



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

POSGRADO EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

**Análisis comparativo de los patrones
espaciales de la deforestación en una zona
tropical y una templada de Michoacán**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL**

PRESENTA:

ALEJANDRO REYES GONZÁLEZ

TUTOR:

**LUIS MIGUEL MORALES MANILLA
CIGA-UNAM**

MÉXICO, D.F. .DICIEMBRE 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.

O espaço geográfico nada mais é do que suporte de um sistema de relações derivadas de la dinámica del medio físico y de las acciones de la sociedad que la utilizan em conformidade com su grado de desarrollo económico e social. Y en síntesis, o tecido refleja a espesura histórica de uma civilização

Dolfuss, 1970

AGRADECIMIENTOS

Agradezco invaluablemente a mis padres y hermana, a toda mi familia, especialmente mis abuelos. Debido a que sería una lista interminable de agradecimientos les dedico y agradezco esta etapa a todas las personas que han sido y son de gran importancia para mí.

Agradezco a mi tutor y el comité revisor de este trabajo: Luis Miguel Morales Manilla, Adrián Ghilardi, Isabel Ramírez Ramírez, Gabriela Cuevas García y Alberto Gómez-Tagle Chávez.

Agradezco al coordinador del posgrado en Geografía Morelia, Manuel Bollo Manent y a la asistente de Docencia Ruth Mora por el apoyo administrativo.

Agradezco al Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y la UNAM por la formación durante este proceso.

Agradezco al CONACYT por el apoyo de beca otorgado para la realización de este posgrado, así como para la estancia académica en la UNICAMP de Sao Paulo Brasilen conjunto con la SEP.

RESUMEN

Español

Los bosques son fuentes de diversos procesos que proveen bienes y servicios ambientales, los cuales ante su remoción se desencadenan numerosos consecuencias ambientalmente negativas. En amplias regiones del occidente mexicano donde las tasas de deforestación son particularmente graves, es fundamental entender las variables espaciales del desarrollo de este fenómeno, con el fin de conocer el potencial de pérdida forestal y la posible estrategia de manejo adecuado, restauración o en su caso conservación forestal. En el presente estudio se analizó cinco relaciones espaciales que típicamente se postulan como parámetros en la deforestación. Esto fue realizado en dos zonas del estado de Michoacán ambientalmente contrastantes, bosque templado y bosque tropical, las cuales se compararon metodológicamente con el modelo espacial DEFORELATIONS. Además, se obtuvo el potencial de deforestación en las áreas boscosas aún existentes y complementándose con entrevistas a pobladores de la zona para entender y tratar de explicar las relaciones espaciales analizadas. Se encontró que en la zona de bosque templado solo una relación espacial es parámetro o factor en la deforestación y que el potencial de deforestación es muy alto. Consideramos que esto es resultado de las acciones locales, que en este caso, por la demanda de la expansión del cultivo de aguacate se tiene una dinámica muy particular en el proceso de remoción forestal. En la zona de bosque tropical se encontró igualmente solo una relación espacial como patrón en la deforestación. Dicha relación es la proximidad a caminos, donde hay conversiones de bosque tropical a áreas agrícolas de temporal y de pastoreo. Aunque la percepción local muestra que las áreas boscosas aumentarán por el abandono de las actividades agrícolas y ganaderas, dando un potencial de deforestación moderado-alto. Concluimos que los parámetros que *a priori* se asocian a la deforestación pueden ser diferenciados para cada región y especialmente dependientes de las dinámicas locales, por lo que es fundamental probar su

relevancia local explicada por la percepción y conocimiento de los actores locales, como en este estudio se realizó.

Ingles

It is frequent to assume that spatial relations such as proximity of forests to roads or coincidence of forests with certain terrain slopes, among others, act as factors of deforestation without too much regard for the local geographical conditions where forests exist. In this work we show that such assumptions might be unrealistic even in areas that are not too distant geographically. Here we present the analysis of five spatial relations commonly reported in the literature as factors of deforestation, using the model DEFORELATIONS on two areas of forest, a temperate and a dry forest areas, in Southern Mexico, with the ultimate goal of predicting forest loss. We found that in the temperate forest area only one of these relations can be considered as a relevant parameter to predict forest loss, whereas in the dry forest area at least one of the relations can be used as predicting parameters in the model, the proximity to roads. Differences arise not only with respect to the type of relations but also regarding the form of the functions used to model each relation. The differences are related to the main drivers of forest loss that can be found in both areas: forest replacement by avocado plantations in the temperate forest area, and forest loss due to conversion of dry forest into grazing land in the other case. We conclude that whenever we desire to predict forest loss we must carefully select the spatial factors that will act as parameters in the predicting model, or else, we test their local relevance instead of assuming that they are *a priori* relevant, as we have done here.

CONTENIDO

CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO Y JUSTIFICACIÓN	5
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 Objetivo General	7
1.3.2 Objetivos Particulares.....	7
1.4 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL	8
1.4.1 Enfoque teórico-geográfico del abordaje de estudio	8
1.4.2 Deforestación y cambio de uso de suelo	10
1.4.3 Análisis espacial y modelado ambiental.	12
CAPÍTULO II	14
CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	14
2.1 Zona de estudio templada	15
2.1.1 Características biofísicas generales zona templada	16
2.1.2 Características demográficas y actividades socioeconómicas zona templada	18
2.2 Zona de estudio tropical	19
2.2.1 Caracterización biofísica general zona tropical.....	21
2.2.2 Características demográficas y actividades socioeconómicas zona tropical	21
CAPÍTULO III	23
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
3.1 Materiales e insumos cartográficos.....	24
3.1.1 Zona templada.....	25
3.1.2 Zona tropical.....	27
3.2 CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO DEFORELATIONS	29
3.2.1 Determinación de relaciones espaciales relevantes	30
3.2.2 Estimación de la forma	36
3.2.3 Estimación del grado de influencia	37
3.2.4 Uso del modelo en modo sintético.....	38
3.2.5 Uso del modelo en modo paramétrico	38

3.2.6 Análisis comparativo	39
3.3 ANÁLISIS CUALITATIVO PARA CADA ZONA DE ESTUDIO	40
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS	42
4.1 ZONA TEMPLADA	43
4.1.1 Cambios en la cubierta	43
4.1.2 Relevancia	46
4.1.3 Análisis de la forma	62
4.1.4 Determinación de la influencia	63
4.1.5 Análisis de percepciones locales en la zona templada	65
4.2 ZONA TROPICAL.....	72
4.2.1 Cambios en la cubierta	72
4.2.2 Análisis de relevancia	75
4.2.3 Análisis de forma	91
4.2.4 Determinación de la influencia.....	92
4.2.5 Análisis de percepciones en la zona tropical	94
4.3 COMPARACIÓN ENTRE ZONAS	102
CAPÍTULO V	105
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	105
5.1 ZONA TEMPLADA	106
5.1.1 Cambios en las cubiertas forestales	106
5.1.2 Relevancia de las relaciones	107
5.1.3 Forma de las relaciones	112
5.1.4 Resultados del Modelo	112
5.1.5 Percepciones locales en zona templada	113
5.2 ZONA TROPICAL.....	115
5.2.1 Cambios en las cubiertas forestales	115
5.2.2 Relevancia de las relaciones	116
5.2.3 Forma de las relaciones	120
5.2.4 Resultados del modelo	120
5.2.5 Percepciones locales en zona tropical	120
5.3 COMPARACIÓN ZONAS DE ESTUDIO	123

5.4 CONCLUSIONES	125
LITERATURA CITADA.....	127
ANEXOS	131
Anexo I	132

Índice de tablas

Tabla 1.- Población de las áreas municipales correspondientes a la zona de estudio
Tabla 2.- Insumos cartográficos para zona templada
Tabla 3.- Datos cartográficos
Tabla 4.- Clases de cubiertas de suelo para ambas fechas.
Tabla 5.- Insumos cartográficos para zona tropical
Tabla 6.- Datos cartográficos zona tropical
Tabla 7.- Clases de cubiertas de suelo para ambas fechas.
Tabla 8.- Niveles de significancia para determinar la relevancia
Tabla 9.- Extensión en hectáreas de las diferentes categorías de cubierta para la zona templada
Tabla 10.- Relaciones analizadas zona templada
Tabla 11.- Extensión en hectáreas de las diferentes categorías de cubierta para la zona tropical
Tabla 12.- Relaciones analizadas zona tropical
Tabla 13.- Ecuaciones empleadas y clave de ecuaciones
Tabla 14.- Comparación en la extensión de cambio forestal para cada zona durante las fechas analizadas.
Tabla 15.- Comparación de relaciones relevantes en zonas de estudio

Índice de gráficos

Grafico 1.- Esquema estructural del modelo DEFORELATIONS
--

Gráfico 2.- Representación de la prueba de forma

Gráfico 3.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente a zonas de cambio forestal

Gráfico 4.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente en zonas de cambio forestal

Gráfico 5.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud a zonas de cambio forestal

Gráfico 6.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud en zonas de cambio forestal

Gráfico 7.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal

Gráfico 8.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal

Gráfico 9.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal

Gráfico 10.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal

Gráfico 11.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal

Gráfico 12.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal

Gráfico 13.- Función de probabilidad en la zona templada para el parámetro Altitud

Gráfico 14.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente a zonas de cambio forestal

Gráfico 15.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente en zonas de cambio forestal

Gráfico 16.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud a zonas de cambio forestal

Gráfico 17 de Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud en zonas de cambio forestal

Gráfico 18.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal

Gráfico 19.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal

Gráfico 20.-Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal

Gráfico 21.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal

Gráfico 22.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad áreas agrícolas a zonas de cambio forestal

Gráfico 23.-Función de probabilidad en la zona tropical para el parámetro proximidad a caminos

Gráfico 24.- Zonas de cultivos anuales (agricultura de temporal) y las zonas de cultivo permanente (aguacate)

Gráfico 25.- Imagen de una misma zona donde se observa el cambio de cubierta de Zonas de cultivos anuales a Zonas de cultivos permanentes

Gráfico 26.- Cambios en las cubiertas de la zona del cerro “La Barra” (2642 msnm) en el municipio de Ario

Índice de mapas

Mapa 1. Localización de la zona de estudio en bosque templado

Mapa 2. Localización de la zona de estudio en tropical

- Mapa 3.- Cubiertas de suelo en zona templada fecha inicial 1974
- Mapa 4.- Cubiertas de suelo en zona templada fecha final 2011
- Mapa 5.- Pérdida forestal zona templada periodo 1974-2011
- Mapa 6. Coincidencia de Altitud en las áreas deforestada de la zona templada
- Mapa 7.-Probabilidad de deforestación por el parámetro de coincidencia de bosques con la altitud en la zona templada para los bosques de 2011
- Mapa 8.-Cubiertas de suelo zona tropical fecha inicial 1995
- Mapa 9.- Cubiertas de suelo en zona tropical fecha final 2010
- Mapa 10.- Cambio forestal zona tropical periodo 1995-2010
- Mapa 11. Proximidad de caminos de la zona tropical
- Mapa 12.- Probabilidad de deforestación por el parámetro de proximidad de caminos a las áreas forestales de la zona tropical

Índice de imágenes

- Imagen 1.- Cultivo de aguacate municipio de Ario, Michoacán
- Imagen 2.- Cultivo de aguacate sistema de camellones Tecario, Tacámbaro, Michoacán
- Imagen 3.- “Callejones” dentro de huertas de aguacate
- Imagen 4.- “Tumba” recién realizada para cultivos de temporal, El Sauz, Nocupétaro, Michoacán
- Imagen 5.- Áreas de manejo agrícola y ganadero, Nocupétaro de Morelos, Michoacán
- Imagen 6.- “Desmontes” en áreas con pendiente pronunciada. La Ceiba Prieta, Nocupétaro, Michoacán
- Imagen 7.- Zonas agrícolas y de vegetación secundaria, Nocupétaro, Michoacán

Imagen 8.- Huertos de aguacate en pendientes pronunciadas, Las Escobillas, Ario, Michoacán

Imagen 9.- Paisaje con áreas de pastizales y la selva baja caducifolia en época de estiaje. El Zapotito, Nocupétaro, Michoacán.

Imagen 10.- Sitios manejados. Las Palmas, Nocupétaro, Michoacán.

Anexos

Anexo 1.- Carta permiso autoridades civiles y militares

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

PROBLEMA DE ESTUDIO Y JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Los bosques y las selvas proveen bienes y servicios ambientales tales como biodiversidad, reservas genéticas, infiltración de agua, captura de carbono, entre otros. La pérdida de bosques y selva conlleva a diversos problemas ambientales como degradación de suelos, alteración en ciclos biogeoquímicos e hidrológicos y deterioro de material natural con valor económico y social.

Para un país megadiverso como México que posee un invaluable valor forestal es de gran importancia conocer las dinámicas que afectan a las masas forestales del país, especialmente la deforestación.

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) del 2009, en México el 71.2% de su superficie estaba cubierta por vegetación natural, de la cual dominan los matorrales xerófilos, los bosques templados y las selvas. Sin embargo, gran parte de estas áreas vegetales se encuentra bajo algún grado de perturbación en diversa escala e intensidad (Bocco *et al.*, 2001).

Así mismo, la *Carta de Uso de suelo y Vegetación* del (INEGI, serie IV), reporta que hasta el año 2009 el tipo de vegetación más afectado fue la selva registrando una pérdida del 42% de su cubierta total; seguida el bosques mesófilo de montaña con una afectación de 40% y el bosques templado con 27%. Existen varias causas, como los regímenes alterados de incendios ó las plagas y enfermedades forestales; siendo la deforestación el factor antrópico de mayor relevancia.

El fenómeno de la deforestación se desarrolla en diversas escalas e intensidades, siendo un problema de gran complejidad, en el cual procesos económicos y sociales son factores fundamentales de éste, y donde las variables espaciales son fundamentales en el desarrollo de esta problemática (Lambin et al., 1999).

Ante la problemática del cambio de cubierta y uso de suelo se han realizado varios estudios que buscan comprender ciertos patrones geográficos enfocados a la deforestación que se presenta en el estado de Michoacán, para lo cual, se han aplicado modelos espaciales basados en relaciones estadísticas con herramientas de Percepción Remota, haciendo valoración de cobertura vegetal y tratando de predecir o conocer el potencial de deforestación a nivel regional (Bocco et al 2001; Mas *et al*, 1996; 2004; y Velázquez *et al.*, 2002). Algunos de estos trabajos correspondientes al estado de Michoacán registran que hasta el año 2000 se habían perdido 513,644 ha de bosques templados y 308,292 ha de selvas, lo que corresponde a una tasa de deforestación anual de 1.8% y 1% respectivamente, siendo el doble de la estimada a nivel nacional para esa fecha (Bocco *et al.*, 2001). Este último estudio menciona datos de pérdida forestal realmente críticos para el estado de Michoacán, pues para finales de la década de 1990 el cambio en la cubierta forestal y uso de suelo se desarrolló en las áreas escarpadas, colinas lomeríos y sierras, ya que hasta los años de la década de 1950 ya se había deforestado en las áreas planas y en pie de monte. Estas zonas de mayor pendiente o con poca aptitud para actividades agropecuarias implican graves riesgos ambientales, y deberían estar orientadas hacia programas de conservación y manejo forestal adecuado, o a la restauración ecológica.

A pesar de que existen algunos estudios, aún son necesarios a escala local y regional los trabajos con modelos espaciales que permitan la predicción en la ocurrencia o desarrollo de la deforestación, evaluando así mismo el proceso metodológico que permitirá identificar los patrones espaciales que actúan en el territorio de manera tendencial y cómo se desarrollarían estos procesos en tiempo futuros.

1.2 PROBLEMA DE ESTUDIO Y JUSTIFICACIÓN

En el estado de Michoacán desde hace décadas se registra un fuerte proceso de deforestación y degradación vegetal. Específicamente para los bosques templados existe una fuerte presión de cambio de uso de suelo por la expansión de actividades agrofrutícolas y la tala ilegal (Ramírez-Sánchez, 2009; Morales y Cuevas, 2011; Morales-Manilla, 2012). En cambio para las áreas de selva, la ganadería ha influido en el cambio de cubierta vegetal nativa a pastizales principalmente (Cuevas, 2008). Estas problemáticas causan el mismo fenómeno de deforestación, pero con diferencias específicas dadas las condiciones ambientales particulares de cada zona. Por lo cual, es de gran importancia estudiar la magnitud, dinámica y causalidad de relaciones y patrones territoriales de la deforestación y el cambio de la cubierta del suelo; donde la puesta en práctica de modelos espaciales sea una herramienta útil para el fenómeno mencionado. Sin embargo, es necesario tener claras las ventajas y limitaciones metodológicas, así como identificar los potenciales y vacíos de información en el uso de este tipo de modelos. Esto permitirá obtener productos adecuados para la evaluación, predicción y proyección de la pérdida y cambio de cubierta forestal, lo que a su vez brinda información que puede ser útil para la elaboración de instrumentos que apoyen el diseño de políticas que contrarresten la deforestación a diversas escalas y promuevan estrategias de planeación adecuada, conservación y restauración de los bosques y selvas de la región.

