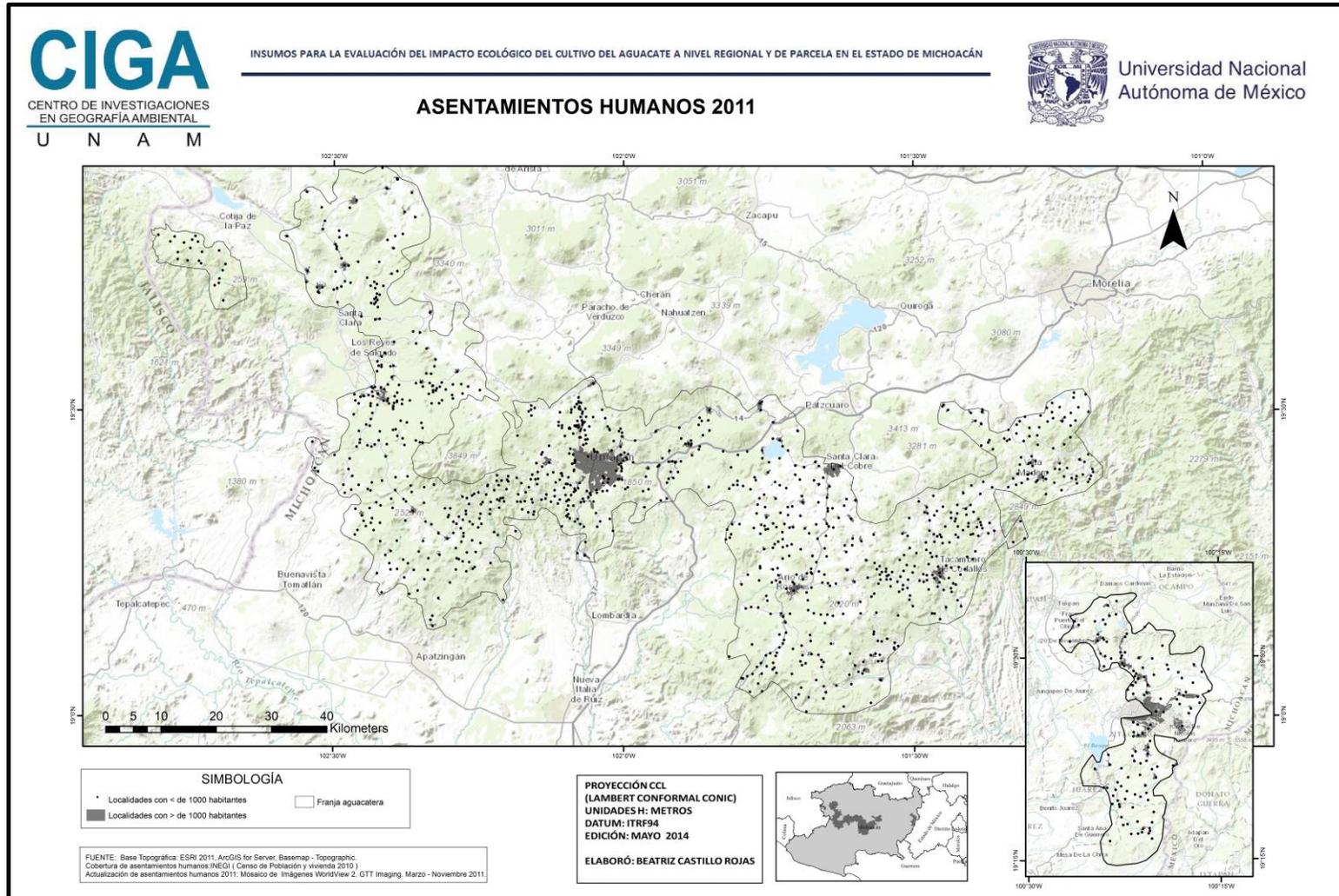


Figura 24. Mapa de localidades 2011.



Figura 25. Digitalización de localidades 2011 (puntos y polígonos), sobre imagen WorldView 2.

3.2.3 ACTUALIZACIÓN DE COBERTURA FORESTAL: DIGITALIZACIÓN DE BOSQUE 2011

El mapa de cobertura de bosques (Figura 26) fue elaborado con la digitalización de las 107 imágenes WorldView 2 que contienen los límites de la Franja Aguacatera, la digitalización se hizo a una escala 1: 20 000 digitalizando las superficies forestales que quedan dentro de los límites marcados como la Franja Aguacatera, la base de datos generada presenta que para el 2011 hay 156 895.31 hectáreas consideradas como superficie forestal y basándose en la observación de las imágenes se pueden clasificar en bosques cerrados, abiertos y algunos bosques de galería.

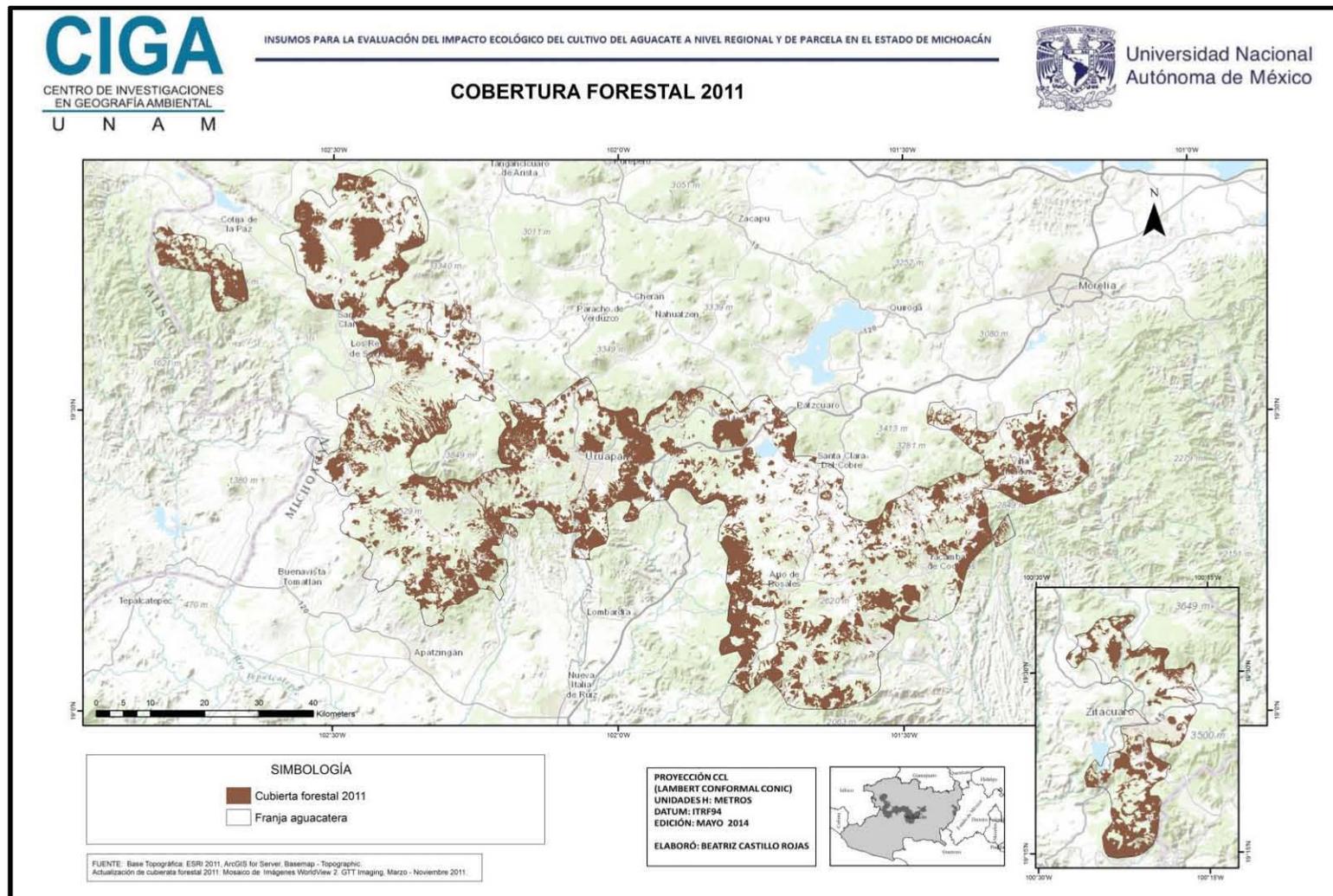


Figura 26. Mapa de Cobertura Forestal 2011.

3.3 DISEÑO DE MAPAS PARA ATLAS DEL CULTIVO DE AGUACATE

3.3.1 USO DEL SUELO DE 1974

El objetivo de la elaboración del mapa de uso del suelo 1974 (Figura 27) es estudiar el cambio en el uso y cubierta del suelo (Morales, at el, 2011), así como, cuantificar la superficie cultivada con aguacate en el año 1974.

Lo que se puede observar en el mapa de uso del suelo 1974 es en primer lugar la presencia de cobertura forestal a los extremos de la franja aguacatera, en segundo lugar las áreas de uso agrícola de temporal y de otros cultivos que se denotan muy cercanos a los asentamientos humanos, en tercer lugar las zonas de cubierta de matorral - pastizal, y en cuarto lugar las zonas agrícolas con cultivo de aguacate (Tabla 2).

Uso / Cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas con cubierta forestal (bosques y selvas)	236,822.64	47.91
Zonas agrícolas de cultivos anuales / otros cultivos	170,332.87	34.46
Zonas con cubierta de matorral - pastizal	64,888.92	13.13
Zonas agrícolas con cultivo de aguacate	14,127.88	2.86
Zonas de asentamientos humanos	4,153.52	0.84
Zonas sin cubierta aparente	1,637.28	0.33
Cuerpos de agua	1,274.76	0.26
Cubierta de nubes	513.97	0.10
Sin información fotográfica	531.69	0.11
TOTAL	494,283.53	100

Tabla 2. Superficies de uso y cubierta del suelo en el año 1974.

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 18 pp.

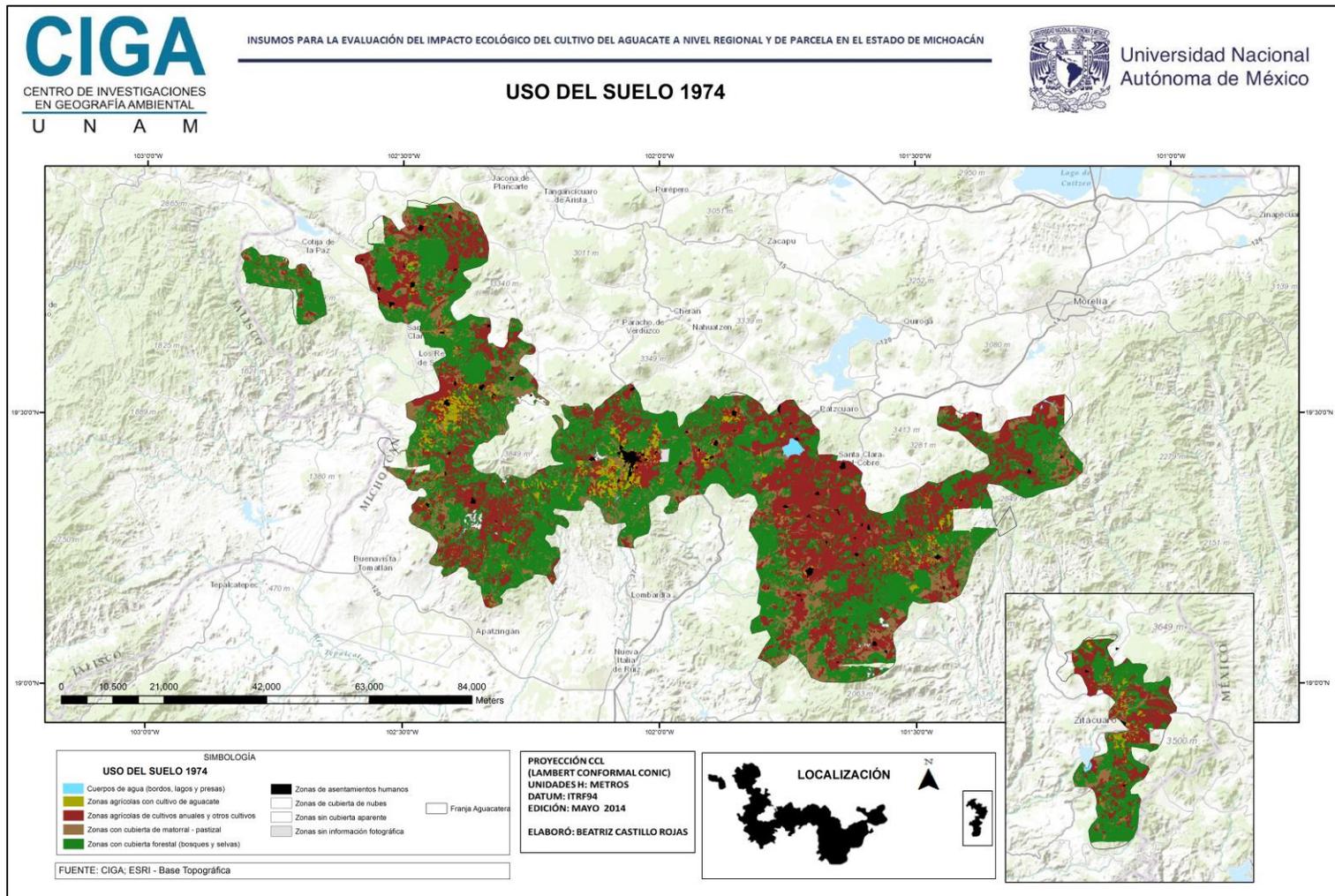


Figura 27. Mapa de uso y cubierta del suelo 1974.

Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 17 pp.

3.3.2 INVENTARIO 2011 DEL CULTIVO DEL AGUACATE.

El inventario del aguacate fue realizado por el proyecto. “Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán” usando la información vectorial proporcionada por el proyecto, siendo la base para generar la información vectorial que se muestra en el presente informe.

El inventario del aguacate del 2011 (Figura 28) se realizó con la identificación de los límites de la superficie de cultivo haciendo uso de las imágenes WorldView 2, imágenes de satélite de muy alta resolución correspondientes a fechas de marzo y noviembre de 2011, tienen una resolución nominal de 50 cm en el nadir²², la cartografía generada de estos productos da una superficie de cultivo a escala 1:20,000, aun cuando la interpretación se lleva a cabo a escala 1:2,000. (Morales; at el, 2011).

Se empleó la técnica de digitalización de polígonos en pantalla con el software ArcGIS 10, versión ArcMAP. Así como, una verificación de campo para evitar confusión con otros cultivos, realizando un trabajo de verificación en los huertos que se tenía duda sobre el tipo de cultivo de que se trataba. (Morales, at el, 2012).

Los objetivos del inventario son cuantificar la superficie cultivada con aguacate en el año 2011, y determinar el estado del cultivo en la superficie cultivada. El inventario 2011 arrojó una cifra de 153,018 hectáreas de superficie cultivada con aguacate (Tabla.3), la cifra indica que el cultivo ha continuado expandiéndose a un ritmo acelerado (Morales; at el, 2011).

AÑO	HECTÁREAS
1974	14,127
2011	153,018

Tabla 3. Superficie cultivada con aguacate en 1974 y 2011.

²² Se denomina **nadir** a la intersección entre la vertical del observador y la esfera celeste. Es decir: si imaginamos una recta que pasa por el centro de la Tierra y por nuestra ubicación en su superficie, el nadir se encuentra sobre esa recta, por debajo de nuestros pies. En sentido contrario se encuentra el cenit.

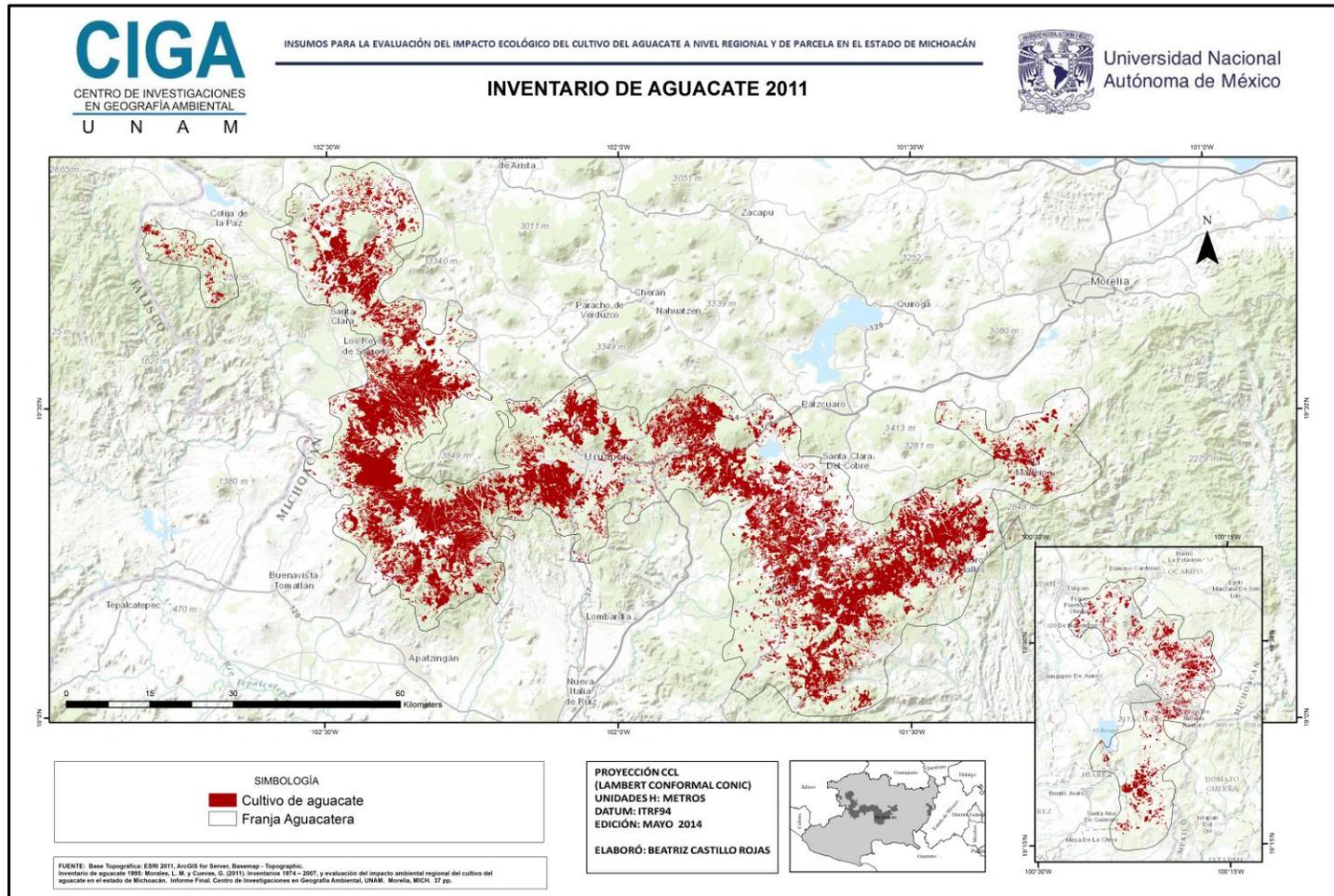


Figura 28. Mapa Inventario del cultivo del aguacate 2011.

FUENTE: Morales Manilla, L.M, Cuevas García, G., Reyes González, A., y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 18 pp.

3.3.3 COMPARACIÓN DE INVENTARIOS

El mapa de comparación de inventarios se diseñó en función de mostrar las diferencias en la expansión del cultivo de aguacate en los diferentes años de los inventarios del aguacate (1974, 1995, 2005, 2007 y 2011); una comparación realizada con la información de superficie de cada uno de los cinco inventarios (Figura 29).

Se observa la expansión del cultivo e manera más abrupta entre los inventarios de 1974 a 1995; la extensión del cultivo se ha incrementado cerca de 10 veces desde 1974, (MORALES, L. M. Y CUEVAS, G., 2011).

AÑO	HECTÁREAS	PORCENTAJE
1974	13,045	8.52
1995	58,545	38.26
2005	74,951	48.98
2007	112,725	73.66
2011	153,018	100

Tabla 4. Áreas de cultivo de aguacate en diferentes años.

FUENTE: Morales Manilla, L.M, Cuevas García, G., Reyes González, A., y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 20 pp.