El presente estudio analiza los patrones espaciales de la deforestación empleando el modelo DEFORELATIONS (Morales-Manilla, 2014), el cual permite a su vez identificar las zonas potencialmente más susceptibles a ser deforestadas en un futuro. El trabajo se llevó a cabo en dos zonas de estudio contrastantes, con el fin de conocer los patrones espaciales de la deforestación y comparar metodológicamente lo obtenido en cada zona por el modelo espacial empleado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Comparar desde el modelo espacial DEFORELATIONS los patrones espaciales de la deforestación en una zona templada y una tropical de Michoacán y predecir la susceptibilidad de pérdida forestal en las zonas de estudio.

1.3.2 Objetivos Particulares

1. Identificar las relaciones espaciales asociadas con la deforestación en las zonas de estudio de acuerdo al modelo DEFORELATIONS.
2. Obtener el potencial de deforestación en las zonas de estudio en el escenario tendencial.
3. Comparar metodológicamente el desarrollo del modelo en dos zonas cultural y biofísicamente contrastantes.

1.4 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

Teniendo en cuenta la complejidad del objeto de estudio y las temáticas que se abordan en este trabajo de tesis, se considera oportuno hacer una breve revisión de los conceptos y temas que se mencionan.

Se presenta las posturas y una revisión breve de aspectos relacionados con la deforestación y la importancia del análisis espacial para el modelado de fenómenos como aspecto indispensable en la planeación territorial.

1.4.1 Enfoque teórico-geográfico del abordaje de estudio

La definición de Geografía puede ser compleja. Esta ciencia, como muchas otras, se ha conformado por diversas “tradiciones” y escuelas de manera paralela en muchos contextos sociales e históricos y en diferentes lugares, con lo que se han desarrollado diversas tendencias y posturas, generando cierto grado de confusión y diversidad conceptual para el estudioso principiante de esta ciencia, pues da la impresión de que existen varias geografías a la cual se puede adherir o adoptar.

Una manera clásica de definir a la Geografía y sin el afán de realizar una discusión epistemológica es la siguiente: *es la ciencia que estudia el espacio y las dinámicas de los fenómenos biofísicos y culturales o humanos desde la dimensión espacial territorial*, (Ferreira y Simoes, 1994; Reboratti, 2012). Entendiéndose este espacio bajo diferentes conceptos o enfoques, según sea el objetivo de análisis: territorio,

paisaje, región, unidad de terreno, geosistema etc, donde se desarrollan las relaciones sociedad-naturaleza como un sistema.

A raíz de la definición anterior se hace evidente la necesidad de abordar los estudios geográficos desde perspectivas y enfoques sistémicos y donde la Geografía dialoga con otras ciencias (interdisciplina), para comprender la complejidad de fenómenos ambientales en cierto espacio geográfico (Demeritt, 2009).

La interdisciplina no solo es la capacidad de integrar análisis de diferentes disciplinas o ciencias, sino una manera de construir el conocimiento científico, de abordar, pensar y relacionar datos de la realidad estudiada con diversos instrumentos y metodologías.

Desde esta postura, tenemos que una unidad de análisis pertinente dentro de la Geografía para abordar sus objetos de estudio es el paisaje. El *Paisaje* se puede entender como una unidad y categoría geográfica que ofrece un puente conciliador entre la relación sociedad-naturaleza, para abordar cuestiones sociales y biofísicas, tanto en lo funcional como en lo histórico y con una perspectiva de la organización espacial de los objetos y las interrelaciones que entre estos suceden (Frolova y Bertrand, 2006). Según Gorayeb (2008), desde la perspectiva de estudio de paisaje es posible interpretar los niveles de estabilidad de esta unidad de estudio y definir los gradientes de transformaciones ambientales en el mismo.

Justamente estas interrelaciones son las que moldean y definen la homogeneidad de la estructura e integridad del paisaje en su formación espacio-temporal.

Existen diferentes enfoques y escuelas geográficas que permiten abordar de distintas maneras cierto objeto a estudiar, pero siempre es fundamental dentro de

los estudios geográficos ser crítico y con actitud y capacidad de adaptarse e integrarse a una tarea colectiva, o un estudio demandante de la participación de diversas disciplinas que conduzcan finalmente a la construcción y estudio de una problemática común (Saidón y Bianchetti, 2009). Esto es de gran importancia reconocerlo, pues actualmente se encuentra de gran moda el enarbolar “estudios” que postulan las visiones “integrales” con propuestas “sustentables”, pero que en muchas ocasiones carecen de estos fundamentos. En este sentido, el estudio del fenómeno de la deforestación claramente es un ejemplo de la comunicación que entre la ecología y la geografía se realiza.

1.4.2 Deforestación y cambio de uso de suelo

Para entender las consecuencias ambientales de la pérdida o remoción forestal, tales como la pérdida de biodiversidad, la emisión de gases de efecto invernadero, la erosión de los suelos, pérdida de capital natural y degradación del tejido social, es indispensable considerar las cuestiones ecológicas de la zona de estudio, al menos para describir y caracterizar la complejidad de los ecosistemas que se analizarán desde la perspectiva geográfica. El buen empleo y conocimiento de los aspectos propios de la ecología dentro de la noción espacial brinda oportunidades para comprender la complejidad de los sistemas analizados, de evaluar las transformaciones ocurridas, conocer el potencial de ocurrencia de ciertos fenómenos y con esto poder plantear estrategias de planeación territorial adecuados.

Existen varios conceptos de deforestación, mas sin embargo, todas las acepciones en general lo definen como el proceso de cambio de la cubierta

vegetal natural a casi cualquier otra forma ocasionado por la actividades humanas (Bocco *et al.*, 2001; Dirzo y Garcia 1992; FAO, 2012; Jaramillo y Kelly, 2000).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para alimentación y la agricultura (FAO), entre 2005 y 2010 se registró a escala mundial una deforestación neta del 0.14% anual, un tanto menor a la estimada para la década de 1990-2000 de 0.20%. Según las estimaciones de esta organización, la superficie forestal mundial pierde por deforestación 5.2 millones de hectáreas anualmente. En este sentido, América Latina presenta unas d las tasas más fuertes de deforestación, siendo de 9% de la superficie forestal total de 1990 a 2010 (FAO, 2010). Las causas de esta deforestación según el mismo estudio son por la demanda de tierras para cultivar y áreas de pastoreo. Según Masera (1996) del fenómeno de la deforestación se pueden identificar factores puntuales como el cambio de uso del suelo por diversos motivos (agricultura, ganadería, explotación forestal etc.); además de ciertas políticas específicas o demandas comerciales que motivan a la remoción de la cubierta vegetal, como lo es el caso de la expansión del cultivo del aguacate en Michoacán (Morales-Manilla *et al.*, 2012).

Todas las expresiones de este fenómeno tiene diferenciadas causas e intensidades a lo largo del tiempo y de las regiones.

1.4.3 Análisis espacial y modelado ambiental.

El análisis espacial es un procedimiento de comprensión e identificación de relaciones causales-espaciales entre elementos que constituyen una realidad terrestre, con el fin de conocer el potencial e intensidad de ciertos fenómenos naturales o antrópicos (Christofoletti, 1999; Morales-Manilla, 2014). Siendo metodológicamente una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de los datos distribuidos sobre el espacio geográfico (Buzai y Baxendale, 2006).

Fischer (1999) menciona textualmente que *“el análisis espacial requiere información sobre los objetos espaciales (atributos e información de localización) para encontrar patrones y comprender las relaciones que se efectúan entre estos, lo que permitiría realizar predicciones”*.

Así también se entiende al análisis espacial como un conjunto de procedimientos encadenados con la finalidad de escoger un modelo inferencial que considere explícitamente las relaciones espaciales de un fenómeno. Los procedimientos iniciales de análisis incluyen un conjunto de métodos de exploración y visualización de datos a través de cartografía. Los resultados de estas técnicas permiten describir la distribución de las variables del estudio, identificar y analizar patrones espaciales (Câmara et al., 2005). Es por esto que el análisis espacial es la base del modelado en sistemas de información geográfica.

Diversos autores definen un modelo como una representación simplificada de una realidad específica, para lo cual, desde las ciencias geográficas puede ser

de al menos de tres tipos: escalares, conceptuales y matemáticos (Steyaert, 1993; Fotheringham y Wegener, 1999; Epstein, 2008). Los primeros son representaciones de la realidad terrestre trasladados a formas reducidas o ampliadas de manera analógica o digitalmente. Los modelos conceptuales son representaciones de la realidad de manera diagramática que representa los componentes de un sistema. Y el tercero, los modelos matemáticos que de manera operacional buscan entender la realidad, codificando las relaciones de los componentes de un sistema.

Por otro lado, Christofletti (1999) expresa que los modelos espaciales en los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son expresiones relacionales matemáticas entre variables cartografiadas, mediante lógica multivariada y expresada como variables, parámetros y relaciones.

Recientemente se encuentra en auge el uso de modelos predictivos desde estudios de análisis espacial, siendo los de cambio de cubierta y uso de suelo los más empleados.

Así pues, el modelado espacial constituye puentes entre los niveles de observación y proposiciones teóricas, siendo en su relación con los sistemas de información geográfica un poderoso instrumento de predicción para un determinado conjunto de procesos o fenómenos particulares, lo que les confiere un instrumento de planeación territorial.

Ante estas definiciones se hace evidente que la colecta y organización de datos espaciales requieran de metodologías y técnicas propias del modelado espacial, que en la actualidad se encuentra íntimamente asociado al empleo de los sistemas de información geográfica.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

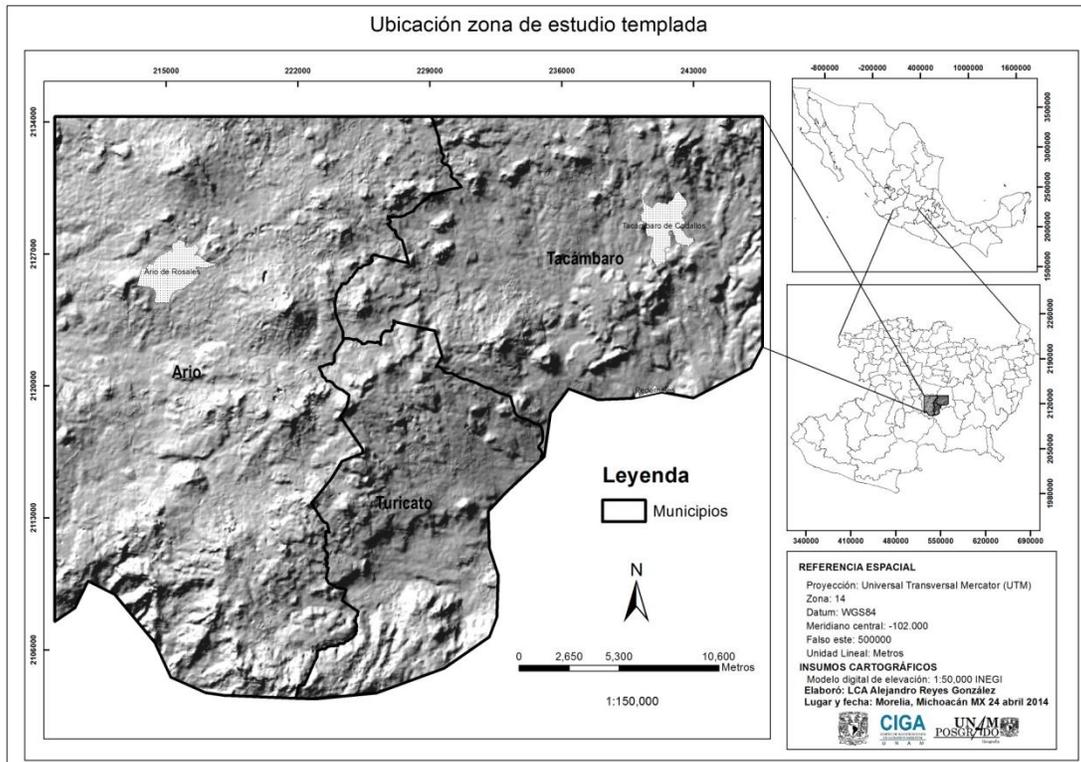
2.1 Zona de estudio templada

La primera zona de estudio está caracterizada por vegetación de bosque templado con una superficie de 90,028 ha, abarcando porciones de los municipios de Ario 46,644 ha (51.8%), Tacámbaro 27,676 ha (30.7%), y Turicato 15,708 ha (17.4%) (Mapa 1). Estas zonas, desde hace décadas, presentan cambio de uso de suelo acelerado hacia actividades hortícolas, principalmente el aguacate (Morales-Manilla *et al*, 2012,).

El polígono de estudio en el área templada se encuentra ubicado en los paralelos 18°56´ y 19°25´ latitud norte; los meridianos 101°33´ y 101°11; con altitudes desde los 2,800 m a los 900 m.

Este polígono se eligió por ser la “frontera” o límites del cultivo del aguacate y de las zonas de bosque templado.

Es importante mencionar que esta zona de estudio se definió con base en información resultante del “Inventario 2011 del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán” (Morales-Manilla *et al* 2012), y por lo tanto, es una zona de gran interés para conocer las relaciones espaciales de la pérdida forestal en el contexto de cambio de uso del suelo mencionado.



Mapa 1. Localización de la zona de estudio en bosque templado

2.1.1 Características biofísicas generales zona templada

Los siguientes datos biofísicos se obtuvieron del Prontuario municipal INEGI, 2009.

En el municipio de Ario el relieve está conformado principalmente por Lomeríos de basalto en la parte norte, meseta basáltica en la parte central y al sur una serie de elevaciones complejas tipo sierra que se prolongan hasta el municipio de Turicato. Por su parte la zona del municipio de Tacámbaro presenta un relieve de mesetas basálticas con malpaís en gran parte del área y al norte un conjunto de lomeríos basálticos.

Para el área correspondiente al municipio de Turicato tenemos que las geoformas predominantes son de meseta basáltica con elevaciones (sierras).

Los datos de cubierta y uso de suelo según los datos del Prontuario Municipal (2009) para todo el territorio de Ario son de Agricultura (46.18%) y Zona urbana (0.95%) Bosque (42.16%), Selva (5.34%) y Pastizal (5.23%).

Para el municipio de Tacámbaro de Agricultura (42.37%) y Zona urbana (1.28%) Bosque (37.54%), Pastizal (9.84%) y Selva (8.95%).

Por su parte el municipio de Turicato lo predominante son las Selvas (45.13%), Agricultura (20.12%) Pastizal (19.33%) y Bosque (15.00%) y Zona urbana (0.34%).

Es importante mencionar que para la zona de este municipio que comprende la zona de este estudio lo predominante en cubierta es de agricultura, bosque templado y pastizales.

Todo el polígono de estudio corresponde en su totalidad a la región hidrológica del Balsas. En la zona del municipio de Ario se encuentra en la cuenca y subcuenca del Río Tacámbaro.

Para Tacámbaro se encuentra inmersa en la cuenca y subcuenca del Río Tacámbaro con importantes ríos perennes, al igual que el municipio de Turicato.

En cuanto a las condiciones climáticas, para el área correspondiente al municipio de Ario se registra un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad y clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media con un rango de precipitación e 800-1300 mm. Por su parte el municipio de Tacámbaro presenta clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad y de humedad media con un rango de precipitación 900 – 1,300 mm. En

general el polígono de la zona de estudio presenta un rango de temperatura media mensual de 12-24 °C.

El territorio correspondiente a Turicato presenta los mismos tipos de climas que el municipio de Ario ya descrito anteriormente. El rango de temperatura media mensual de este último municipio va de los 16-28 °C y el de precipitación es de 700 – 1,300 mm.

Los suelos dominantes en la zona correspondiente al municipio de Ario son básicamente Andosoles con algunas partes de Leptosoles; al sur existen algunas áreas de Luvisoles.

El municipio de Tacámbaro presenta más diversidad de suelos en el área circunscrita en el polígono de estudio. Los suelos para este municipio en orden de importancia son Andosoles, Phaeozem, Luvisoles, Cambisoles y algunas áreas de Leptosoles.

En la pequeña parte del municipio de Turicato los suelos predominantes son los Andosoles y Leptosoles teniendo en menor medida áreas con Luvisoles.

2.1.2 Características demográficas y actividades socioeconómicas zona templada

En todo el polígono de estudio se encuentran 2 grandes zonas urbanas: Ario de Rosales con 15,406 habitantes y Tacámbaro de Codállos con 22,653 habitantes.

En resumen tenemos los siguientes datos demográficos (INEGI, 2010).

Tabla 1.- Población de las áreas municipales correspondientes a la zona de estudio

Municipio	Número localidades	Población total
Ario	103	27,674
Tacámbaro	82	42,375
Turicato	27	7,213
Total	212	77,262

Como se mencionó previamente, en las áreas correspondientes a la zona de estudio de los tres municipios la principal actividad es la agricultura permanente, siendo el cultivo del aguacate el de mayor importancia económica de la zona.