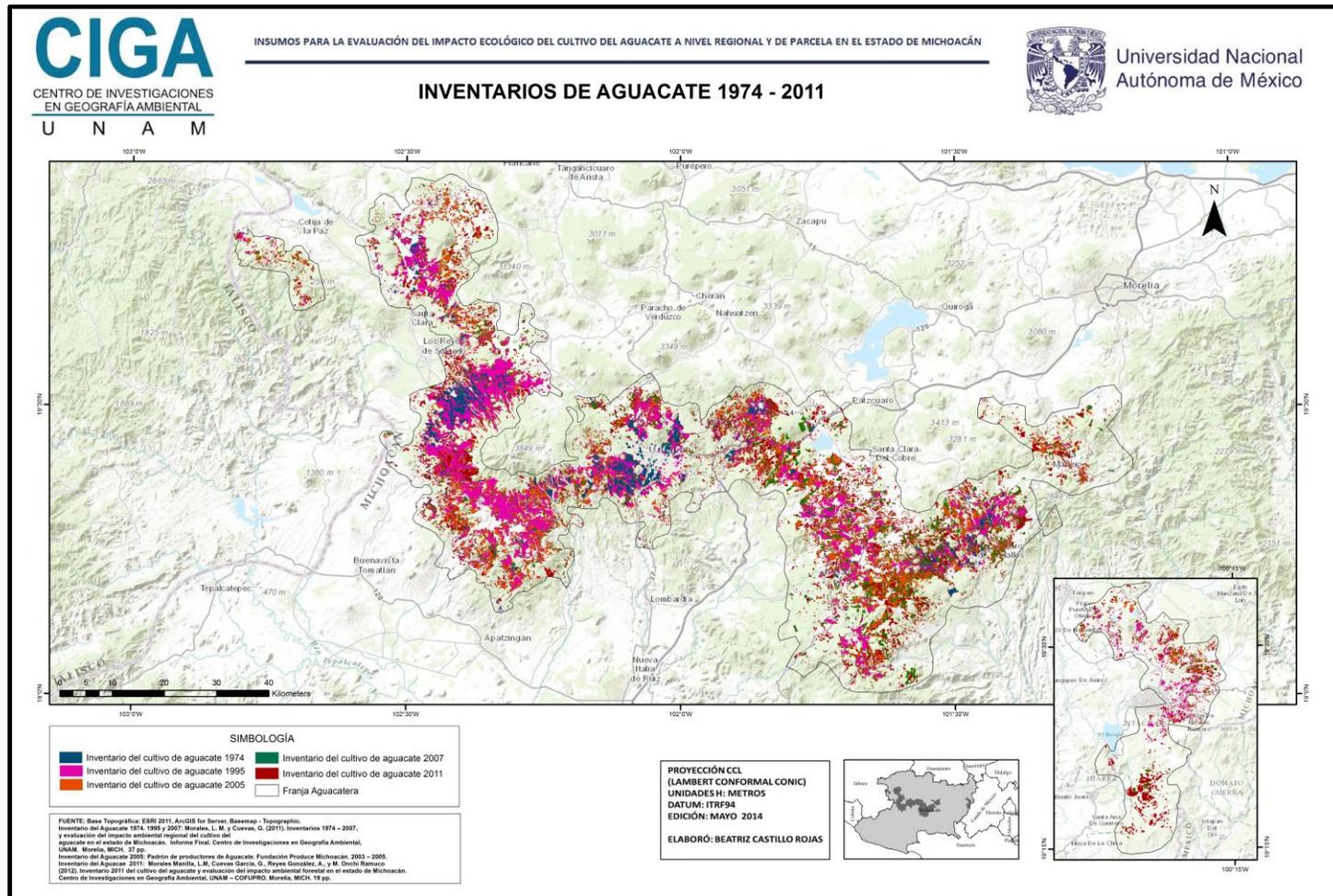


Figura 29. Mapa Inventarios del cultivo del aguacate 1974 -2011.

FUENTE: Morales Manilla, L.M, Cuevas García, G., Reyes González, A., y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 38 pp.

3.3.4 CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE 1974 A 2011

Para la generación del mapa de cambios de uso de suelo de 2011 (Figura 30) se requirió del uso de la información del inventario del cultivo del aguacate de 2011 y los datos vectoriales de la capa de uso y cubierta del suelo de 1974.

Con los polígonos del inventario de aguacate 2011, se hace un proceso de sobreposición con el mapa de uso y cubierta del suelo de 1974, al sobreponerlos el siguiente paso es generar una extracción de todos los polígonos que en 1974 tenían un uso diferente de suelo y que para el 2011 se convirtieron en superficies de cultivo de aguacate.

El mapa muestra que la expansión del aguacate en el período 1974 - 2011 se hizo principalmente sobre áreas de cultivos anuales y otros cultivos, aunque en menor medida, pero de importancia en algunas zonas de cubierta forestal. Se observó una ampliación de cultivos de aguacate sobre zonas con cubierta forestal, tal es el caso en los municipios de Ario, Peribán, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro y Uruapan. En términos de superficie, se presentan los cambios relevantes que se dieron sobre las clases de uso / cubierta de suelo (Tabla 5).

Uso / Cubierta	Hectáreas	Porcentaje
Zonas con cubierta forestal (bosques y selvas)	21,194.62	17.22
Zonas agrícolas de cultivos anuales / otros cultivos	74,496.68	60.52
Zonas con cubierta de matorral - pastizal	16,117.79	13.09
Zonas agrícolas con cultivo de aguacate	10,667.99	8.67
Zonas de asentamientos humanos	464.89	0.38
Zonas sin cubierta aparente	145.95	0.12
TOTAL	123,087.92	100

Tabla 5. Superficies de uso del suelo en 1974 convertidas a superficie de aguacate en 2011.

La interpretación de estos resultados asume que el aguacate reemplazó en un 17.22% a la cubierta forestal. Sin embargo, es un valor menor comparado con el 60.52% de zonas agrícolas de cultivos anuales y otros cultivos, con esto se puede inferir que podría haber una transición de cubierta forestal a aguacate por un reemplazo inicialmente de áreas agrícolas de cultivos anuales y otros cultivos o de pastizal - matorral inducido, y luego ésta se transforme a su vez en un área de cultivo de aguacate.

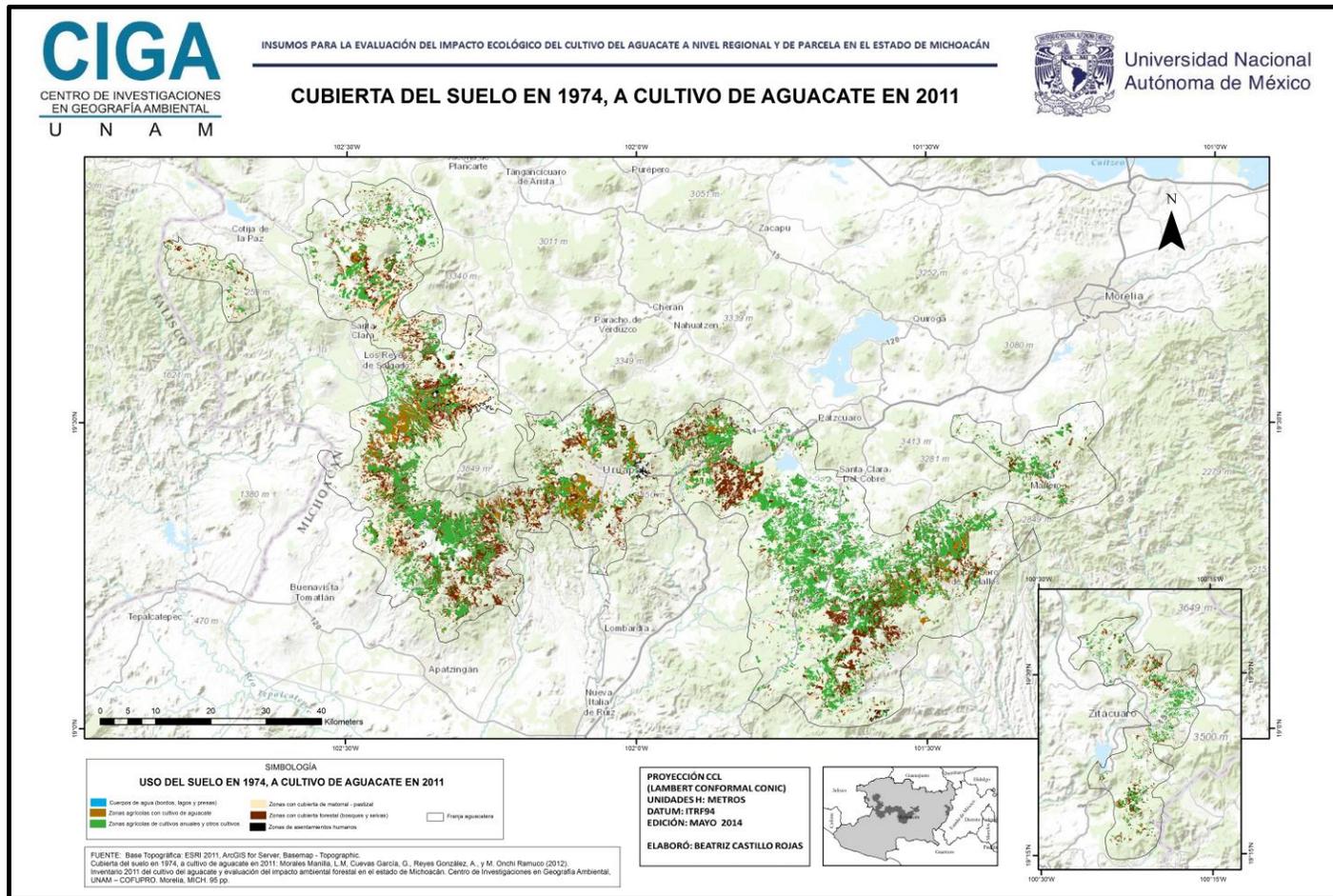


Figura 30. Zonas de cambio de diversas clases de uso y cubierta del suelo en 1974, a cultivo de aguacate en 2011. (Mapa Cambios en el uso del suelo en 1974 a cultivos de aguacate en 2011)

FUENTE: Morales Manilla, L.M, Cuevas García, G., Reyes González, A., y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 95 pp.