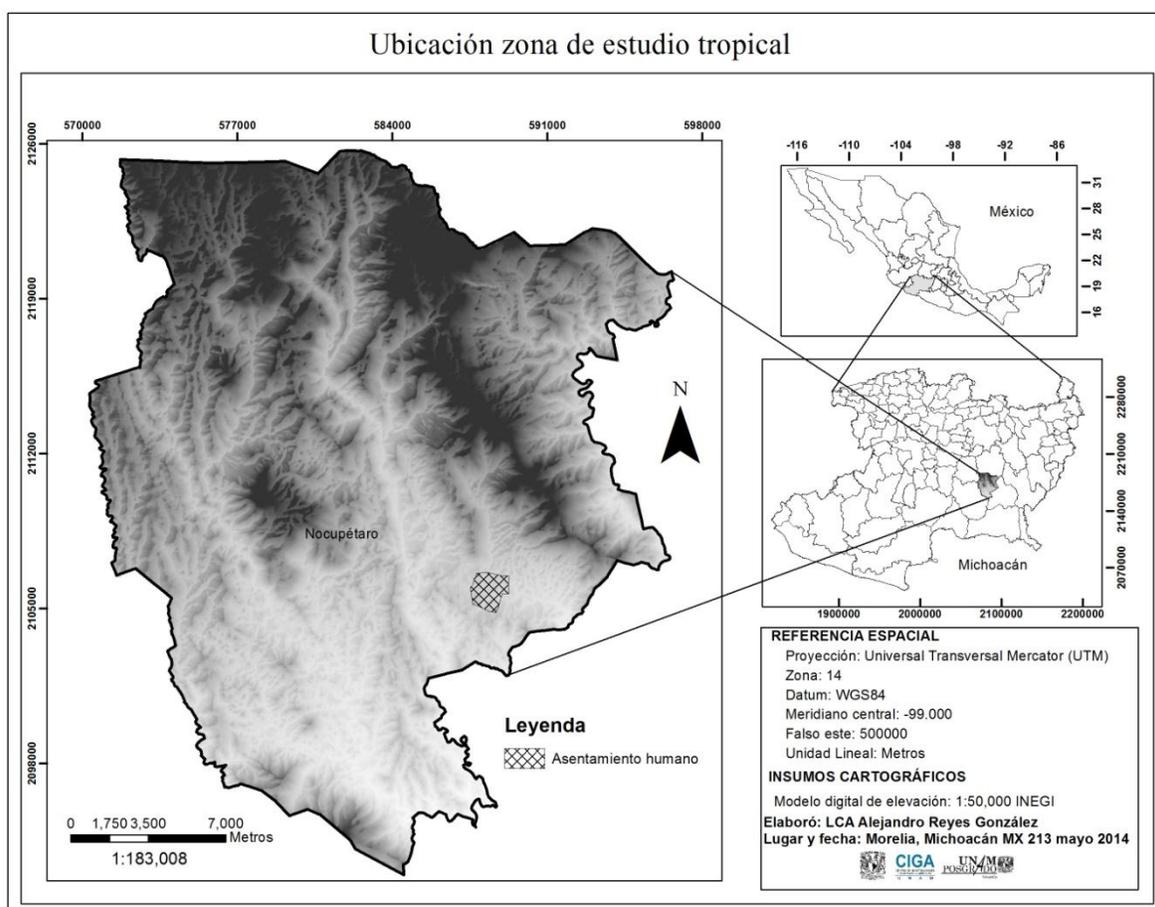
2.2 Zona de estudio tropical

La zona tropical corresponde al municipio de Nocupétaro Michoacán. Dicha municipalidad cuenta con una superficie de 54,519 ha, donde el 61% es selva baja caducifolia (INEGI, 2008), y donde típicamente existe cambio de cubiertas y uso de suelo, principalmente de selvas naturales a áreas agrícolas de temporal y pastizales para ganadería (observación personal). Se decidió realizar el estudio en esta zona a manera contrastante con la zona templada debido a que el tesista conoce a plenitud el territorio y tiene raíces familiares en la zona.

Nocupétaro es un pueblo de origen prehispánico. La etimología del nombre se deriva de voces purhépechas y significa “Lugar en el Valle” (Campos-Farfán, 2003).

El municipio de Nocupétaro, localizado al sureste del Estado de Michoacán de Ocampo, entre los paralelos 18°55' y 19°14' latitud norte; los meridianos 101°04'

y 101°20' longitud oeste; con una altitud entre 500 y 1 800 msnm. Dicho municipio presenta una superficie de 549.12 km² lo que representa el 0.92% de la superficie total del Estado de Michoacán. Nocupétaro limita con los municipios de Madero al norte, al este con Carácuaro, al sur con Turicato y Carácuaro y al oeste con Tacámbaro y Turicato (Mapa, 2). La Cabecera municipal es Nocupétaro de Morelos que se encuentra ubicada a 130 km de la capital del Estado. Este municipio cuenta con 142 localidades o rancherías, así como una tenencia (Melchor Ocampo también llamado San Antonio de las Huertas).



Mapa 2. Localización de la zona de estudio tropical.

2.2.1 Caracterización biofísica general zona tropical

Describiendo inicialmente las geoformas, el municipio registra las siguientes según el INEGI (2010): Meseta de aluvión antiguo con cañadas (39.25%), Valle ramificado con lomerío (38.12%), Sierra alta compleja (18.77%) y Sierra alta compleja con lomerío (3.86%).

La cubierta vegetal y uso de suelo según el INEGI (2010) se encuentra representada por selva baja caducifolia (58.78%), pastizales manejados en potreros para la producción ganadera (19.46%), bosques templados (14.20%), agricultura (7.00%) y zona urbana (0.56%).

Hídricamente el territorio de Nocupétaro pertenece a la depresión del Balsas y se encuentra inmerso en las subcuencas del Río Carácuaro (92.33%) y del Río Tacámbaro (7.67%).

El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y semiseco muy cálido y cálido, con un rango de precipitación pluvial de 700-1,100 mm y temperaturas que oscilan de 20° a 28° C.

En cuanto a suelos se tienen en el municipio los siguiente grupos: Regosol (55.06%), Leptosol (24.27%), Luvisol (14.09%), Vertisol (3.17%), Phaeozem (1.93%) y Cambisol (0.92%).

2.2.2 Características demográficas y actividades socioeconómicas zona tropical

El municipio de Nocupétaro cuenta con una población de 7,649 habitantes, siendo la cabecera municipal Nocupétaro de Morelos con 2,915 habitantes (INEGI, 2010).

Según el INEGI en el municipio la agricultura representa el 30% de la actividad económica. Siendo sus principales cultivos el maíz, cacahuate y ajonjolí. La segunda actividad en importancia es la ganadería que representa el 20%, con cría de ganado bovino, caprino y aves de corral. El comercio es la tercera actividad (INEGI, 2005, 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales e insumos cartográficos

La metodología a emplear se fundamenta en técnicas cuantitativas probabilísticas basadas en el modelo espacial DEFORELATIONS (Morales-Manilla, 2014; Vizcaíno, 2013), el cual permite describir y predecir el cambio en las cubiertas forestales.

Este modelo se basa en las relaciones espaciales existentes entre las zonas de pérdida forestal y otros elementos del mismo paisaje. Las relaciones espaciales a evaluar se seleccionan según sea su importancia local. Algunas de estas relaciones corresponden a condiciones biofísicas y otras a condiciones socioeconómicas locales.

En general, se emplean técnicas matemáticas y estadísticas para poder obtener los valores y pesos de las relaciones espaciales que se analizan, para lo cual es necesario obtener previamente mapas de cambio de la cubierta forestal de la zona de estudio para dos o más fechas diferentes. Sobre la base de estos mapas se realiza todo el proceso de modelado probabilístico con el empleo del software ArcGis[®], combinándolos con mapas que representan las relaciones espaciales de interés en la zona para describir y tratar de explicar la información resultante a partir de los patrones espaciales de tales relaciones en las zonas de pérdida forestal y de manera complementaria su probabilidad de ocurrencia a futuro. Se comparará metodológicamente este método en dos zonas de estudio.

3.1.1 Zona templada

Para la primera fecha se interpretaron fotografías aéreas blanco y negro del año 1974 correspondientes a vuelos realizados por el CETENAL, (actualmente INEGI), las cuales se tomaron del proyecto “Inventarios 1974–2007, y evaluación del impacto ambiental regional del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán” (2011); y que originalmente proporcionó la Comisión Forestal del estado de Michoacán (COFOM).

Para la segunda fecha se requirieron imágenes de satélite *World View 2* del año 2011 de alta resolución (0.5 m) correspondientes al proyecto *Inventario 2011 del cultivo del aguacate en el estado de Michoacán* (Morales-Manilla *et al* 2012).

Ambas interpretaciones digitales de polígonos y líneas se realizaron con el software ARCGIS© 10.0.

Tabla 2.- Insumos cartográficos para zona templada.

Insumo cartográfico	Detalles	Fuente
Mosaico georreferenciado y ortorectificado 1974	Mosaico de imágenes aéreas 1974 CETENAL	COFOM
Imágenes para segunda fecha 2011	Imágenes de satélite color real World View 2 resolución 0.5 m	COFUPRO adquiridas a GTTImaging de México.
Capa vías de comunicación	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa ríos	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa polígonos urbanos	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa localidades	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa cubierta y uso de suelo 1974	Capa vectorial	Creación propia (Alejandro Reyes González)
Capa cubierta y uso	Capa vectorial	Creación propia

de suelo 2011		(Alejandro Reyes González)
Mapa de costo de accesibilidad	Raster caminos fecha inicial con ríos perenes/Raster caminos fecha final.	Creación propia (Alejandro Reyes González)a

En la siguiente tabla (3) se muestra los datos cartográficos empleados en la elaboración de cartografía en SIG ya mencionados.

Tabla 3.- Datos Cartográficos zona templada.

Dato cartográfico	Descripción
Proyección	Universal Transversal Mercator (UTM)
Zona	Zona 14 N
Datum	WGS84

Así mismo en la siguiente tabla se muestran las clases de cubierta interpretadas durante la digitalización visual:

Tabla 4.- Clases de cubiertas de suelo para ambas fechas.

Categoría
1 Zonas con cultivo permanente (aguacate).
2 Zonas con cultivos anuales y otros cultivos
3 Zonas con cubierta forestal cerrada (bosques y selvas)
4 Zonas con cubierta de matorral-forestal abierto
5 Zonas de matorral-pastizal
6 Zonas asentamiento humano
7 Cuerpos de agua
8 Zonas sin cubierta aparente

A partir de imágenes de dos fechas (Tabla 2), se elaboraron mosaicos de varias fotografías aéreas de la primera fecha (1974) y su correspondiente rectificación, pues presentaban un desplazamiento inaceptable, por lo cual se emplearon puntos de control para rectificar la geometría de las mismas usando como

referencia precisa las *Ortofotos INEGI 1995* y las imágenes de satélite *World View 2* (2011) de la zona.

Después de tener el mosaico de fotografías aéreas ortorectificado se realizó una interpretación digital visual a ambos mosaicos de las dos fechas a una escala 1:50,000 identificando las clases de cubierta vegetal (Tabla 4).

3.1.2 Zona tropical

Para la primera fecha se interpretaron fotografías aéreas escala 1:75,000, de marzo de 1995, con una resolución de 2 metros, del servidor de INEGI (Tabla 5).

Para la segunda fecha se contó con Imágenes Satélite SPOT 6 (pancromática y multiespectral) del 2010 a través del gestor de imágenes del CIGA-UNAM (Tabla 5).

Tabla 5.- Insumos cartográficos para zona tropical

Insumo cartográfico	Detalles	Fuente
Ortofotos del Servidor de INEGI	Fotografías aéreas escala 1:75,000 marzo de 1995 Resolución 2 metros	Acervo de información geográfica INEGI (Mapa Digital de México) http://gaia.inegi.org.mx/NLB/mdm5.wms?
Imágenes Satélite SPOT 6	Imágenes Satélite SPOT 6 Pancromática y multiespectral tomadas el 12-02-2010	Soluciones Geoespaciales del SIAP/SAGARPA. Imágenes solicitadas por el gestor autorizado ermex0035 del CIGA (UNAM)
Capa vías de comunicación	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa ríos	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa	Capa vectorial	INEGI modificado

polígonos urbanos		
Capa localidades	Capa vectorial	INEGI modificado
Capa cubierta y uso de suelo 1995	Capa vectorial	Creación propia (Alejandro Reyes González)
Capa cubierta y uso de suelo 2010	Capa vectorial	Creación propia (Alejandro Reyes González)
Mapa de costo de accesibilidad	Raster caminos fecha inicial con ríos perenes/Raster caminos fecha final.	Creación propia (Alejandro Reyes González)

En la siguiente tabla (6) se muestra los datos cartográficos empleados en la elaboración de cartografía correspondiente.

Tabla 6.- Datos Cartográficos zona tropical.

Dato cartográfico	Descripción
Proyección	Universal Transversal Mercator (UTM)
Zona	Zona 14 N
Datum	WGS84

Así mismo en la siguiente tabla se muestran las categorías de cubierta interpretadas durante la digitalización visual:

Tabla 7.- Clases de cubierta en zona tropical para ambas fechas.

Categoría
1 Selvas y bosques
2 Matorrales-selvas degradadas
3 Pastizales-cultivos
4 Asentamientos humanos

3.2 CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DEL MODELO DEFORELATIONS

El modelo se desarrolla en tres etapas principales: Relevancia, Forma e Influencia (Morales-Manilla, en preparación; Vizcaíno, 2013), las cuales pueden verse de forma esquemática en la figura 1.

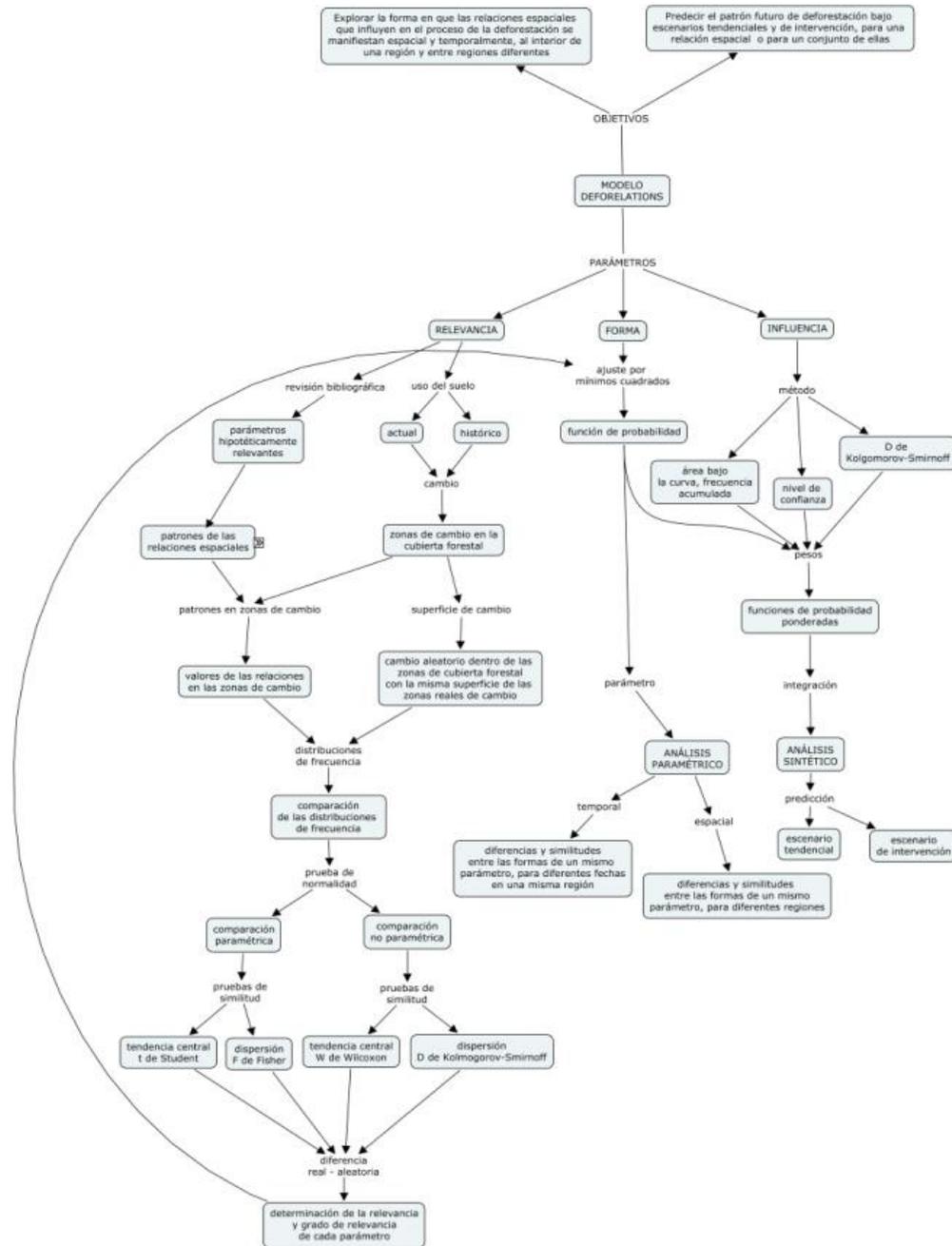


Grafico 1.- Esquema estructural del modelo DEFORELATIONS.

Específicamente el modelo DEFORELATIONS tiene dos aplicaciones de importancia, siendo la primera de ellas exploratoria, que pretende ayudar a entender la forma en que el espacio geográfico condiciona o permite el proceso de deforestación, mientras que la segunda es de carácter predictivo, y se enfoca en la determinación de la susceptibilidad de deforestación bajo condiciones tendenciales. Una vez obtenido eso se comparará el desarrollo del modelo en cada zona de estudio.

A continuación se presentan las actividades metodológicas a realizadas para la construcción de dicho modelo.

3.2.1 Determinación de relaciones espaciales relevantes

Para poder definir la relevancia de las relaciones estudiadas es importante obtener mapas de cambio de la cubierta forestal, a partir de mapas de uso / cubierta del suelo, de al menos dos fechas diferentes, esto servirá para identificar inicialmente las relaciones espaciales que existan entre las zonas de pérdida forestal y los diferentes elementos del paisaje (hipotéticamente relevantes), que pueden influir en el proceso de la deforestación.

Las relaciones espaciales identificadas para el fenómeno de la deforestación son fundamentalmente de dos clases: coincidencia y proximidad (Morales-Manilla, en preparación).

La relevancia de las relaciones se determina estadísticamente mediante la comparación de las distribuciones reales de los valores de las relaciones con una distribución hipotética (aleatoria) de los valores de las mismas relaciones.

Para el presente trabajo se comenzó identificando 5 posibles relaciones a analizar para el modelo, siendo las siguientes:

- Relaciones de coincidencia con zonas de pérdida forestal
- con altitud del terreno (como variable proxy de la temperatura),
- con pendiente del terreno (como variable proxy de la profundidad del suelo y de la accesibilidad topográfica).
- Relaciones de proximidad con zonas de pérdida forestal
- a áreas de uso agropecuario,
- a caminos,
- a asentamientos humanos.

Para todos los mapas de las relaciones a explorar se toma una superficie mayor a la zona de estudio, definida mediante un polígono de proximidad (buffer) de 3 kilómetros a partir del límite de la zona de estudio. Esto es particularmente importante para las relaciones de proximidad, ya que con ello se minimiza el posible error derivado del efecto límite en el análisis espacial.

Para generar los mapas de las relaciones de proximidad se debe construir primero un mapa de costo de accesibilidad dado por la presencia de posibles barreras al movimiento dentro del territorio (cuerpos de agua y corrientes perennes).

Este mapa de costo se construye con una operación lógica condicionada en el que solo se da valor de barrera (NoData) a las porciones de territorio donde están los ríos perennes, y valor 0 (sin barrera) al resto del territorio, a los caminos, y a sus intersecciones con los ríos perenes. Una vez obtenido el mapa de costo se aplica la herramienta de análisis espacial que determina la proximidad de distancia con los mapas de los elementos base (caminos, zonas agropecuarias, localidades) de la relación a analizar de la fecha inicial en conjunto con el mapa de costo de accesibilidad (*Cost Distance* en ArcMap).

3.2.1.1 Valor de las relaciones en las áreas de cambio forestal

La distribución real de las zonas de pérdida forestal se obtiene de la diferencia entre las cubiertas forestales de los mapas de las dos fechas. La distribución aleatoria de zonas de pérdida forestal se obtiene mediante una simulación realizada en el software ArcGis© con puntos aleatorios con distribución estadística uniforme. El número de puntos aleatorios a generar está en función de la superficie total de pérdida forestal real, en metros cuadrados, dividida entre el tamaño de la celda de los mapas raster a emplear en el modelo (400m² para la zona templada y 900 m² para la zona tropical), los cuales son posteriormente rasterizados para fines de análisis. Estos puntos para el mapa de cambio forestal aleatorio deben localizarse exclusivamente dentro de las zonas forestales del mapa de cubierta forestal de la primera fecha.

Posteriormente, se multiplican cada uno de los mapas raster de las relaciones estimadas hipotéticamente como relevantes, por los mapas de distribución real y

aleatoria de las zonas de deforestación, y se obtienen los valores finales de la relación analizada para las zonas de cambio forestal, obteniéndose para cada relación dos mapas, uno que corresponde a la relación con las áreas de pérdida forestal real y otro que representa la misma relación pero con la pérdida forestal distribuida aleatoriamente.

Una vez que se realiza la multiplicación de los mapas estos se clasifican en intervalos de valores definidos de la siguiente manera. Coincidencia con pendiente cada 5 grados; coincidencia con altitud cada 100 metros; y en rangos de 250 metros para todas las relaciones de proximidad.

Posteriormente, derivado de los mapas se obtienen las tablas de los valores clasificados (real y aleatoria) en formato *.dbf* para que puedan ser abiertos en *excel* (.xls), y de ahí ingresados a un programa estadístico con el fin de analizar las dos distribuciones de manera independiente. Este análisis permite caracterizar las distribuciones en su tendencia central y dispersión, con lo cual se puede determinar qué tipos de pruebas estadísticas se aplicarán para determinar si es relevante o no la relación analizada.

4.2.1.2 Estimación de la relevancia

Después de obtener las tablas de los mapas de distribuciones de las relaciones en las áreas de cambio forestal, se generan los histogramas de frecuencia para cada distribución, y se hacen inicialmente pruebas de la forma de las distribuciones con el fin de determinar si estas son normales y por tanto pertinentes para aplicar estadísticas paramétricas.

Convencionalmente, en este paso, el modelo solo discriminaba si las distribuciones eran normales o no para aplicar los estadísticos correspondientes, más sin embargo en el desarrollo metodológico del presente trabajo se determinó incorporar como una prueba más de relevancia a la *Prueba de Forma* que determina si existen o no diferencias significativas en las formas distribución real y aleatoria de la misma relación, definidas éstas por los respectivos valores de los índices de curtosis y de sesgo estandarizado.

Grafico 2.- Representación de la prueba de Forma.

T	k
(M1=M2)	(M1=M2)
H0	H0
(M1<>M2)	(M1<>M2)
H1	H1

Donde:

T= Curtosis

K=sesgo estandarizado

M1=Distribución real

M2=Distribución aleatoria

H0=Hipótesis nula

H1=Hipótesis alternativa

Esta prueba da un primer indicio de la relevancia de la relación analizada, si por ejemplo, la curtosis y/o el sesgo estandarizado presentan valores diferenciados por valores de mayor o menor que 2 se establece que existe diferencia estadística suficiente en las distribuciones, y por lo tanto la relación analizada es relevante y pasa a ser considerada como parámetro del modelo.

Una vez analizada la forma de las distribuciones, y determinado que ambas son normales se deben aplicar pruebas paramétricas de tendencia central y de

dispersión. Si este es el caso se aplican las pruebas *T de student*, con la cual se estima si las medias de las distribuciones son estadísticamente similares, y la prueba *F de Fischer*, para saber si el cociente de las desviaciones estándar es igual o diferente, es decir, se comparan las características de tendencia central y dispersión de las distribuciones real y aleatoria para cada relación.

En caso de que las distribuciones sean no normales se realizan las pruebas estadísticas de *W de Mann-Whitney (Wilcoxon)*, que nos permite comparar las medianas de las distribuciones, y se aplica también la prueba *DN de Kolmogorov-Smirnov*, para determinar la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de ambas relaciones. Con estas estadísticas también se comparan las características de tendencia central y dispersión de las relaciones pero de manera no paramétrica.

En dichas pruebas se evalúa la similitud de los valores de la distribución real contra la aleatoria de cada relación, para comprobar si es o no relevante al proceso de deforestación. Esto es de gran importancia, pues cuando existan diferencias entre las distribuciones, en ambas pruebas de preferencia con un nivel de confianza 95%, la relación espacial que está siendo evaluada pasa a ser de relevancia para el proceso de la deforestación, en consecuencia la relación espacial se convierte en parámetro del modelo.

Convencionalmente, en el modelo solo se empleaba dicho valor límite del nivel de confianza para definir la relevancia de una relación, pero de acuerdo con el conocimiento de las zonas de estudio y su dinámica de cambio de uso del suelo, se sugiere modificar el modelo para incluir aquellas relaciones que si bien no son altamente significativas (95%) es posible que, si se establece un nivel de

confianza menor, ya sea al 85% o en su caso al 75%, se considera que la relación puede ser relevante en alguna medida, y entonces se puede elegir entre incorporar la relación estudiada como parámetro del modelo o rechazarla. Si no hay diferencias significativas en ninguna de las tres pruebas (forma, tendencia central y dispersión) incluso con estos valores de confianza, la relación se considera como no relevante y se descarta definitivamente del modelo (tabla 8).

Tabla 8.- Niveles de significancia para determinar la relevancia de las relaciones.

Nivel de confianza de la prueba para la significancia estadística	Interpretación
Mayor o igual a 95%	Muy relevante
Mayor o igual a 85% y menor que 95%	Relevante
Mayor o igual que 75% y menor que 85%	Suficientemente relevante

3.2.2 Estimación de la forma

Estimar la forma es determinar cuáles son las funciones matemáticas (funciones de probabilidad) que describen apropiadamente la probabilidad de deforestación de los diversos valores de una relación espacial relevante.

Estas funciones matemáticas se determinan mediante ajuste de mínimos cuadrados con la ayuda de un software especializado (*TableCurve 2D v5.01*[®]); así se encuentra la ecuación que mejor se ajusta a la distribución del parámetro relevante que se esté analizando.

Debido a la posibilidad que existan varias funciones con un ajuste aceptable, se seleccionará la de mínimo número de términos en el miembro derecho y de mayor coeficiente de determinación, R^2 , ajustado.

De esta manera, las funciones establecen qué probabilidad de deforestación corresponde a los diferentes valores de una relación espacial relevante.

3.2.3 Estimación del grado de influencia

Es una evaluación de la influencia que tiene cada relación en el proceso de deforestación. Esta influencia se mide como el peso de cada parámetro en el modelo. Con lo anterior se asume que las relaciones espaciales detectadas como relevantes localmente al fenómeno de pérdida forestal tienen diferentes grados de influencia en la probabilidad de que cierta área forestal sea removida en el futuro.

Ya que se tienen analizadas las funciones matemáticas que las describen, se asignan pesos a cada una de las ecuaciones, de modo que la suma de los pesos que tienen las relaciones relevantes en el proceso de deforestación sea igual a 1.

Aunque existen varias maneras de determinar estos pesos, en este estudio, los pesos se calculan dividiendo el valor del estadístico *DN Kolmogorov-Smirnov*, derivado de comparar las distribuciones real y aleatoria de la relación correspondiente a cada parámetro relevante, entre la suma del total de los mismos estadísticos ya mencionados, es decir normalizando los valores de DN respecto al total.

La lógica de este método para derivar los pesos es que cuanto mayor sea la distancia estadística entre las dos distribuciones del parámetro, su peso será mayor y por tanto más influencia tiene en el proceso de deforestación.

Ya que se ha obtenido el grado de influencia de cada parámetro, se construye un modelo específico de probabilidad de deforestación para cada región de estudio. Los resultados de la construcción del modelo pueden emplearse en dos maneras de uso cuya descripción se da a continuación.

3.2.4 Uso del modelo en modo sintético

Una vez obtenidas las ecuaciones de cada relación y sus pesos, se genera el modelo sintético, el cual consiste en la suma de las ecuaciones paramétricas ponderadas con el peso correspondiente. Este modo se emplea con propósitos predictivos.

Según la metodología (Morales-Manilla, en preparación, Vizcaíno, 2013), el resultado de este modelo sintético es un mapa que indica probabilísticamente la susceptibilidad de la cubierta forestal actual a ser deforestada de acuerdo con los factores que resultaron relevantes localmente.

3.2.5 Uso del modelo en modo paramétrico

En esta otra forma de análisis, para cada uno de los parámetros del modelo se genera un mapa de probabilidad de deforestación. Estos mapas se derivan de

cada una de las ecuaciones no ponderadas de los parámetros. Este modo se usa con propósitos exploratorios.

Aunque en principio estos mapas representan la contribución individual de cada parámetro al proceso total de deforestación, es necesario analizarlos en relación a los valores obtenidos en el análisis en modo sintético, de tal manera que sus resultados se interpreten en función de su contribución como factor dominante en el proceso total de la deforestación.

Primero se calcula un mapa de residuales entre el mapa derivado del modo sintético y los derivados de cada parámetro individualmente.

Se obtendrán tantos mapas residuales como parámetros haya en el modelo. Los valores de estos mapas residuales se interpretan mediante rangos de probabilidad que determinan la magnitud potencial de la deforestación dada por cada parámetro en relación a la dada por todos los parámetros en su conjunto; la magnitud potencial se refiere a la probabilidad dada por cada parámetro individualmente respecto a la actual, que en este caso se define como aquella dada de manera sintética (por la suma ponderada de todos los parámetros del modelo).

3.2.6 Análisis comparativo

Tomando parcialmente la ruta que se siguió en el trabajo de Vizcaíno (2013) para postular las diferencias y similitudes entre las relaciones relevantes estudiadas y lo obtenido por el modelo espacial en cada zona de estudio se comparan:

- El número y tipo de relaciones espaciales que son relevantes en cada región.
- Las diferencias /similitudes en la forma de las funciones probabilísticas que establecen la probabilidad de deforestación de cada parámetro del modelo en cada región.
- Las diferencias en los pesos de los parámetros empleados que en los modelos de las regiones estudiadas.
- Las percepciones locales sociales de pérdida forestal en cada zona (propuesto en este trabajo).

3.3 ANÁLISIS CUALITATIVO PARA CADA ZONA DE ESTUDIO

Finalmente, se hará una interpretación-análisis de las diferencias y/o similitudes significativas encontradas en las dos regiones tomando en cuenta las percepciones de pérdida forestal dadas las condiciones socioeconómicas de cada zona de estudio, y las condiciones espaciales de sus zonas forestales.

Este breve análisis, más a manera de registro se apoya en un instrumento cualitativo, es decir una entrevista (ver anexo 1), para registrar las percepciones locales sobre el tema de estudio, así como para indagar directamente con los actores directos del proceso de remoción forestal de las zonas de estudio, a manera explicativa de lo que en el modelo se haya encontrado.

Dicho instrumento cualitativo se formuló basado en 4 grandes componentes de obtención de información en campo, siendo las siguientes:

- Fenómeno de estudio en general.

- Relaciones espaciales en la toma de decisiones para el cambio de cubierta forestal.
- Implicaciones ambientales enfocadas al objeto de estudio.
- Percepciones generales.

Estas mismas visitas a campo fueron de utilidad para verificar la cartografía empleada y obtenida.

Por último se postularán las conclusiones y una discusión general de los resultados obtenidos, así como de las ventajas y limitantes de la metodología empleada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 ZONA TEMPLADA

4.1.1 Cambios en la cubierta

Los primeros datos cuantitativos muestran que para los caminos del año 1974 se tenía una extensión de vialidades de 904.935 km y para 2011 1,365.08 km de la misma zona. Esto indica un incremento de 460 km lineales de caminos. Las localidades también tuvieron un incremento, pasando en el año 1974 de 137 localidades a 212 para el año 2011.

En cuanto a cubiertas los cambios se resumen en la siguiente tabla 9.