3.3.5 ÁREAS DE CONVERSIÓN DE CULTIVOS DE TEMPORAL 1974 A CULTIVO DE AGUACATE 2011.

Con los polígonos que se extrajeron del mapa de uso y cubierta del suelo de 1974 y el mapa inventario del cultivo del aguacate de 2011 (Figura 31). El siguiente paso fue solo extraer aquellos polígonos que en 1974 su uso de suelo fuera cultivos anuales y otros cultivos y con la sobre posición del inventario del aguacate del 2011 para que se pudiera observar el cambio de superficies dedicadas en 1974 como cultivos de temporal, y en el 2011 convertidas en superficies de cultivo de aguacate.

El mapa muestra que la expansión del aguacate en el período 1974 - 2011 se hizo principalmente sobre áreas de cultivos anuales y otros cultivos, aunque en menor medida, pero de importancia en algunas zonas de cubierta forestal.

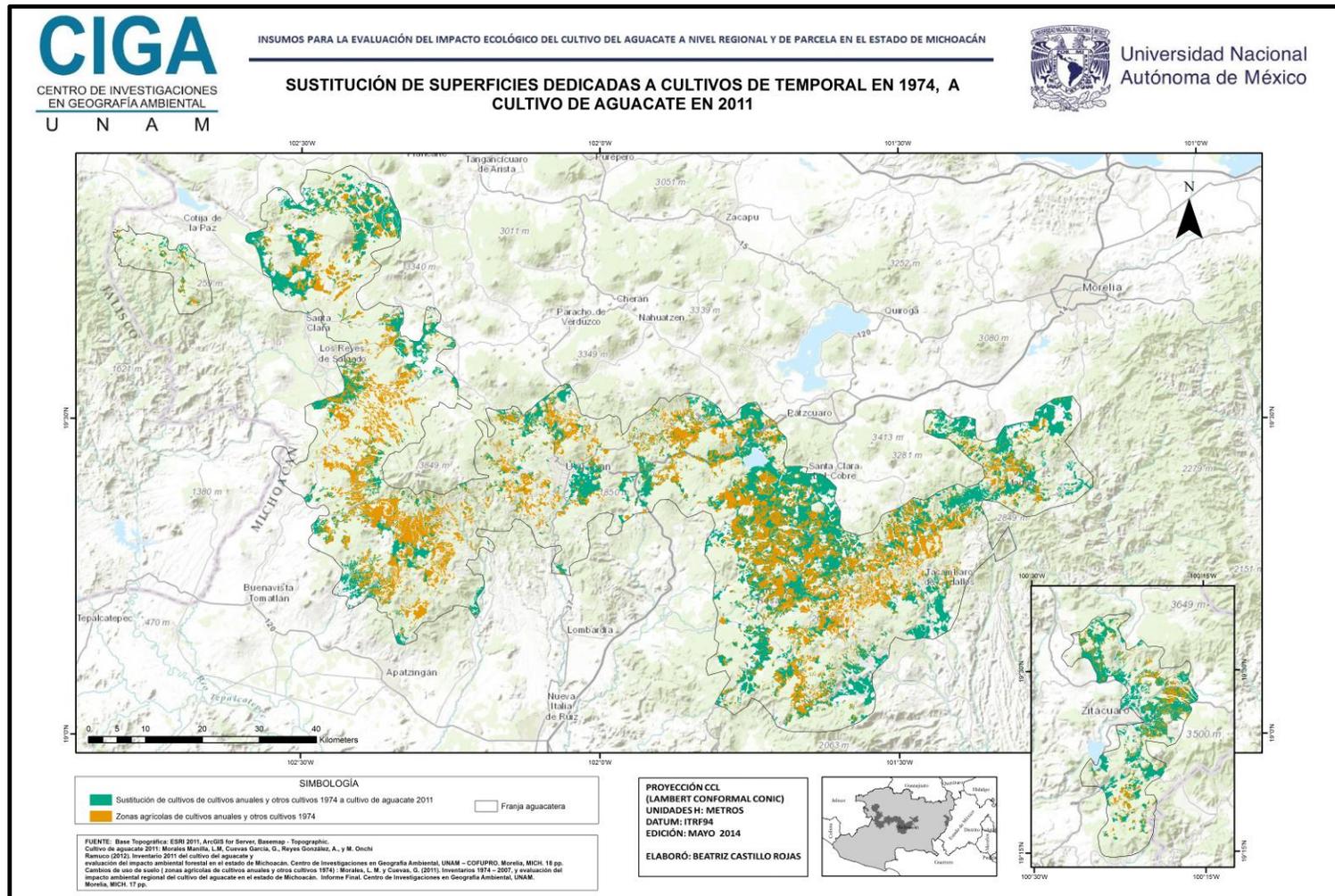


Figura 31. Superficies de las zonas de cambio de uso de suelo (cultivo de temporal) 1974 a aguacate 2011.

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 17 pp.

3.3.6 COBERTURA FORESTAL: BOSQUE 1974

El mapa de cobertura forestal (Figura 32) fue elaborado por el CIGA (Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental) con un mosaico de 2 220 fotografías aéreas de los años 1973 -1974 que solo ocupan el 87% de la Franja Aguacatera, la digitalización se hizo a una escala 1: 20 000 (MORALES,L.M. Y CUEVAS,G., 2011), la base de datos generada de la digitalización presenta que en 1974 había 236, 822.64 hectáreas consideradas como superficie forestal.

Por lo que se observó una ampliación de cultivos de aguacate sobre zonas con cubierta forestal, como es el caso de los municipios de Ario, Peribán, Salvador Escalante, Tacámbaro, Tancítaro y Uruapan.

Año	Hectáreas
1974	236, 822.64
2011	156, 895.31

Tabla 6. Superficie con Cobertura Forestal en 1974 y 2011.

En 37 años del crecimiento del cultivo del aguacate solo ha habido una pérdida de aproximadamente 34% de cobertura forestal (Tabla 6) en los municipios que integran la Franja Aguacatera; esto nos indica, que hay un impacto forestal en las zonas donde hay presencia del cultivo del aguacate, sin embargo, no es el único elemento que se podría contemplar para afirmar que la cubierta forestal se está perdiendo por la expansión del cultivo, esto es el cambio de cultivos de temporal a cultivos de aguacate favorece de manera espacial ya que el cultivo de aguacate se expande en primera estancia sobre terrenos usados para cultivos de temporal y en segunda estancia se van sobre el bosque.

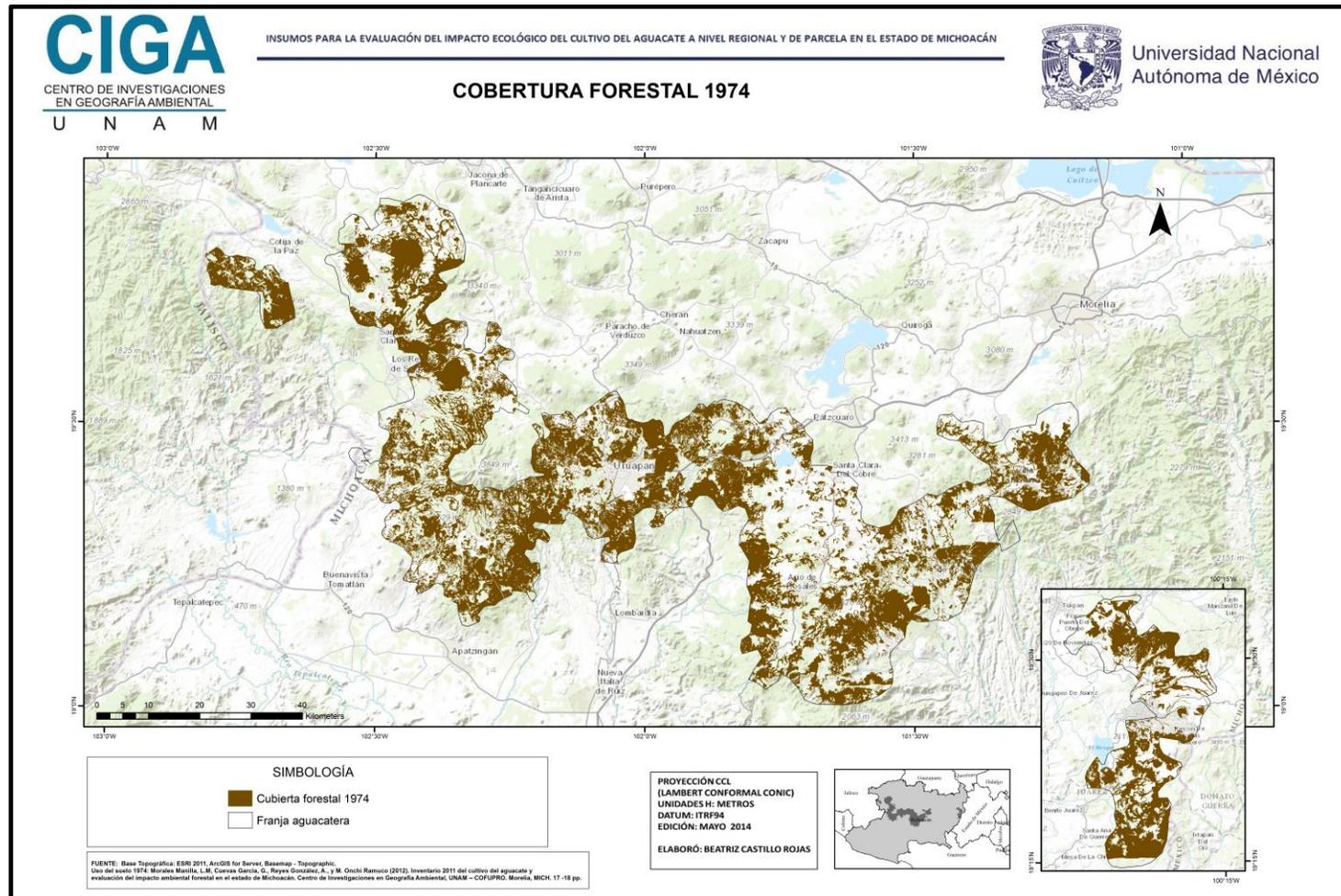


Figura 32. Mapa de Cobertura Forestal 1974

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 11 - 17 pp.