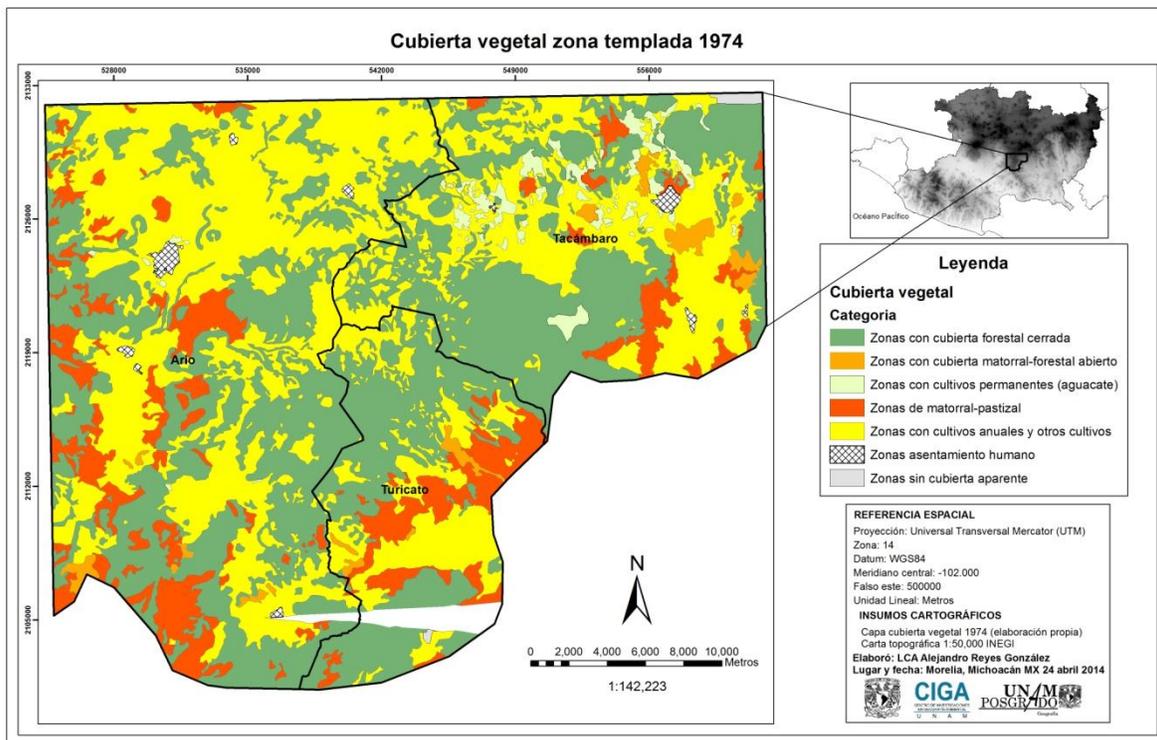
Tabla 9.- Extensión en hectáreas de las diferentes categorías de cubierta para la zona templada

Categorías zona templada	Cubierta 1974 (ha)	Cubierta 2011 (ha)
Zonas con cultivo permanente (aguacate).	1,710.67	31,188.48
Zonas con cultivos anuales y otros cultivos	36,947.13	14,437.62
Zonas con cubierta forestal cerrada	38,109.43	22,294.78
Zonas con cubierta de matorral-forestal abierto	1,379.06	9,788.32
Zonas de matorral-pastizal	10,285.91	10,221.78
Zonas asentamiento humano	515.5	1,877.81
Zonas sin cubierta aparente	168.64	95.43
Total	89116.34	89,904.22

El total de hectáreas de bosque en el año 1974 para la zona templada era de 39,488.49 ha, los cuales corresponden a la categoría de bosques cerrados 38,109.43 ha y a bosques abiertos tan solo 1,379.06 ha en los años 1970, según la interpretación visual (Mapa 3).

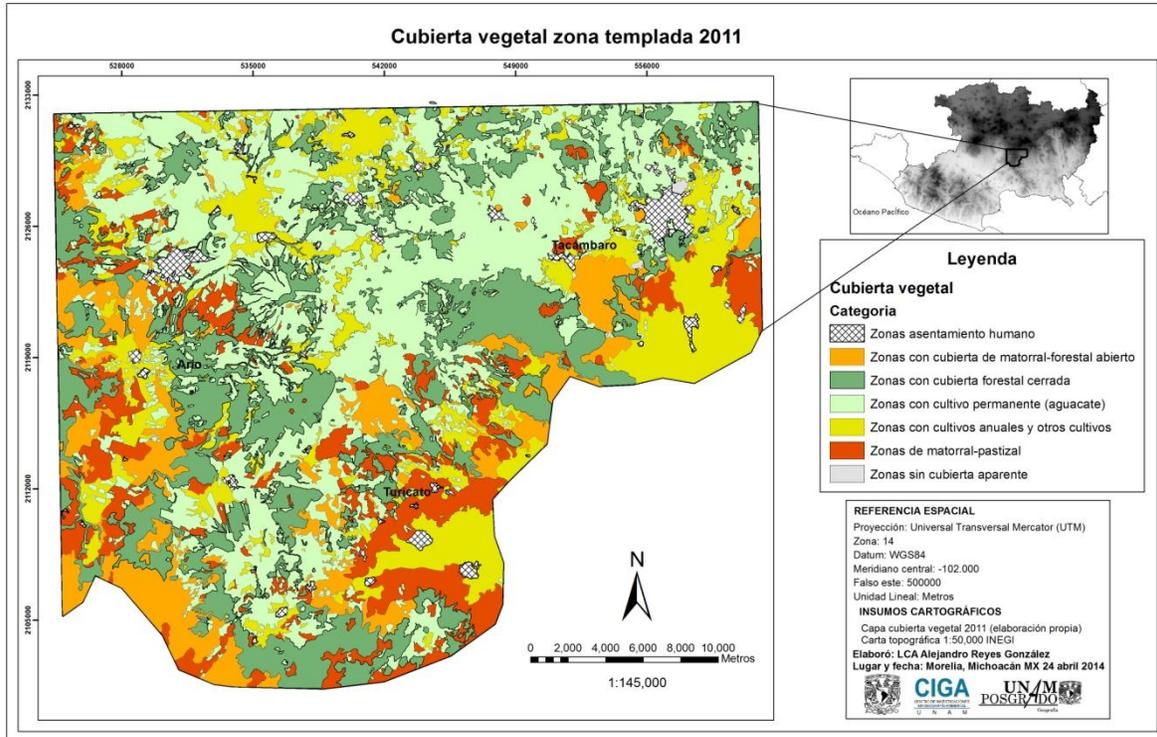
Por su parte para el año 2011 en la misma zona templada tenemos que del total de bosque existían 32,083.1 ha, de las cuales corresponden a bosque cerrado 22,294.78 ha y para la categoría matorral-forestal abierto 9,788.32 ha (Mapa 4).

Esto quiere decir que se deforestaron 15,814.65 hectáreas de bosque para esta zona de estudio, lo cual se observa en el mapa 5.



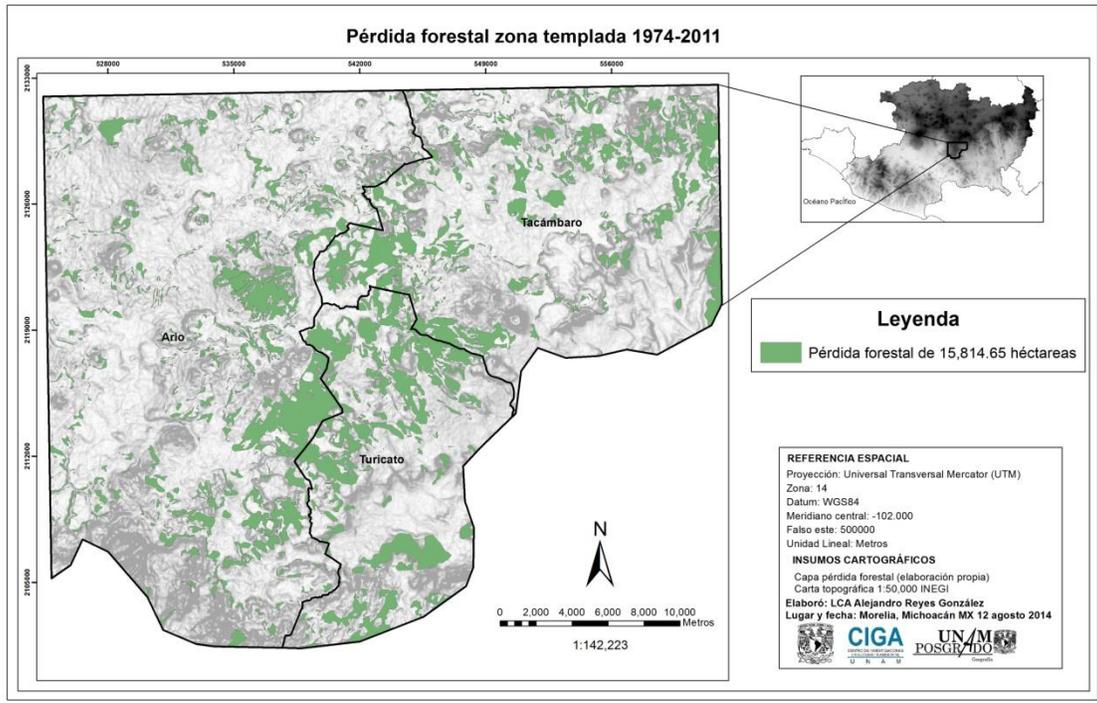
Mapa 3.- Cubiertas zona templada fecha inicial 1974.

Entre ambas fechas, se nota un importante incremento en la superficie de cultivos permanentes (aguacate), que pasó de poco más de 1,000 hectáreas a más de 30,000 hectáreas en el periodo de tiempo evaluado. Se registró que este incremento en la cubierta de aguacate se dio de manera importante sobre la categoría que inicialmente era de cultivos anuales, lo que correspondía a cultivos de temporal.



Mapa 4.- Cubiertas zona templada fecha final 2011.

Es importante mostrar gráficamente a manera de mapa las extensiones de pérdida forestal que se identificaron en el análisis entre fechas de la zona templada (Mapa 5).



Mapa 5.- Pérdida forestal zona templada periodo 1974-2011.

4.1.2 Relevancia

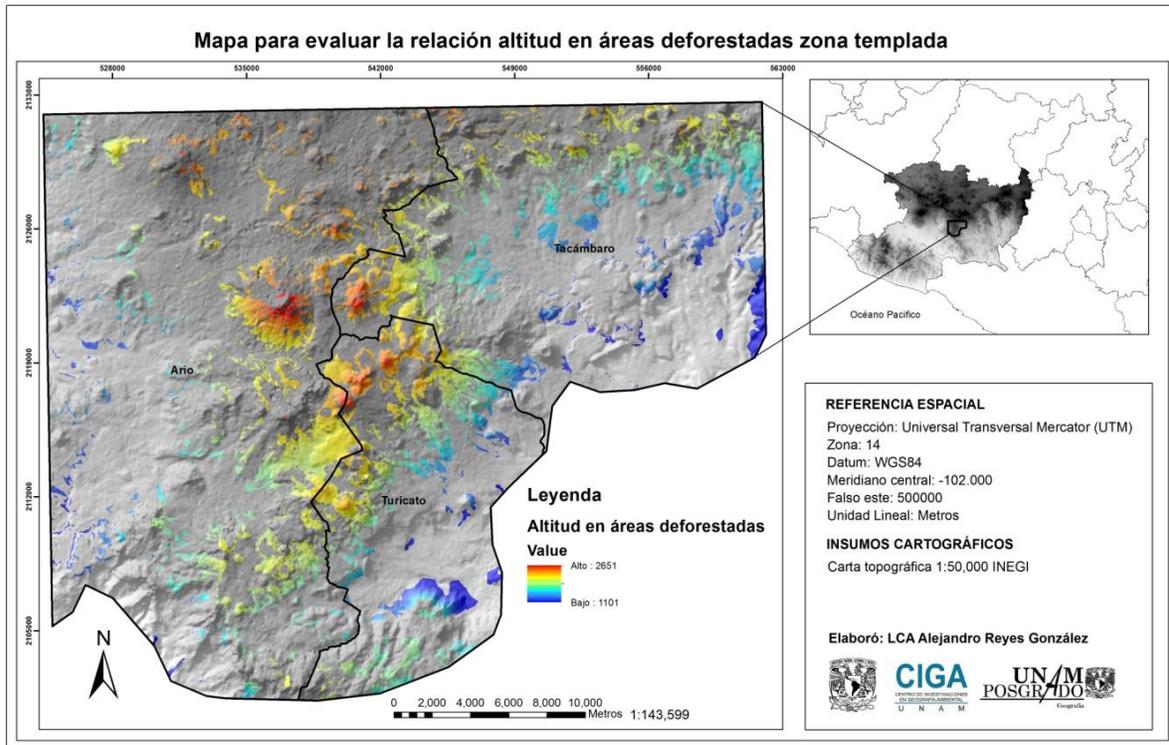
Se pusieron a prueba las relaciones espaciales que previamente se habían establecido como posibles de ser relevantes para el objeto de estudio.

Se presenta de inicio una tabla resumida de los resultados de relevancia para cada relación evaluada y más adelante los datos detallados en cuanto a los análisis estadísticos realizados.

Tabla 10.- Relaciones analizadas zona templada

Relación espacial	Prueba estadística realizada	Relevancia
Pendiente	No paramétrica	No
Altitud	Paramétrica	Si
Caminos	No paramétrica	No
Asentamientos humanos	No paramétrica	No
Áreas agrícolas	No paramétrica	No

Se presenta el mapa base del cual se obtuvo que la altitud es el único parámetro que resultó relevante para la deforestación en la zona templada.



Mapa 6. Coincidencia de Altitud en las áreas deforestada de la zona templada.

Además se especifica para mayor claridad lo que se obtuvo en cada relación espacial analizada.

4.1.2.1 Pendiente

Después de realizar los pasos metodológicos para obtener las formas de las distribuciones tanto real como aleatoria y aplicar los estadísticos correspondientes; se encontró que ambas distribuciones no son normales, pues aunque tienen una

semejanza en la tendencia central, su dispersión es muy diferenciada (curtosis estandarizada). Se aplicaron pruebas no paramétricas determinándose que la “pendiente” no es un parámetro relevante localmente del modelo.

Resumen estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	14	14
Promedio	26590.6	11785.9
Desviación Estándar	42369.8	17023.9
Coefficiente de Variación	159.342%	144.443%
Sesgo Estandarizado	2.58363	2.19008
Curtosis Estandarizada	1.61761	0.798385

Descripción de los valores de las muestras (obtenido del software estadístico):

La anterior tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

Debido a que no tienen distribución normal se aplican pruebas no paramétricas:

Comparación de Medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

W = -9.0 valor-P = 0.696122

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos muestras. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos distribuciones en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

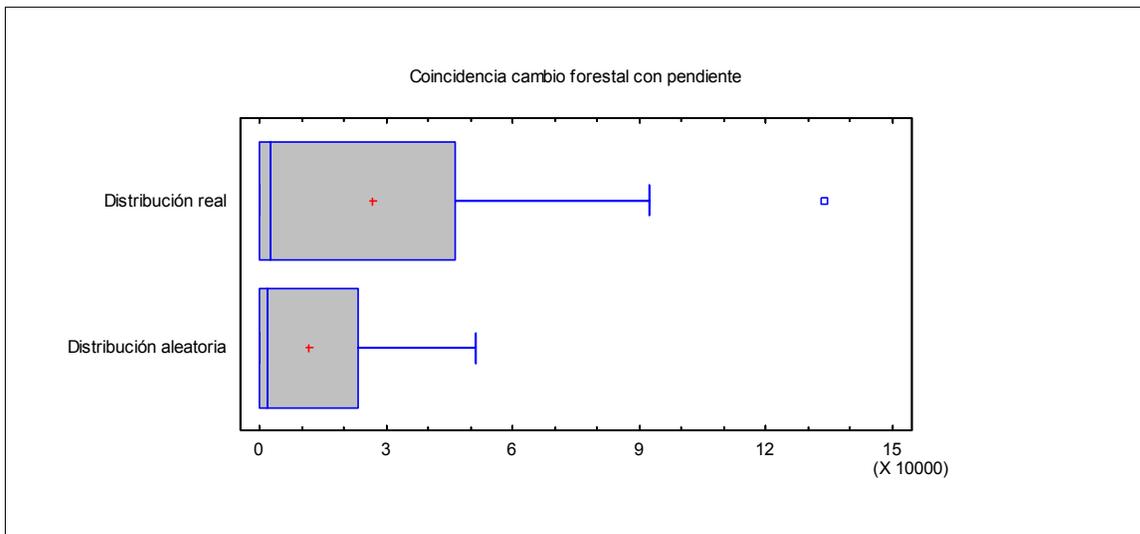


Gráfico 3.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.214286

Valor P aproximado = 0.904798

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos muestras. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos distribuciones. En este caso, la distancia máxima es 0.214286, que puede verse en el Gráfico de Cuantiles (Gráfico 4). De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

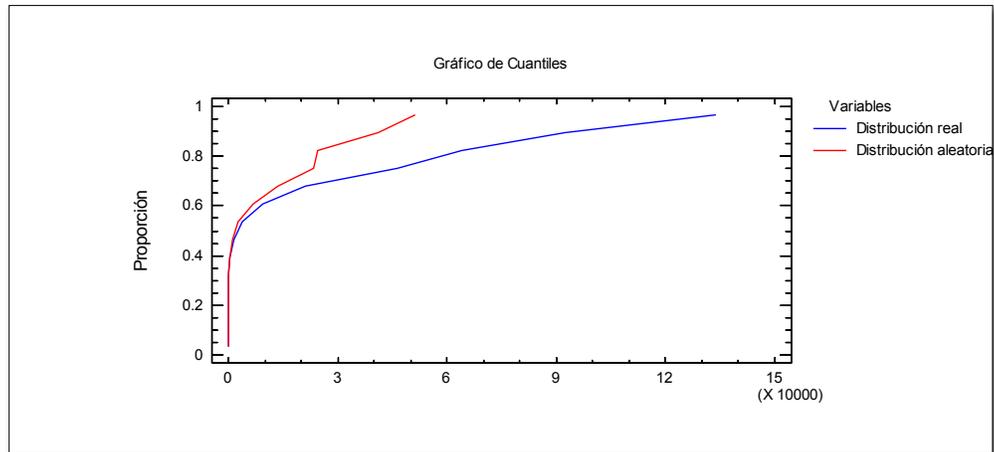


Gráfico 4.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente en zonas de cambio forestal.