3.3.7 PÉRDIDA FORESTAL: CAMBIO DE USO DEL SUELO EN ZONAS FORESTALES

El presente mapa se elaboró sobreponiendo los polígonos del inventario 2011 del cultivo de aguacate, sobre los polígonos de uso de suelo de 1974, usando solo aquellos que correspondían al campo de zonas de cubierta forestal (bosques y selvas); dando como resultado una disminución del 33.8% de cobertura forestal de 1974 al 2011 (Tabla 7).

Es importante aclarar que solo se están usando las áreas de cobertura forestal que se sustituyeron por el cultivo del aguacate lo cual los datos arrojan una pérdida de 34 % de bosques comparado con la cobertura forestal de 1974 y el mapa actualizado de bosques del 2011 dónde la pérdida forestal es de un 66% ; la razón de estos dos datos es que en el primer resultado solo es la perdida de bosque por la expansión del cultivo de aguacate y el segundo caso es la pérdida forestal no solo por la expansión del aguacate, sino también, por la tala inmoderada, la tala clandestina, los incendios forestales, el crecimiento de localidades que van deforestando, la presencia de bancos de material , así como en algunos casos expansión de terreno para cultivos de temporal y otros cultivos, entre otros.

CUBIERTA FORESTAL FRANJA AGUACATERA	HECTÁREAS	PORCENTAJE
Cubierta Forestal para 1974	236, 822.64	100
Cubierta Forestal para 2011	156, 895.31	66.2
Perdida Forestal	79, 927.33	33.8

Tabla 7. Perdida forestal

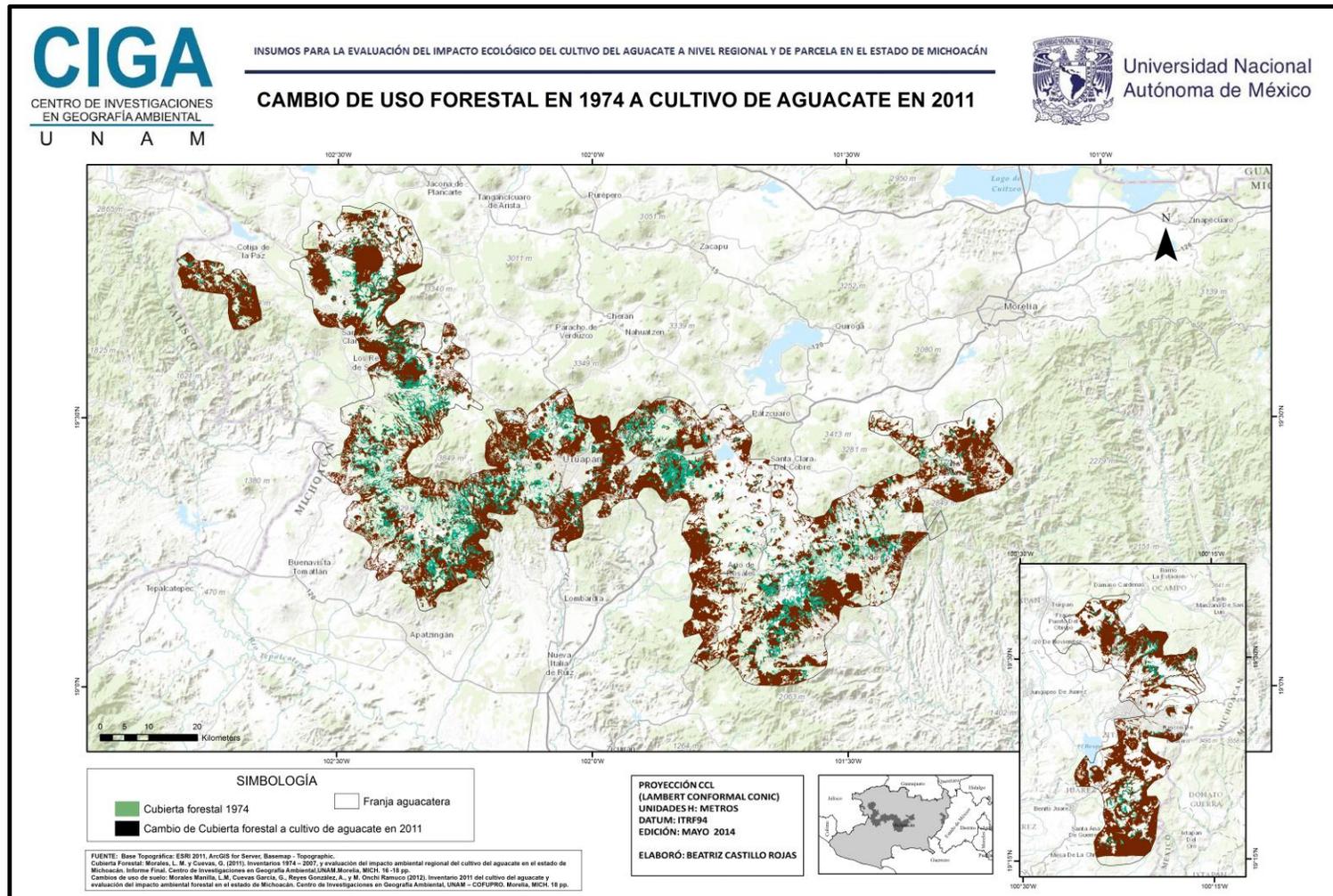


Figura 33. Sustitución de cobertura forestal por cultivos de aguacate de 1974 a 2011.

FUENTE: Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 17 pp.

4. RESULTADOS

Los resultados se dividen en tres partes la primera parte consiste en la interpretación de los datos físicos espaciales generados con los mapas del marco geográfico, la segunda parte son los resultados generados de la rectificación de insumos de 1974 y actualización de insumos para 2011 de la cobertura de caminos, asentamientos humanos y actualización de cobertura forestal del 2011 y la tercera parte de los resultados es el diseño y la generación de los mapas con datos del proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN para el Atlas del aguacate.

La información interpretada de los mapas del marco geográfico determinaron que debido a las características físicas de la zona en conjunto favorecen al desarrollo y crecimiento del cultivo, como el estrato geológico en el que se encuentra hace que los materiales volcánicos sueltos presentes dentro de la franja aguacatera sean propicios para el suelo; suelos de tipo andosol principalmente los cuales poseen características físicas adecuadas para la agricultura, en general estos suelos que predominan en la franja aguacatera son suelos que se encuentran en áreas donde se presentó actividad volcánica reciente, originándose a partir de cenizas volcánicas y junto con la materia orgánica hacen de estos suelos los mejores para el desarrollo de cultivos.

La hidrología junto con la geología señalan que la permeabilidad de los estratos rocosos beneficia a la presencia de manantiales que aportan escurrimientos para formar ríos y otros arroyos los cuales a su vez son indispensables para el riego y abastecimiento de agua de las ollas de agua que se encuentran dentro de las zonas de cultivo.

En cuanto a la geomorfología; aunque predomina en un 85% el relieve volcánico, esto no impide que los cultivos de aguacate se desarrollen sobre algunos *conos cineríticos*²³ tal es

²³ Los conos cineríticos son los más pequeños y tienen pendientes inclinadas formadas en gran medida por la acumulación de ceniza, escorias y rocas. Todos estos materiales son denominados piroclásticos ("rotos por el fuego") y han sido eruptados explosivamente

el caso de los municipios de Ario de Rosales, Tacámbaro; Salvador Escalante, entre otros. La presencia de valles aluviales con procesos de acumulación, llanuras lacustres o eólicas y sistemas de pie de monte que favorecen a los cultivos de aguacate ya que requieren de ciertas pendientes, sobre todo planos y pie de montes para el mejor desarrollo crecimiento de sus raíces y un mejor drenaje del suelo, lo cual en laderas pronunciadas de más de 10 grados no sería posible, situación que a diferencia de los cultivos de temporal, se pueden sembrar a pendientes pronunciadas (maíz, frijol, chile y papa) de los valles intermontanos y en algunas sierras.

Los resultados de la rectificación y actualización de los insumos de caminos, asentamientos humanos y cobertura forestal se observó la fuerte influencia de la infraestructura de caminos sobre el crecimiento de asentamientos humanos y la expansión de zonas de cultivo ya sea de temporal y/o de aguacate en relación con la conectividad espacial, favoreciendo el crecimiento económico de la Franja aguacatera.

La rectificación de los caminos existentes para 1974 determinó una infraestructura de caminos de 7553.49 km de longitud total y con la actualización de caminos del 2011 se registró una longitud de 7802.69 km en total de caminos, tal vez la diferencia no es muy notable, sin embargo, la conectividad en toda la franja aguacatera se ve favorecida, sobre todo en los flujos de comercialización y transporte del cultivo del aguacate.

La influencia de los asentamientos humanos y el crecimiento de los mismos juegan un papel muy importante en los procesos de deforestación y fragmentación de los *bosques*²⁴; la presencia de paisajes múltiples y fragmentados son en la mayoría de los

desde el conducto del volcán. Cuando el material cae al piso, generalmente se acumula para formar un cono simétrico y de pendientes inclinadas alrededor del conducto.

²⁴ Bosque y población en la península de Osa, Costa Rica. Luis Rasero – Bixby Tirso Maldonado, Ulloa y Roger Bonilla Carrión

casos debido a la transformación que ejerce la presencia de actividades humanas, como son los cultivos y los *asentamientos humanos*²⁵.

Las localidades más densamente pobladas de la **franja aguacatera**, como son: Uruapan, Tacámbaro, Ario de Rosales, Nuevo San Juan Parangaricutiro, Santa Clara del Cobre y Peribán de Ramos.

En la rectificación de localidades de 1974, se registraron 731 localidades con más de 1000 habitantes y 133 localidades con menos de 1000 habitantes, y en la actualización del 2011 se registran 253 localidades con más de 1000 habitantes y 1152 localidades con menos de 1000 habitantes.

Hubo en 37 años un incremento del 52 % en el crecimiento de asentamientos humanos con población de más de 1000 habitantes y un 63 % en el incrementos de poblaciones de menos de 1000 habitantes; el incremento de los asentamientos humanos no sólo significa una demanda de más recursos, también una expansión territorial que tiene como consecuencia el uso de zonas de cultivos como zonas de asentamiento debido al crecimiento de los asentamientos humanos en las periferias con lo que se presenta una expansión de cultivos de temporal y / o cultivos de aguacate sobre zonas forestales.