4.1.2.2 Altitud

Después de la evaluación de la forma de las distribuciones de la variable altitud se encontró una distribución normal en ambos casos, por lo que se aplicaron las pruebas paramétricas y se encontró que si es de relevancia local.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	16	16
Promedio	10342.8	4558.0
Desviación Estándar	9535.8	3746.45
Coficiente de Variación	92.1979%	82.195%
Sesgo Estandarizado	0.944052	0.21838
Curtosis Estandarizada	-1.00132	-1.34173

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden

usarse para comparar si las distribuciones provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

En observación de que las distribuciones son normales se aplican pruebas paramétricas:

Comparación de Medias

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\text{media1} = \text{media2}$

Hipótesis Alt.: $\text{media1} \neq \text{media2}$

Suponiendo varianzas iguales: $t = 2.25849$ valor-P = 0.0313454

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos distribuciones. También construye los intervalos, ó cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 553.789 hasta 11015.7. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

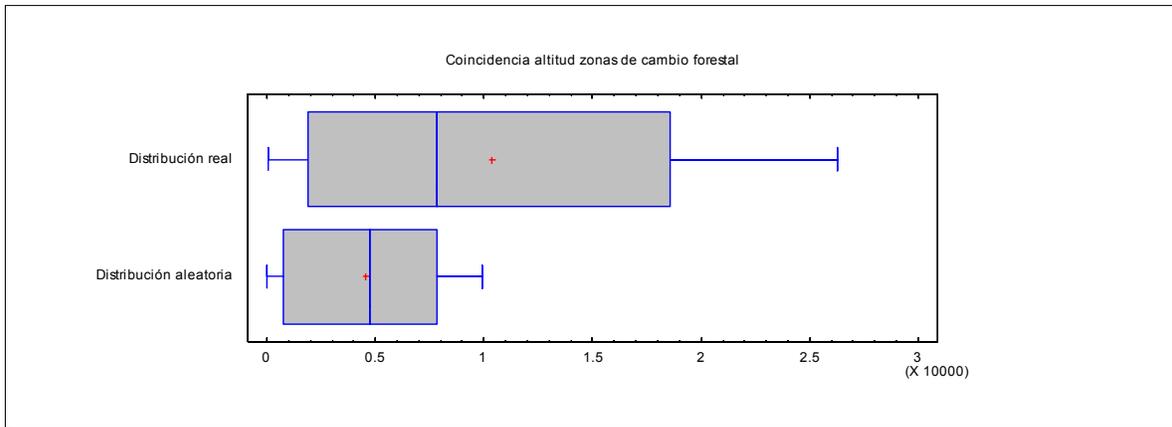


Gráfico 5.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud a zonas de cambio forestal.

Desviación estándar

Comparación de Desviaciones Estándar

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Desviación Estándar	9535.8	3746.45
Varianza	9.09314E7	1.40359E7
GI	15	15

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

$F = 6.47851$ valor-P = 0.000824339

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-F para comparar las varianzas de las dos muestras. También construye intervalos ó cotas de confianza para cada desviación estándar y para la razón de varianzas. De particular interés es el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 2.26356 hasta 18.5421. Puesto que el intervalo no contiene el valor de 1, existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un 95.0% .

También puede ejecutarse una prueba-F para evaluar una hipótesis específica acerca de las desviaciones estándar de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si el cociente de las

desviaciones estándar es igual a 1.0 versus la hipótesis alternativa de que el cociente no es igual a 1.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

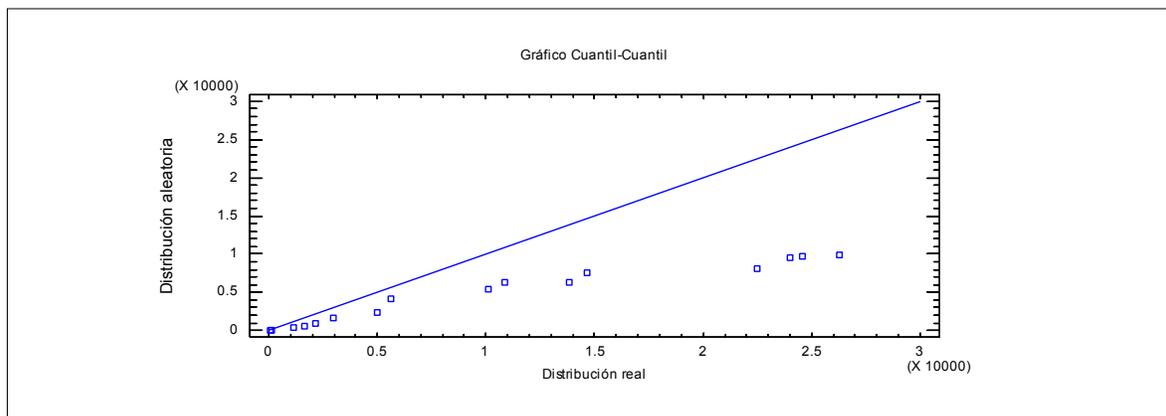


Gráfico 6.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud en zonas de cambio forestal.

4.1.2.3 Caminos

Para la relación de la proximidad de caminos con las áreas de bosque se obtuvo que no es parámetro relevante según los siguientes análisis en la distribución de la tendencia central y de dispersión.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	21	21
Promedio	17617.3	7766.43
Desviación Estándar	27961.5	10326.6
Coefficiente de Variación	158.716%	132.964%
Sesgo Estandarizado	3.73921	2.76442
Curtosis Estandarizada	3.2505	1.11391

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. La Distribución real tiene una curtosis estandarizada fuera del rango normal.

Lo anterior describe que las distribuciones no son normales por lo cual se aplican las pruebas no paramétricas indicadas:

Comparación de Medianas

Mediana de distribución real: 2874.0

Mediana de distribución aleatoria: 2720.0

Prueba para comparar medianas (Wilcoxon)

Hipótesis Nula: $mediana1 = mediana2$

Hipótesis Alt.: $mediana1 <> mediana2$

$W = -34.5$ valor-P = 0.392386

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos distribuciones. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos muestras en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

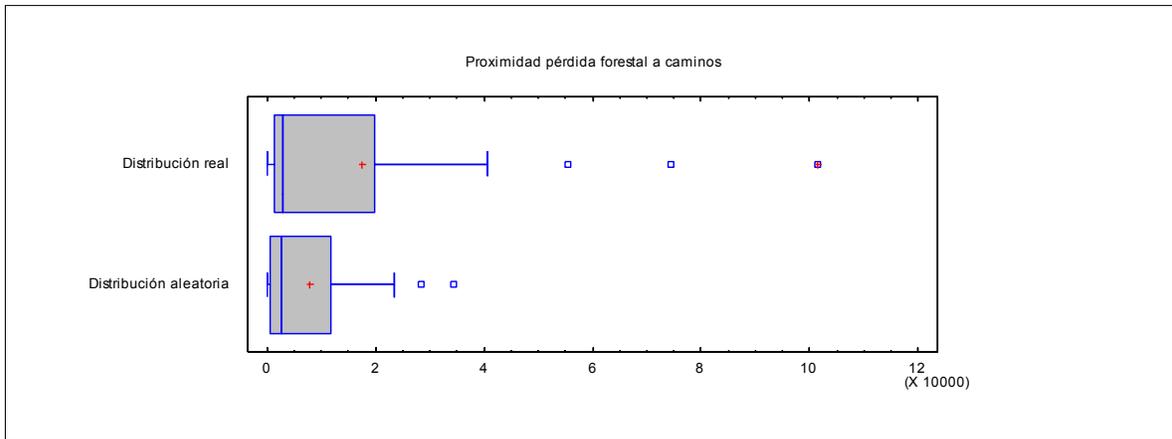


Gráfico 7.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.190476

Valor P aproximado = 0.840703

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones acumuladas de las dos distribuciones. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos distribuciones. En este caso, la distancia máxima es 0.190476, que puede verse en el Gráfico de Cuantiles (Gráfico 8). De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

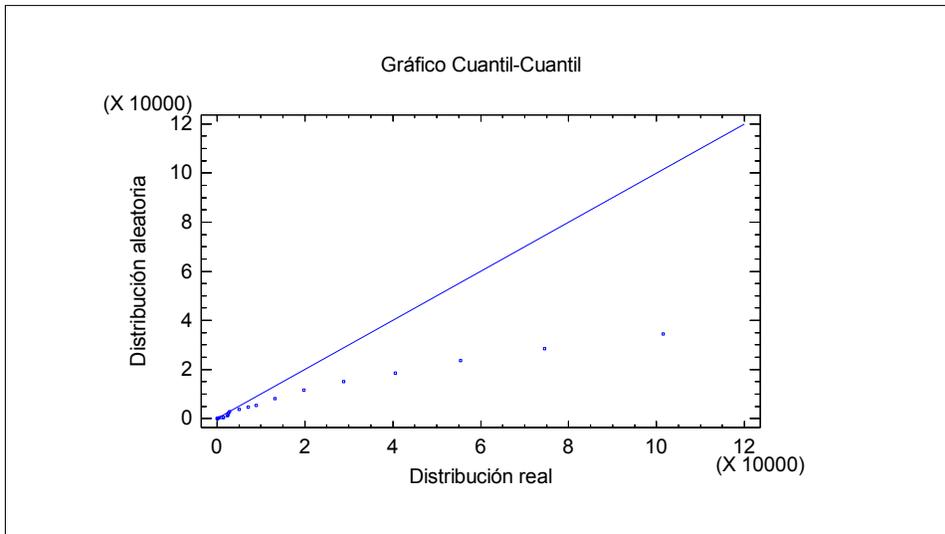


Gráfico 8.-Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal.

4.1.2.4 Asentamientos humanos

Para la relación de la proximidad de asentamientos humanos con las áreas de cambio de bosque se obtuvo que no es una relación relevante.

Resumen Estadístico

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	18	18
Promedio	20627.7	9136.17
Desviación Estándar	29764.5	10920.7
Coefficiente de Variación	144.294%	119.532%
Sesgo Estandarizado	2.88554	1.93902
Curtosis Estandarizada	1.73398	0.0474092

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos

estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, la distribución real tiene un valor de sesgo estandarizado fuera del rango normal y la distribución aleatoria no. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado. En virtud de la diferencia de forma de las distribuciones, establecida por el hecho de que una tiene una distribución normal y la otra no, según el índice de sesgo, podría determinarse que la relación es relevante de inicio. Sin embargo, dada la poca diferencia que existe entre el valor de sesgo para la distribución aleatoria (1.93) y el valor límite superior de la prueba de normalidad (2.0), es preferible realizar las otras pruebas y confirmar de manera más contundente esta aparente disimilitud entre distribuciones.

En observación de que una de las distribuciones no es normal se aplican pruebas no paramétricas:

Comparación de Medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 19.3333

Rango Promedio de muestra 2: 17.6667

W = -15.0 valor-P = 0.646403

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos distribuciones. Esta prueba se construye combinando las dos distribuciones, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos distribuciones en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

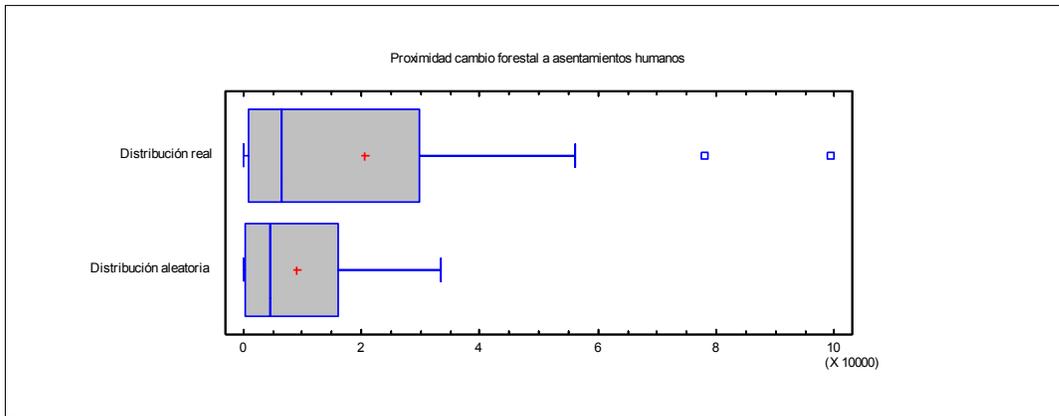


Gráfico 9.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.222222

Valor P aproximado = 0.765763

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos muestras. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. En este caso, la distancia máxima es 0.222222, que puede verse en el Gráfico de Cuantiles (figura 10). De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

En función de que estas dos últimas pruebas no sugieren que haya diferencia significativa entre las distribuciones de la relación, se decide no tomar en cuenta la indicación de relevancia aportada por una de las pruebas de forma (sesgo).

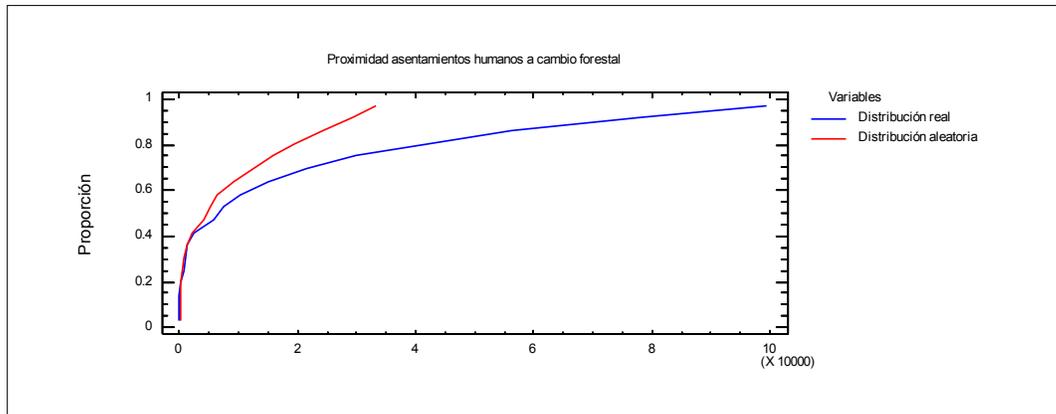


Gráfico 10.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal.

4.1.2.5 Áreas agrícolas

Para la relación de la proximidad de áreas agrícolas a las áreas de cambio de forestal se obtuvo que no es de relevancia según el análisis que se ofrece a continuación.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	14	14
Promedio	26523.1	11747.3
Desviación Estándar	65421.4	23201.0
Coefficiente de Variación	246.658%	197.501%
Sesgo Estandarizado	5.16067	4.46082
Curtosis Estandarizada	9.06331	6.97925

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la

normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambas muestras tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. Ambas muestras tienen valores de curtosis estandarizada fuera del rango normal.

En observación de que las distribuciones no son normales se aplican pruebas no paramétricas.

Comparación de Medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 \neq mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 15.0714

Rango Promedio de muestra 2: 13.9286

W = -8.0 valor-P = 0.730386

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de dos distribuciones. Esta prueba se construye combinando las dos distribuciones, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos distribuciones en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

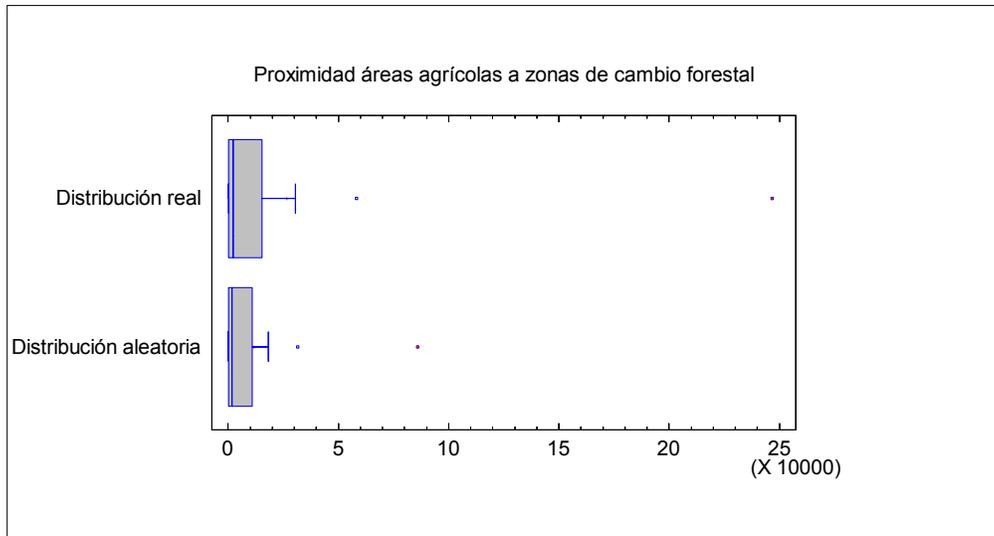


Gráfico 11.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.142857

Valor P aproximado = 0.998822

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos muestras. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos muestras. En este caso, la distancia máxima es 0.142857, que puede verse en el Gráfico de Cuantiles (figura 12). De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

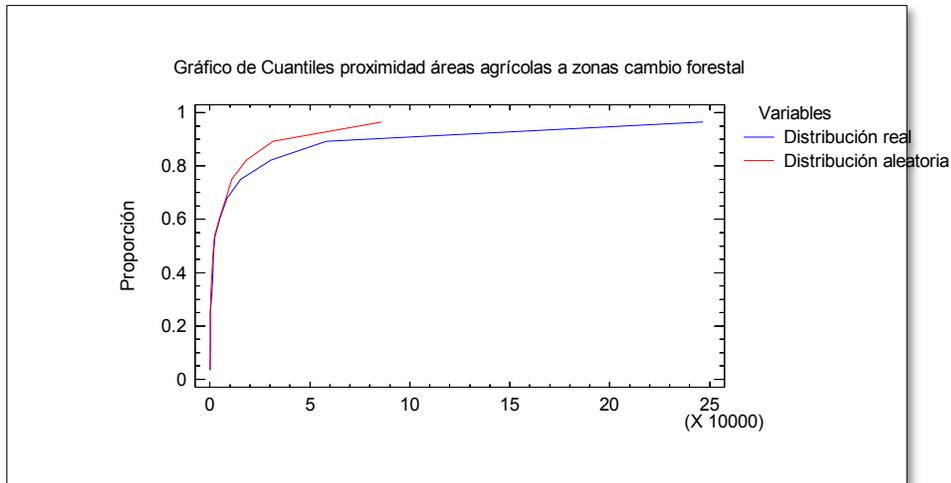


Gráfico 12.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal.

4.1.3 Análisis de la forma

El análisis de la forma de los parámetros dentro del modelo corresponde al ajuste por mínimos cuadrados de las funciones de probabilidad que describen matemáticamente a los parámetros relevantes al proceso de deforestación. Se presenta únicamente el análisis del parámetro de Altitud por ser el único que resultó relevante.

Tabla 9.- Ecuaciones empleadas y clave de ecuaciones.

Relación	Ecuación	Clave de ecuación
Pendiente	Relación no relevante	Relación no relevante
Altitud	$y = e^{a+bx^{2.5} + cx^3}$	A1
Caminos	Relación no relevante	Relación no relevante
Asentamientos humanos	Relación no relevante	Relación no relevante
Áreas agrícolas	Relación no relevante	Relación no relevante

4.1.3.1 Altitud

El grafico y ecuación de la función de probabilidad de pérdida forestal para la zona templada, determinada por la relación de coincidencia de altitud con zonas de pérdida forestal real, es el siguiente.

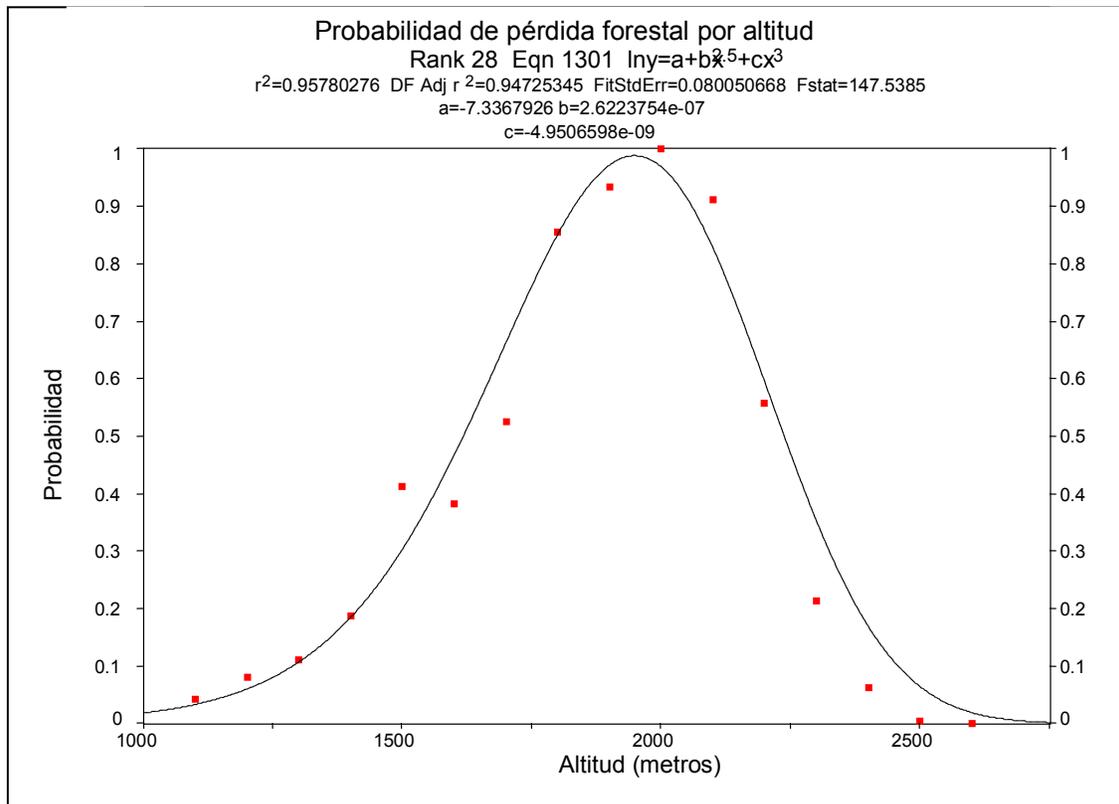


Gráfico 13.- Función de probabilidad en la zona templada para el parámetro Altitud.

4.1.4 Determinación de la influencia

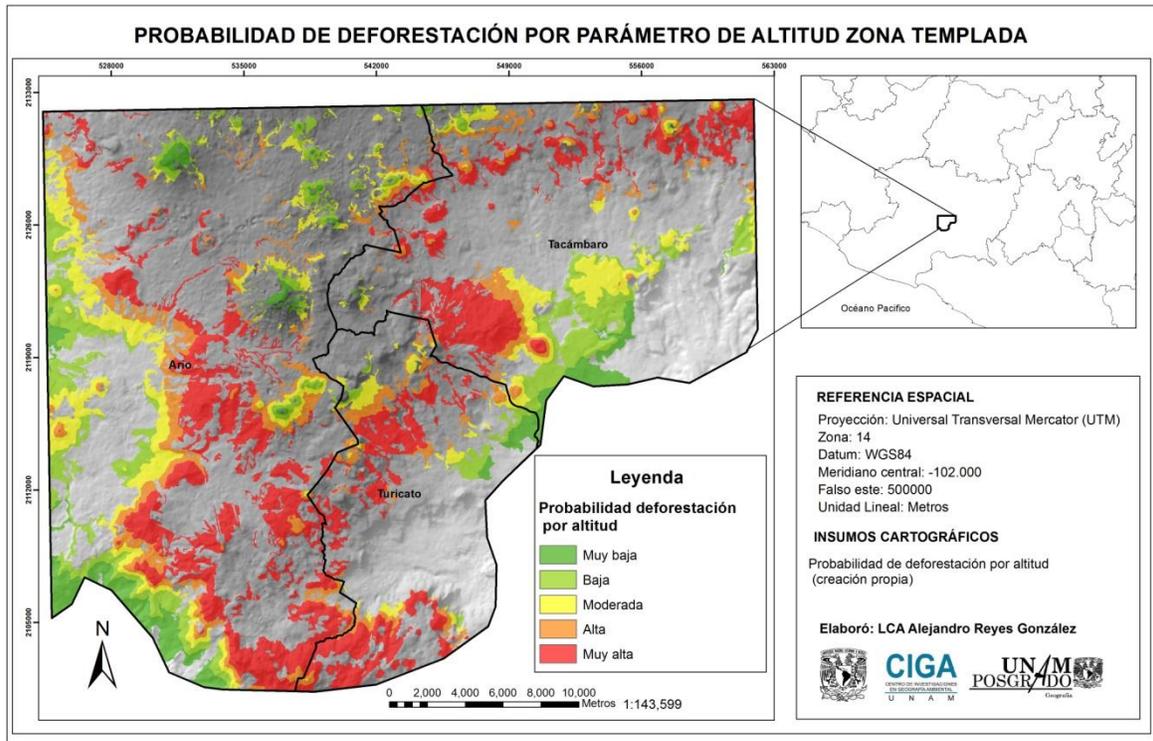
Debido a que en la zona templada se obtuvo un solo parámetro (altitud), se da por hecho que la totalidad de pesos (1.0) corresponde a la altitud. Se obtiene directamente el mapa de probabilidad de deforestación en función de la coincidencia de altitud en zonas forestales.

La operación matemática introducida al programa ArcMap[®] del paquete cartográfico ArcGis[®] para la obtención de la probabilidad de pérdida forestal por la relación mencionada fue la siguiente:

$$\text{Ln}y: a+bx^{2.5}+cx^3 = \text{Exp}(-7.3367926 + 0.000000026223754 * \text{Pow}(\text{"altitbosq"}, 2.5) + (-4.9506598\text{E-}09 * \text{Pow}(\text{"altitbosq"},3)))$$

Y donde las variables a,b y c son sustituidas directamente por los coeficientes obtenidos para la función de probabilidad. La variable x= "altitbosq" corresponde a los bosques existentes para la última fecha digitalizada, ya que se trata de predecir la susceptibilidad de pérdida en el futuro.

Al mapa de probabilidad de deforestación por la relación de coincidencia de altitud se le clasificaron los valores de probabilidad en 5 clases igualmente definidas. Con esto se tiene una leyenda cualitativa para su mejor interpretación (Mapa 7).



Mapa 7.-Probabilidad de deforestación por el parámetro de coincidencia de bosques con la altitud en la zona templada para los bosques de 2011.

4.1.5 Análisis de percepciones locales en la zona templada

Se realizaron 4 entrevistas semi-estructuradas en la zona templada a tres tipos de actores: un funcionario público relacionado a actividad agrohortícola (Jefe de Junta Local de Sanidad Vegetal Tacámbaro); un empresario productor, empacador y comercializador de aguacate del municipio de Ario y a dos campesinos de la región. La información obtenida fue bastante diversa y notablemente diferenciada según la perspectiva de cada entrevistado. A continuación muestro a grandes rasgos y en orden la percepción generalizada de los componentes de la entrevista (el guión de la entrevista se muestra en el anexo I).

4.1.5.1 Fenómeno de estudio en general

Es generalizado para los tres tipos de actores consultados que la principal actividad de la región de estudio es el cultivo comercial del aguacate y que las dinámicas sociales giran en torno a esta actividad por completo. Se registró que esta actividad se da por igual en cualquier tipo de tenencia de la tierra, pero que las únicas áreas en las que aún existen bosques son extensiones de tierra de pequeños propietarios que no se encuentran en la zona o que no están interesados en el aprovechamiento del aguacate. Los tres actores entrevistados mencionan que las áreas donde hay cultivos temporales o algún otro tipo de cultivo que no es aguacate, es a causa de que en esas zonas el aguacate no prospera, principalmente por condiciones de suelo no aptas y por la incidencia de “heladas” que impiden el desarrollo de las huertas de aguacate, siendo estas último en las zonas de mayor altitud.



Imagen 1.- Cultivo de aguacate municipio de Ario, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes mayo 2014.

4.1.5.2 Relaciones espaciales en la toma de decisiones para el cambio forestal

En este apartado se centró el grueso de la información y de alguna manera concordó con lo que en el modelo se obtiene. A grandes rasgos y de manera generalizada menciono a continuación las percepciones de la relevancia de las relaciones espaciales con el fenómeno de la deforestación.

Para las percepciones sobre la relación de la pendiente los entrevistados conocen los riesgos y problemáticas de la pérdida de suelo después de remover el bosque para plantar aguacate, pero mencionan que por la “ambición” y el “boom” de

cultivar aguacate se dejan de lado las recomendaciones de cultivarlo en pendiente adecuada, pues hasta en las zonas con suelos poco profundos hacen producir aguacate trasladando “tierra-suelo” y haciendo camellones elevados para cultivar aguacate (Imagen 2).



Imagen 2.- Cultivo de aguacate sistema de camellones Tecario, Tacámbaro, Michoacán.
Foto: Alejandro Reyes mayo 2014.

En la relación de altitud, la percepción resultó semejante a lo que el modelo obtuvo. Es decir que es de gran relevancia por los actores locales que han realizado cambios forestales para expandir e introducir el cultivo del aguacate, pues la altitud restringe climáticamente el establecimiento de dicho frutal. Según los entrevistados, la altitud óptima para el cultivo va de 1,800-2,200 msnm. Después de esta altitud por cuestiones de baja temperatura y “heladas” es

complicado cultivar este frutal, pero con una “descarga” de agroquímicos se puede cultivar hasta los 2,500 msnm. Es importante mencionar que en los recorridos de campo para este trabajo se encontró cultivos de aguacate en producción hasta una altitud de 2,720 msnm en el cerro de la Barra del municipio de Ario donde se encuentra la torre de control de incendios de la CONAFOR.

Para la relación de proximidad a caminos la opinión fue generalizada, expresando que aunque es fundamental que haya caminos y accesos para transportar los insumos y la producción forestal y hortícola, los productores de aguacate tienen la capacidad de abrir caminos y accesos con sus propios recursos, tanto fuera como dentro de las huertas. Estos accesos son particulares y compartidos entre los productores que les brindan el mantenimiento. Como dato se registra que a los accesos transitables en vehículos dentro de las huertas de aguacate les llaman “callejones” (Imagen 3).



Imagen 3.- “Callejones” dentro de huertas de aguacate. Foto: Alejandro Reyes mayo 2014.

Para la relación de proximidad a asentamientos humanos se registró una percepción contrastante en cuanto a que sea factor para la remoción forestal y por ende la expansión del cultivo del aguacate. Los entrevistados mencionaron que donde existen poblados, rancherías o caseríos cercanos, la explotación forestal es intensa y por su parte la actividad hortícola se favorece y expande; es decir, la cercanía de asentamientos humanos provee de mano de obra disponible, infraestructura para tener segura la maquinaria y la obtención de productos, como los mismos entrevistados mencionan. Aunque los entrevistados más relacionados con la actividad aguacatera mencionaron que en los huertos donde no hay asentamientos humanos cercanos los mismos dueños productores construyen casas para trasladar personas a vivir dentro de estas áreas bajo producción.

En cuanto a la percepción de proximidad de las áreas agrícolas a las zonas de bosque mencionan que prácticamente todas las zonas agrícolas de riego o de cultivos temporales fueron convertidas a huertos de aguacate, sobre todo en los años 1990's con la muy redituable exportación de este fruto a los E.U.A.

Ya en las percepciones generales de la pérdida forestal los entrevistados reafirman que en general los cambios en las cubiertas del terreno de la zona de estudio se dieron por la gran "ambición" en desarrollar una actividad altamente redituable como lo es el cultivo del aguacate. Dicha actividad productiva ha traído gran derrama económica para un sector limitado de la población pero a costa de diversos conflictos y problemáticas ambientales que los mismos entrevistados reconocen como la deforestación, el uso indiscriminado de agroquímicos perjudiciales a la salud humana, la gran demanda hídrica, erosión de tierras y diversos conflictos sociales por posesión de tierra.

4.2 ZONA TROPICAL

4.2.1 Cambios en la cubierta

Los datos cuantitativos muestran que prácticamente se duplicó la red de caminos para ambas fechas analizadas, teniéndose en el año 1995 una extensión lineal de 305.16 km de caminos y en el año 2011 de 603.29 km. Por su parte las localidades muestran un incremento de apenas 23 localidades, siendo 209 localidades las existentes en el año 1995.

Los datos de cambio de en la cubierta y uso de suelo correspondientes al municipio michoacano de Nocupétaro muestran lo siguiente:

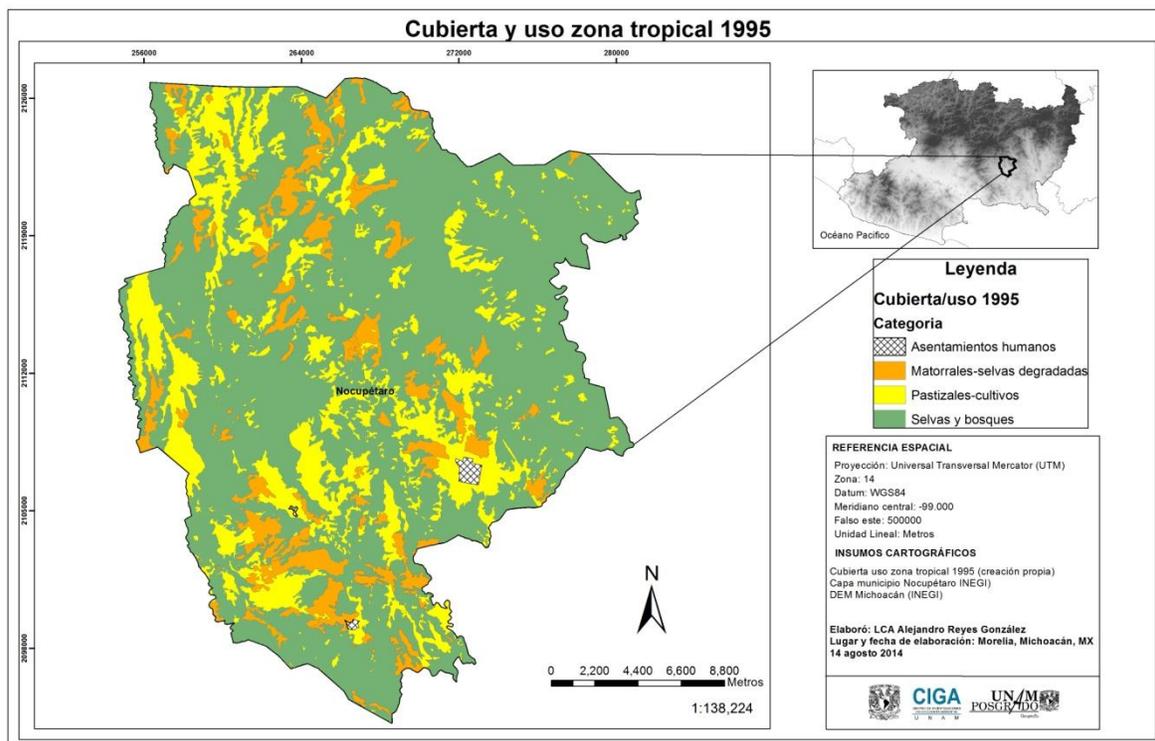
Tabla 11.- Extensión en hectáreas de las diferentes categorías de cobertura para la zona tropical.