Con la digitalización de la cobertura forestal para el 2011 se pudo observar que si bien la introducción del cultivo del aguacate y su expansión se observa como la principal razón del cambio de uso de suelo en la Franja aguacatera, ésta conversión de bosque a cultivo de aguacate no es la única razón; no hay que olvidar otras razones, tales como; la expansión de cultivos de temporal, los incendios forestales, la tala clandestina y el crecimiento poblacional como elementos que también contribuyen con el impacto forestal que se presenta en la zona. La cobertura forestal que se encuentra dentro de la franja aguacatera, tiene como vegetación natural bosques de clima templado,

²⁵ Merina – Pérez, L & Segura – Walnholtz ,G. (2005) Forest and conservation policies and their impact on forest communities in Mexico. The community forest of Mexico manging for sustainable landscapes (ed. By D. B. Dray. L. Merino – Pérez and D. Barry pp.49-70. University of Texas Press, Austin, Texas.

principalmente mixtos de pino-encino, así como bosques de oyamel, de encino y en algunas pequeñas zonas Mesófilo de montaña, la cobertura forestal en 1974 contaba según los datos de uso de suelo de 1974 con 236, 822.64 hectáreas, que para el 2011 son 156 895.31 hectáreas consideradas como superficie forestal que van desde bosques cerrados, abiertos y algunos bosques de galería. Según estos datos se presenta una pérdida forestal 79, 927.33 hectáreas en el período de 1974 – 2011.

La deforestación que se presenta en la franja aguacatera, es una amenaza a la conservación de la biodiversidad de los bosques, como es el caso de la desaparición de siete especies de pinos *Pinus oocarpa*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. michoacana* Var. *Martínez*, *P. michoacana* Var. *cornuta*, *P. pseudostrobus* y *P. montezumae*.²⁶

Las consecuencias de la deforestación que se está presentando en la franja aguacatera podrían ser: destrucción del suelo debido a la erosión, pérdida de hábitat de la vida silvestre, pérdida de la biodiversidad, alteración del ciclo del agua.

La tercera parte de los resultados va enfocada a la parte del diseño de mapas para el Atlas del cultivo de aguacate; se retomaron datos vectoriales desarrollados en el trabajo del proyecto de “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN” y se diseñaron los mapas para el atlas, además de incluir los mapas elaborados para el presente informe.

Se hicieron 5 diseños de los cuales el definitivo se presenta en cada uno de los mapas del informe, en total son 24 mapas clasificados como mapas insumos, mapas del marco geográfico y mapas del proyecto.

De los mapas insumos se elaboraron cinco, de los cuales dos corresponden a los mapas ratificados que son el mapa de caminos de 1974 y el mapa de asentamientos humanos de

²⁶ Especie de pinos en desaparición en el estado de Michoacán en la zona de la franja aguacatera publicado en el artículo Aguacate: su impacto en la deforestación de México de la revista digital Veo verde.

1974 y de los mapas actualizados son tres que corresponden a el mapa de caminos 2011, el mapa de asentamientos humanos 2011 y el mapa de cobertura forestal del 2011.

Los mapas del marco geográfico son ocho mapas que muestran las características físicas de la franja aguacatera siendo los mapas de ubicación de la zona de estudio, geología, geomorfología, edafología, hidrología, clima, cobertura vegetal y uso del suelo.

Y por último once mapas del proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”, que corresponden a los mapas de uso de suelo de 1974, inventario del cultivo de aguacate 1974, inventario del cultivo de aguacate 1995, inventario del cultivo de aguacate 2005, inventario del cultivo de aguacate 2007, inventario del cultivo de aguacate 2011, el mapa de comparación de los inventarios 1974 – 2011, cambios de uso del suelo 1974 – 2011, áreas del conversión de cultivos de temporal de 1974 a cultivo de aguacate 2011, cobertura forestal 1974 y el mapa de pérdida forestal.

MAPAS DE ATLAS DEL CULTIVO DE AGUACATE
(FRANJA AGUACATERA)

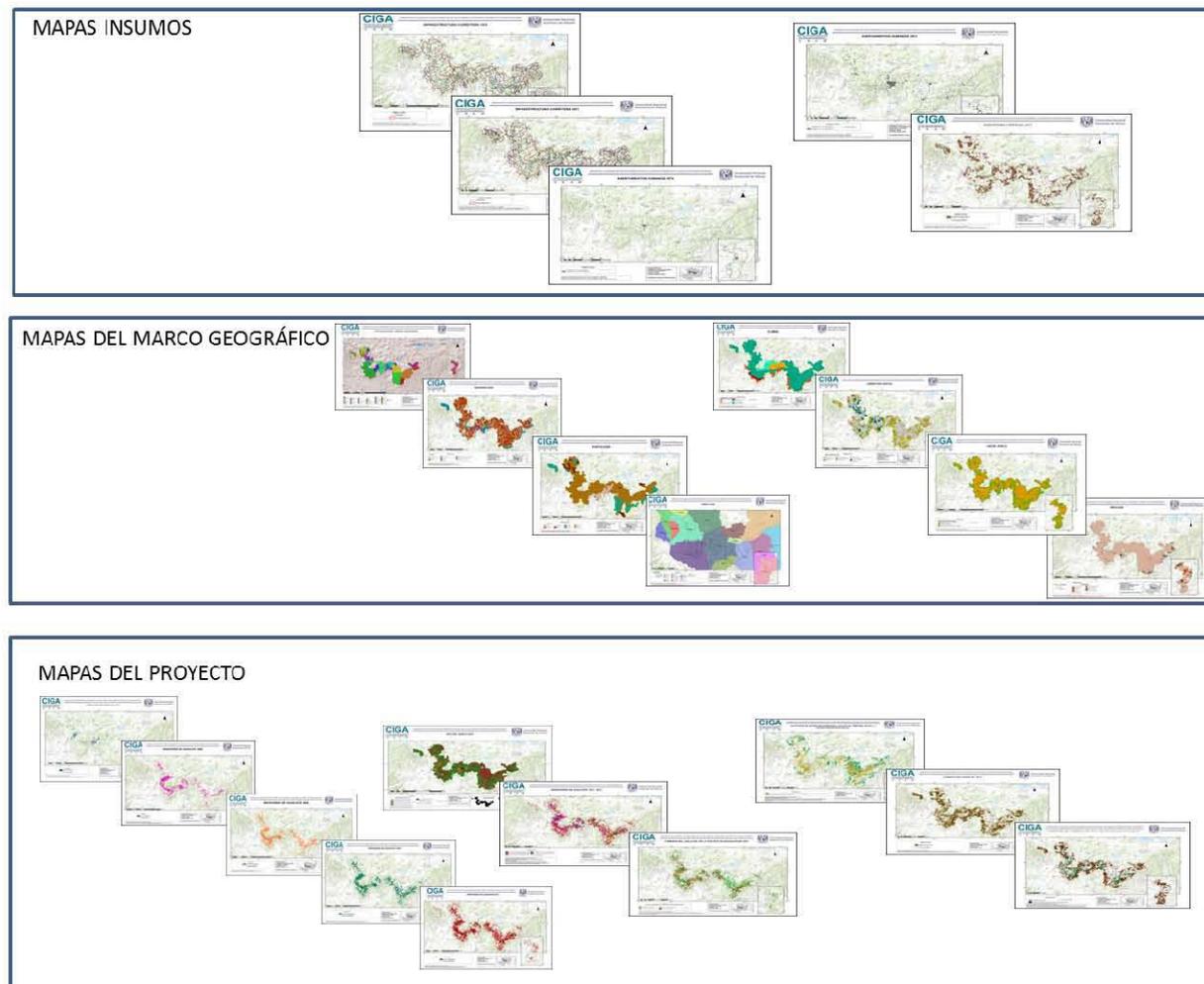


Figura 33. Mapas de Atlas del Cultivo de aguacate

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se alcanzó el objetivo general que se planteó en un inicio el cual fue generar los insumos digitales cartográficos de la franja aguacatera necesarios para la actualización del proyecto: “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”. Así como los particulares, como son: la actualización de la superficie forestal del 2011, además de, los insumos vectoriales de caminos (1974 y 2011) y asentamientos humanos (1974 y 2011) de la franja aguacatera con las imágenes WorldView 2; insumos que se usaran para evaluar el impacto forestal actual y futuro en la franja aguacatera en el Estado de Michoacán derivado de la expansión del cultivo del aguacate entre 1974 y 2011.

Dentro de la considerada franja aguacatera se presenta alteración en los ecosistemas naturales y el paisaje siendo el cambio de uso del suelo uno de los principales agentes de transformación. Amenazas, tales como, la expansión de los asentamientos humanos, la tala ilegal, el incremento del uso del fuego para el aclareo de tierras, invasión por plagas y aplicación de plaguicidas, en el caso de la franja aguacatera influyen en el *impacto ambiental de la zona*.²⁷

A consecuencia de la pérdida y fragmentación de la superficie forestal en la franja aguacatera, así como a la previsible expansión de este cultivo, se recomienda un monitoreo por parte de instituciones federales como CONAFOR de las superficies forestales restantes, a fin de que el avance no se haga hacia los pequeños parches forestales y así como la aplicación de programas de pago de servicios ambientales, a fin de mantenerlos en mejores condiciones; por otro lado invertir en investigación para posibles y futuras restauraciones de suelo, en zonas de cultivo de aguacate, debido a que la

²⁷ Merina – Pérez, L & Segura – Walnholtz ,G. (2005) Forest and conservation policies and their impact on forest communities in Mexico. The community forest of Mexico manging for sustainable landscapes (ed. By D.B. Dray.L. Merino – Pérez and D. Barry pp.49-70. University of Texas Press, Austin, Texas.

presión del cultivo sobre el suelo con fertilizantes y las pocas etapas de descanso, harán del suelo zonas de desertificación con altas probabilidades de ser susceptibles a la erosión, una vez que se tiene un reconocimiento de las superficies a restaurar y las razones de por qué el paisaje fue alterado se podrá plantear una restauración.

Es importante señalar, que las recomendaciones de política arriba mencionadas, tendrán mejores resultados si dichas acciones como la planeación para la conservación se llevan a cabo con la participación de los actores sociales involucrados. La gente que depende o influye en el uso de los recursos naturales en la región sujeta a planeación debe ser la parte del proceso para que se alcancen los resultados esperados. Se ha documentado que con frecuencia, *las políticas de conservación han fracasado porque no se consultó a la gente que tiene interés en las tierras o aguas que están sujetas a dichas políticas.*²⁸ Los costos sociales influyen en el impacto del plan de conservación en la gente, lo que puede estimarse crudamente en función del número de personas afectadas por el plan.

Por otro lado todos los mapas elaborados para el presente informe se publicarán en la página de internet del CIGA, por lo que servirán de consulta para los interesados en el tema.

²⁸ La planeación sistemática de la conservación, Christopher R. Margules y Sahatra Sarkar. 1ra edición, 2009, México D.F., Cambridge, planeta tierra, Instituto de Biología UNAM, CONANP/ CONABIO.

ÍNDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Datos de producción del aguacate a nivel mundial.
- FIGURA 2.** Municipios que conforman la Franja Aguacatera.
- FIGURA 3.** Inventario de aguacate 1974.
- FIGURA 4.** Inventario de aguacate 1995.
- FIGURA 5.** Inventario de aguacate 2005.
- FIGURA 6.** Inventario de aguacate 2007.
- FIGURA 7.** Inventario de aguacate 2011.
- FIGURA 8.** Modelo conceptual de evaluación del impacto forestal regional.
- FIGURA 9.** Diagrama de flujo de generación de datos vectoriales y mapas temáticos.
- FIGURA 10.** Mapa Zona de estudio.
- FIGURA 11.** Mapa geológico.
- FIGURA 12.** Mapa geomorfológico.
- FIGURA 13.** Mapa edafológico.
- FIGURA 14.** Mapa hidrológico.
- FIGURA 15.** Mapa de climático.
- FIGURA 16.** Mapa de cobertura vegetal.
- FIGURA 17.** Mapa de uso de suelo.
- FIGURA 18.** Mapa de caminos de 1974.
- FIGURA 19.** Digitalización de caminos 1974, sobre fotografía aérea.
- FIGURA 20.** Mapa de caminos de 2011.
- FIGURA 21.** Digitalización de caminos 2011, sobre imagen WorldView 2.
- FIGURA 22.** Mapa de localidades 1974.

FIGURA 23. Digitalización de localidades 1974 (puntos y polígonos), sobre fotografía aérea.

FIGURA 24. Mapa de localidades 2011.

FIGURA 25. Digitalización de localidades 2011 (puntos y polígonos), sobre imagen WorldView 2.

FIGURA 26. Mapa de Cobertura Forestal 2011.

FIGURA 27. Mapa de uso y cubierta del suelo 1974.

FIGURA 28. Mapa Inventario del cultivo del aguacate 2011.

FIGURA 29. Mapa Inventarios del cultivo del aguacate 1974 -2011.

FIGURA 30. Zonas de cambio de diversas clases de uso y cubierta del suelo en 1974, a cultivo de aguacate en 2011. (Mapa Cambios en el uso del suelo en 1974 a cultivos de aguacate en 2011).

FIGURA 31. Superficies de las zonas de cambio de uso de suelo (cultivo de temporal) 1974 a aguacate 2011.

FIGURA 32. Mapa de Cobertura Forestal 1974.

FIGURA 33. Pérdida forestal: Cambio de uso del suelo en zonas forestales.

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Resumen de las Etapas, Materiales y Métodos del proyecto “EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO DEL CULTIVO DE AGUACATE A NIVEL REGIONAL Y DE PARCELA EN EL ESTADO DE MICHOACÁN”.

TABLA 2. Superficies de uso y cubierta del suelo en el año 1974.

TABLA 3. Superficie cultivada con aguacate en 1974 y 2011.

TABLA 4. Áreas de cultivo de aguacate en diferentes años.

TABLA 5. Superficies de uso del suelo en 1974 convertidas a superficie de aguacate en 2011.

TABLA 6. Superficie con Cobertura Forestal en 1974 y 2011.

TABLA 7. Perdida forestal.

BIBLIOGRAFÍA

CARABIAS, JULIA; MEAVE, JORGE A; VALVERDE, TERESA; CANO – SANTANA, ZENÒN. (2009) Ecología del medio ambiente en el siglo XXI. PEARSON EDUCACIÓN, México, pp. 162- 164.

GUILLÉN-ANDRADE, H., LARA-CHÁVEZ, B. N., GUTIÉRREZ-CONTRERAS, M., ORTÍZ-CATÓN, M., & ÁNGEL-PALOMARES, M. E. (2007). Cartografía Agroecológica del Cultivo del Aguacate en Michoacán. Morevallado Editores de Morelia, Michoacán, México.

SALAZAR-GARCÍA, S., ZAMORA-CUEVAS, L., & VEGA-LÓPEZ, R. J. (2005). Actualización sobre la industria del aguacate en Michoacán, México. Calif. Avoc. Soc. Yrbk, 87, 45-54. BUZAI, G.D. (2010). Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. (Capítulo 7). Buzai, G.D. (Ed.) Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. pp. 163-195.

BRAVO ESPINOZA, M. (2009). Impactos ambientales y socioeconómico del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán/. Publicación especial.

CHÁVEZ - LEON, G., TAPIA - VARGAS, L.M., BRAVO - ESPINOZA, M., SAÉNZ – REYES, J.T., MUÑOZ - FLORES, H.J., VIDALES- FERNÁNDEZ, I., LARIOS – GUZMÁN, A., RENTERÍA - ANIMA, J. B., VILLASEÑOR – RAMÍREZ, F.J., SÁNCHEZ – PÉREZ, J., ALCANTAR – ROCILLO, J.J., MENDOZA CANTÚ, M. (2012). Impacto del Cambio de uso de suelo forestal a huertos de aguacate. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro, Campo experimental Uruapan, INIFAP – SAGARPA, Uruapan, MICH. 116 pp.

RZEDOWSKI, J. (1981). The vegetation of Mexico. Editorial Limusa.

ARREDONDO, C., GARCÍA, R.A. (2009). Uso del suelo y transformación del paisaje rural en el centro de México: el caso de la cuenca del río Tuxpan, Michoacán. Unidad académica de estudios regionales, Jiquilpan e Instituto de Geografía. Temas de Geografía Latinoamericana. pp.293 - 316.

GUERSCHMAN, J.P, PARUELO, J.M. (2005). Expansión Agrícola y Cambios en el Uso del Suelo. Revista Ciencia Hoy en Línea, Volumen 15 - Nº 87, Junio-Julio 2005
<http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy87/expansion.htm>

LAMBIN, E.F. (1997). Modelling and monitoring land – cover – change processes in tropical regions. Progress in Physical Geography 21(3), pp. 375 -393.

SMITH, J. (2003). Land cover assessment of conservation and buffer zones in the Bosawas Natural Resource Reserve of Nicaragua. Environmental Management 31 (2), pp.252-262. ROMO GUZMÁN, D. (2010). Organización territorial y reconversión forestal experiencia de la asociación de agroproductores forestales de Zacualpan, Veracruz, México.

MORALES MANILLA, L. M. (2008). Using spatial relationships to estimate the availability of farmland according to local practice: the AGRILocal model. 2008.

MORALES, L.M., 2010 (pendiente publicación)

MORALES, L.M., REYES GONZÁLEZ, A., CUEVAS GARCÍA, G. Y M. ONCHI RAMUCO (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 108 pp.

CONESA, V.; FERNANDEZ, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 4ta edición. Grupo Mundi prensa, libros, s.a., Madrid, 2010.

ZIMMERMANN, R. (1992) Dirección de Recursos Forestales, Departamento de Montes de la FAO, ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Roma.

Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 138 pp.

Morales Manilla, L.M, Reyes González, A., Cuevas García, G. y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 108 pp.

Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Ejecutivo. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 8 pp.

NÁJERA, M., MOHAR, A. y QUIROZ, G. (2010). Modelo de análisis tendencial sobre la pérdida de cubierta forestal en el suelo de conservación del distrito federal. Centro Geo y PAOT (Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del D.F.). EOT-15-2010, México, D.F. 223 pp.

BUSTAMANTE, R.O., SIMONETTI, J.A., GREZ, A. A. Y SAN MARTÍN, J. (2004) Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino: diagnóstico actual y perspectivas futuras. carp43.indd pp. 530.

RAMÍREZ, L.G. (2009). Evaluación de Tierras para el cultivo del aguacate de acuerdo con el conocimiento local del paisaje en la región del Pico de Tancitaro, Michoacán. Tesis de Maestría en Geografía (Orientación Manejo Integrado del Paisaje), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. 145 pp.

INEGI (1990). Guías para la Interpretación de Cartografía. Edafología. Segunda reimpresión. Aguascalientes, Ags., 45 pp.

García, E. (1989). Apuntes de climatología. Offset Larios. México, DF.

FAO, 1992. Manual sobre utilización de cultivos andinos subexplotados en la alimentación. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. http://www.fao.org/index_en.htm, 1992.

FAO, 1976. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible. Evaluación de los recursos de la tierra y la función de sus indicadores. <http://www.fao.org/docrep/004/W4745S/w4745s03.htm>

MORENO, J; GALÁN, L y GRUESO, J. (2004). Evaluación de Impacto Ambiental de las actividades forestales. Conservación de la Naturaleza. Revista FORESTA, no27, 3er trimestre 2004. pp, 100-106.

FAO-UNESCO. (1970). Clave de unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Proyecto FAO-UNESCO. Secretaría de Recursos hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México, D. F.

BRAVO ESPINOZA, M. (2009). Producción de agua. En: Bravo Espinoza, M., Sánchez Pérez, J. L., Vidales Fernández, J. A., Sáenz Reyes, J. T., Chávez León, J. G., Madrigal Huendo, S., Muñoz Flores, H. J., Tapia Vargas, L. M., Orozco Gutiérrez, G. O., Alcántar Rocillo, J.J., Vidales Fernández, I., y E.

BUZAI, G.D. 1999. Geografía Global. Lugar Editorial. Buenos Aires. [2da.ed. 2004]

VENEGAS GONZÁLEZ (2009). Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate en Michoacán. INIFAP, Publicación Especial No. 2, 2009.

HERNÁNDEZ, C. (2010). En aumento, la extensión de huertas de aguacate en Michoacán: INIFAP. La Jornada Michoacán, jueves 12 de agosto de 2010.

Toledo Bustos, R., Alcántar Rocillo, J. J., Contreras, J. A., y G. Chávez León (2009). Expansión del cultivo del Aguacate y Deforestación en Michoacán. Boletín el Aguacatero No. 58, Septiembre – Octubre 2009.

Milenio (2008). Michoacán: la fiebre del “oro verde”. Domingo 14 de diciembre de 2008.

Cortés, E. S. (2007). Bosques del estado, ecocidio y depredación. Revista Contralínea, Julio 2007 / Año 2, No. 19

AMORGUETI FERRO, I. (2001).El cultivo del Aguacate, Modulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural prohacienda. Ibague, 2001. Pp.18.

ZUCCHINI. (2003) Guía para preparar evaluaciones de impacto ambiental de proyectos forestales. SAGPyA. (2003-2007). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Área de Medio Ambiente contacto: Hugo Zucchini hzucchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

(Morales, L. M. y Cuevas, G. (2011). Inventarios 1974 – 2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán. Informe Final. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. Morelia, MICH. 44 -49 pp.

Morales Manilla, L.M, Cuevas García, G., Reyes González, A., y M. Onchi Ramuco (2012). Inventario 2011 del cultivo del aguacate y evaluación del impacto ambiental forestal en el estado de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM – COFUPRO. Morelia, MICH. 15 pp)

Dove, M. R. (1983). Forest preference in swidden agriculture. *Tropical Ecology*: 24(1): 122 - 142.

Warner, K. (1981). Swidden strategies for stability in a fluctuating environment: The Tagbanwa of Palawan, In Olafson, H. (eds.) *Adaptive Strategies and Change in Philippine Swiden-based societies*. Laguna, Filipinas: Forest Research Institute. pp. 13 - 28.

Richards, P. W. (1952). *The Tropical Rain Forest*. Cambridge: the Cambridge University Press.

Jordan, C. F.(1982). Amazon Rain Forests. *American Scientist* 70: 394 - 401.

Poulsen, G. (1978). Man and tree in tropical Africa: three essays on the role of trees in the African environment. Ottawa, Ont.: IMDC.

Conklin, H. C. (1957). *Hanunoo Agriculture: a report on an integral system of shifting cultivation in the Philippines*. Roma: FAO (Forestry Development Paper No. 12).

Nietschmann, B. (1973). *Between Land and Water*. New York and Londres: Seminar Press.

Rambo, A. T. (1983). Why shifting cultivators keep shifting: understanding farmer decision-making in traditional agroforestry systems. Paper prepared for the Joint East-West Environment and Policy Institute/United Nations Food and Agriculture Organization Regional Workshop on Community Forestry. Nakorn Rachasima. Tailandia, Agosto 22 -29,1983.

Beckerman, S. (1984). A note on ringed fields. *Human Ecology* 12: 203 - 206.

Carlos E. Pacheco A., Alex G. Barrios R., Juan L. López H. (2007). Comparación de métodos para el ingreso de información espacial a los sistemas de información geográfica. pp 57 -74. *Rev. For. Lat* N° 41/2007.

Moreno, A. (2006). *Sistemas y análisis de la información geográfica. Manual de autoaprendizaje con ArcGIS*. Madrid, Ed. Ra-Ma.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

GUERSCHMAN, J.P, PARUELO, J.M. (2005). Expansión Agrícola y Cambios en el Uso del Suelo. Revista Ciencia Hoy en Línea, Volumen 15 - Nº 87, Junio-Julio 2005
<http://www.cienhoy.org.ar/ln/hoy87/expansion.htm>

GRN (2010) www.grn.cl Gestión en Recursos Naturales Impacto Ambiental, 2010.

<http://cdam.minam.gob.pe/publielectro/impacto%20ambiental/Guiaimpactoambiental.pdf>

<http://www.fao.org/docrep/x7273s/x7273s05.htm>

<http://www.dominicanaonline.org/diccionariomedioambiente/es/definicionVer.asp?id=187>.
Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente.

APROAM (2005) Características de la región Aguacatera de Michoacán. <http://www.aproam.com>

ZUCCHINI. (2003) Guía para preparar evaluaciones de impacto ambiental de proyectos forestales. SAGPyA.(2003-2007). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Área de Medio Ambiente contacto: Hugo Zucchini hzucchi@sagpya.minproduccion.gov.ar

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_informacióngeográfica

Plan Ceibal Licencia de Creative Commons Reconocimiento- No comercial- Compartir bajo misma licencia

http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/cs_sociales/forestal/bosque_nativo.html

siga.cna.gob.mx/.../Percepcion/Fundamentos%20de%20teledetección%20... 21/7/2000 -
PERCEPCION REMOTA. "Fundamentos de. Teledetección. Espacial". Recopiló: Ing. Julio Martínez Muñoz. Revisó: Geog. Alejandro Díaz.

<http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

INFOSAT <http://infosatgeomatica.com/wordpress/worldview-2/>

CINU <http://www.cinu.org.mx/cinu/bienvenida.htm>CINU

http://www.cinu.org.mx/temas/des_sost/desert.htm

<http://es.wikipedia.org/wiki/Reforestaci%C3%B3n>. Varios autores. "Reforestación participativa", Guías prácticas voluntariado medioambiental, Ed. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Dep. Legal SE-5718-05, ISBN 84-96329-71-2.

http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-2007/nat_amb/na1.php

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/resumen_2009/02_ecosistemas/cap2_2.html

ANEXOS

IMÁGENES WORLDVIEW 2 USADAS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE INSUMOS

ZONA 13		ZONA14		
12	283	395	485	786
13	284	396	486	788
14	285	397	487	789
15	286	398	511	815
17	310	421	512	816
18	311	422	513	817
20	312	423	514	818
21	313	424	515	819
47	314	425	516	846
48	315	426	517	847
50	316	427	518	848
77	317	428	543	
78	320	451	544	
80	340	452	545	
108	341	453	546	
110	342	454	547	
251	343	455	548	
252	344	456	575	
253	345	457	576	
254	346	458	577	
255	347	481	578	
280	348	482	606	
281	350	483	607	
282	351	484	608	

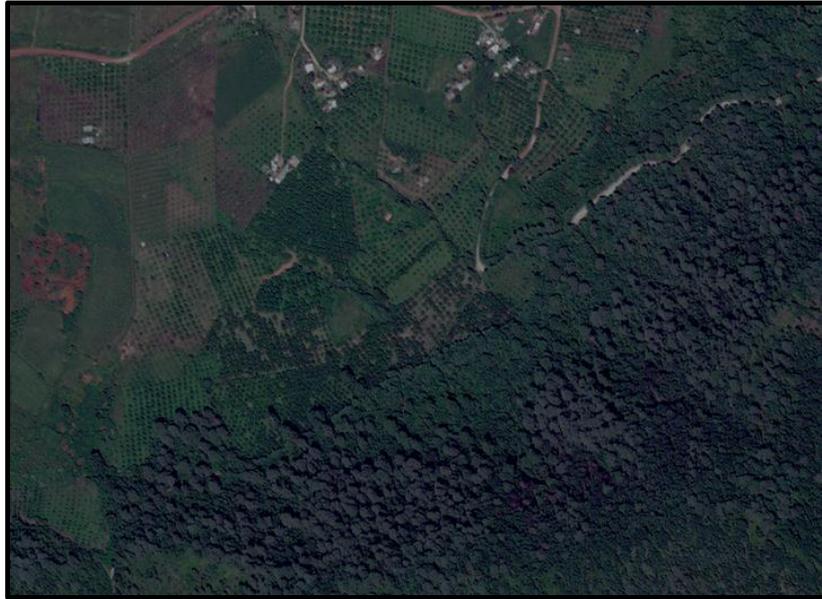
CORTES DE IMÁGENES WORLDVIEW 2



Remanentes de bosque dentro de las barrancas, trazos de parcelas con cultivos de aguacate.
Zitácuaro, Michoacán.



Cambio de uso de suelo de Bosque a cultivos de aguacate.
Zitácuaro, Michoacán.



**Aguacate sobre bosque.
Tuxpan, Michoacán.**



**Aguacate sobre cultivos de temporal.
Morelia, Michoacán.**



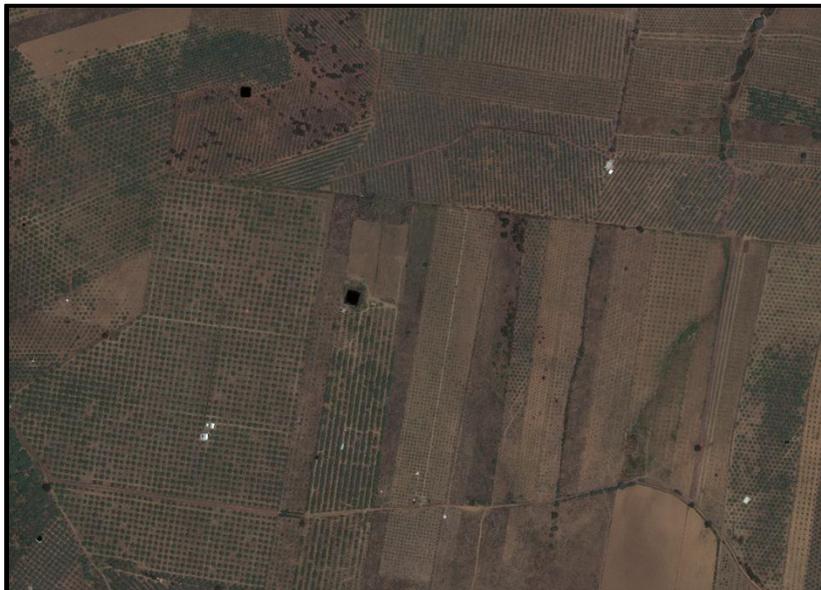
**Bosque; cultivos de temporal y asentamientos humanos.
Tacámbaro, Michoacán.**



**Aguacate sobre bosque.
Tacámbaro, Michoacán.**



**Bosque abierto, bancos de material e introducción de cultivos de aguacate.
Tacámbaro, Michoacán.**



**Cultivos de aguacate.
Ario de Rosales, Michoacán.**



**Diferentes etapas de crecimiento del aguacate.
Salvador Escalante, Michoacán.**



**Aguacate en desarrollo.
Ario de Rosales, Michoacán.**



**Cultivos de temporal y cultivos de aguacate.
Ario de Rosales, Michoacán.**



**Cono cinerítico con cultivos de temporal y de aguacate.
Ario de Rosales, Michoacán.**