Categorías zona tropical	Cubierta 1995 (ha)	Cubierta 2010 (ha)
Selvas y bosques	64,969.46	68,727.5
Matorrales-selvas degradadas	9,811.8	10,567.35
Pastizales-cultivos	17,054.69	12,471.78
Asentamientos humanos	278.1	702.35
Total	92,114.05	92,468.98

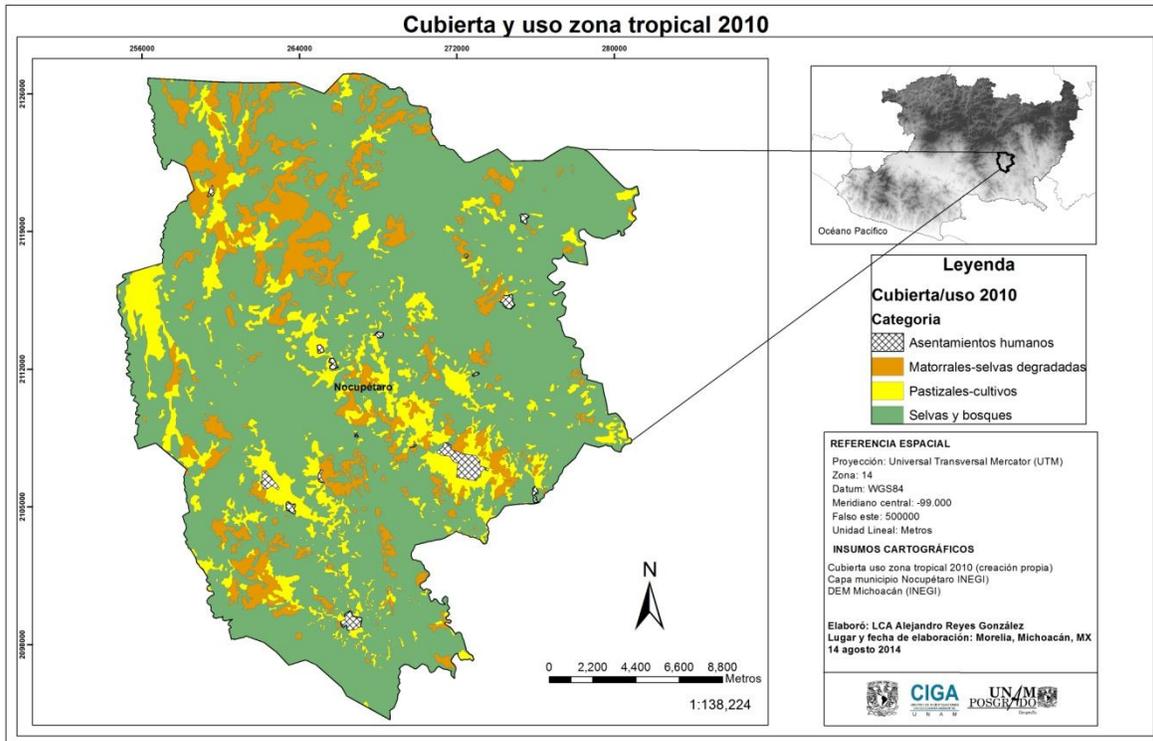
La tabla resumida con la extensión en hectáreas de las diferentes cubiertas muestra a grandes rasgos que aparentemente no existieron fuertes cambios para el lapso de tiempo evaluado. De hecho, las selvas y bosques aumentaron a casi 4,000 hectáreas en sustitución al parecer de algunas áreas de pastizales y cultivos. Para las selvas degradadas en formas secundarias y de matorrales se mantuvieron casi igual entre ambas fechas. Por último, se nota un incremento en

las zonas de asentamiento humano y relacionado con esto los caminos y accesos viales a muchas áreas del municipio justamente en el lapso de tiempo analizado. Esta aparente falta de cambios es solo en términos de superficie, pues si se observan las figuras siguientes se aprecia que hubo pérdida forestal, y que si bien la revegetación de áreas previamente sin cubierta forestal fue mayor que la pérdida, en realidad lo que puede estar ocurriendo es un movimiento en términos espaciales de las áreas en donde sucede el cambio. Esto se muestra como una deforestación total de 3,758 has, según el mapa 10.

La digitalización de cubiertas se muestra en los siguientes mapas de la zona tropical.

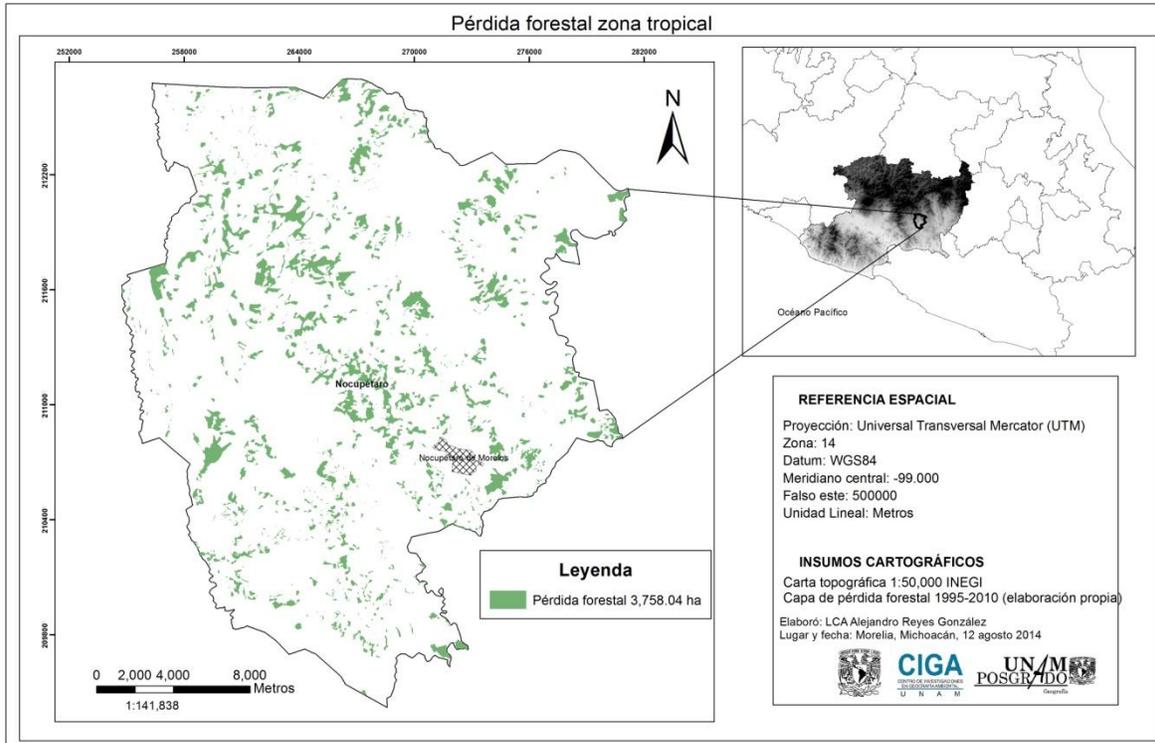


Mapa 8.-Cubiertas de zona tropical fecha inicial 1995.



Mapa 9.- Cubiertas de zona tropical fecha final 2010.

Es importante también mostrar gráficamente a manera de mapa las extensiones de pérdida forestal que se identificó en el análisis entre fechas de la zona tropical (Mapa 10).



Mapa 10.- Cambio forestal zona tropical periodo 1995-2010.

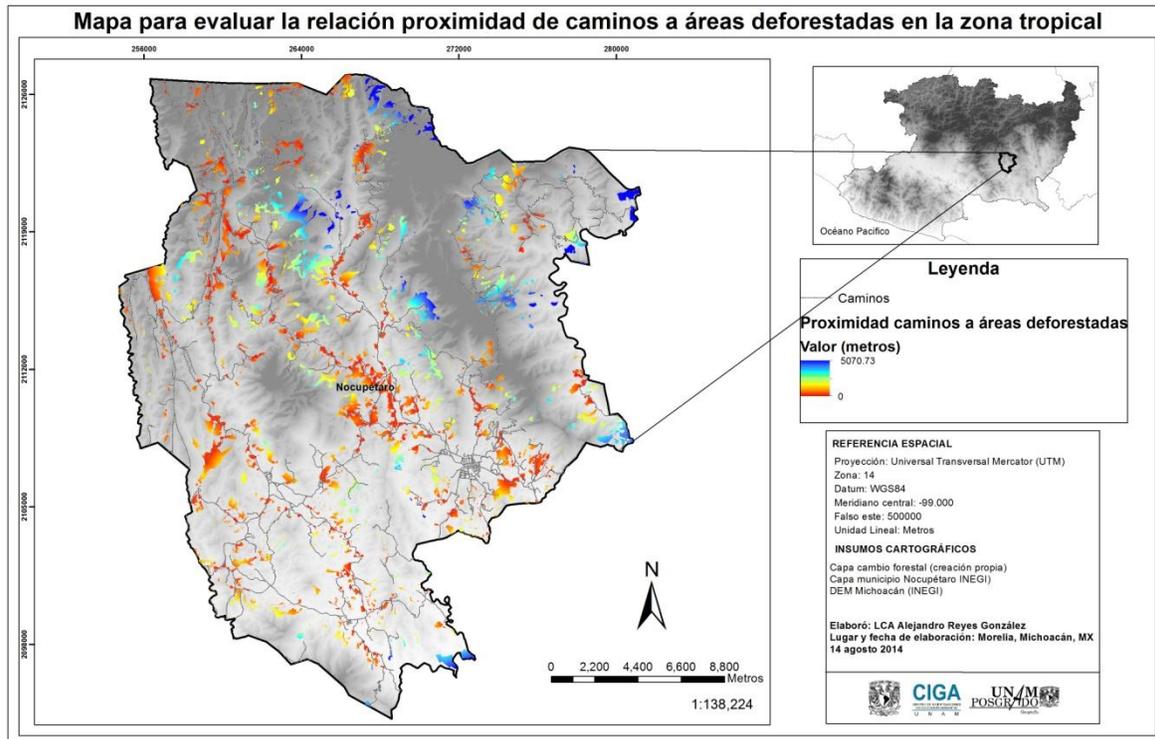
4.2.2 Análisis de relevancia

Después de efectuar los análisis de relevancia se obtuvieron como relevantes las siguientes relaciones.

Tabla 12.-Relaciones analizadas zona tropical

Relación	Prueba estadística realizada	Relevancia
Pendiente	Paramétrica	No
Altitud	Paramétrica	No
Caminos	No paramétrica/Paramétrica	Si
Asentamientos humanos	Paramétrica	No
Áreas agrícolas	No paramétrica	No

En función de estos resultados se presenta el mapa del parámetro proximidad de caminos a las áreas de pérdida forestal para la zona tropical, único que resulto relevante.



Mapa 11. Proximidad a caminos en la zona tropical.

Además, a continuación se especifica para mayor claridad lo que se obtuvo del análisis en cada parámetro.

4.2.2.1 Pendiente

Del análisis de la coincidencia de pendiente con las áreas de cambio forestal se obtuvo que no es una relación de relevancia.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	15	15
Promedio	3871.13	4061.53
Desviación Estándar	4630.35	4305.62
Coefficiente de Variación	119.612%	106.01%
Sesgo Estandarizado	1.13019	0.91522
Curtosis Estandarizada	-1.05638	-1.04057

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

Dado que ambas distribuciones resultaron normales, se aplicaron pruebas paramétricas.

Comparación de Medias

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\text{media1} = \text{media2}$

Hipótesis Alt.: $\text{media1} <> \text{media2}$

suponiendo varianzas iguales: $t = -0.116627$ valor-P = 0.907988

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos distribuciones. También construye los intervalos, ó cotas, de confianza para cada media y para la

diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde -3534.54 hasta 3153.74. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos muestras de datos, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

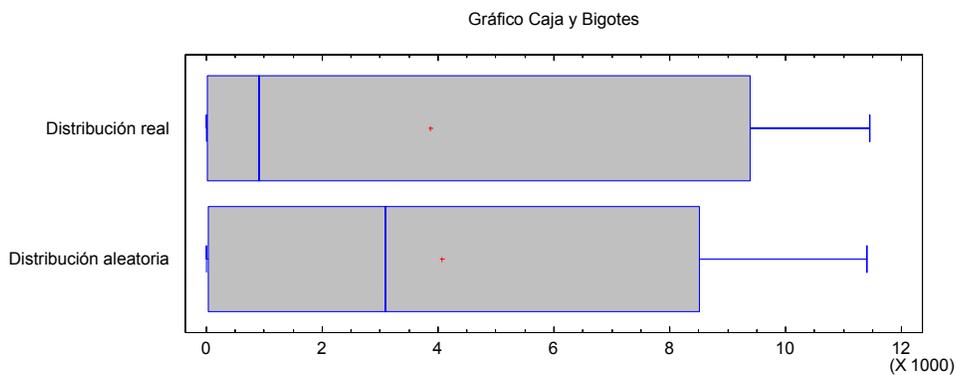


Gráfico 14.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente a zonas de cambio forestal.

Desviación estándar:

Comparación de Desviaciones Estándar

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Desviación Estándar	4630.35	4305.62
Varianza	2.14401E7	1.85383E7
Gl	14	14

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

F = 1.15653 valor-P = 0.789365

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-F para comparar las varianzas de las dos distribuciones. También construye intervalos ó cotas de confianza para cada desviación estándar y para la razón de varianzas. De particular interés es el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 0.388281 hasta 3.44482. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede ejecutarse una prueba-F para evaluar una hipótesis específica acerca de las desviaciones estándar de las poblaciones de las cuales provienen las dos distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si el cociente de las desviaciones estándar es igual a 1.0 versus la hipótesis alternativa de que el cociente no es igual a 1.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

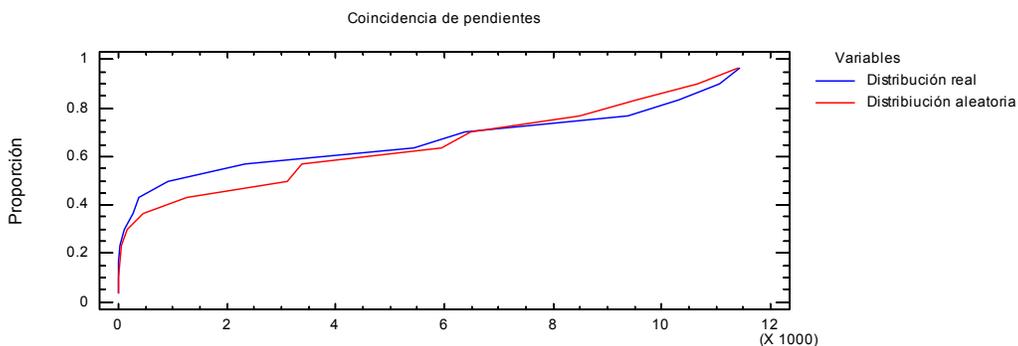


Gráfico 15.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de pendiente en zonas de cambio forestal.

4.2.2.2 Altitud

La relación de la coincidencia de altitud con las áreas de cambio forestal resultó que no es una relación relevante.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	15	15
Promedio	3871.47	4055.4
Desviación Estándar	3369.68	2983.62
Coefficiente de Variación	87.0389%	73.5715%
Sesgo Estandarizado	0.694933	0.0465425
Curtosis Estandarizada	-0.703736	-1.17592

Descripción de los valores de las distribuciones (obtenido del software estadístico): Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

En observación de que las distribuciones se encuentran dentro de los rangos de normalidad se aplican pruebas paramétricas.

Comparación de Medias

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\text{media1} = \text{media2}$

Hipótesis Alt.: $\text{media1} <> \text{media2}$

suponiendo varianzas iguales: $t = -0.158278$ valor-P = 0.875374

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos distribuciones. También construye los intervalos, ó cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la

diferencia entre las medias, el cual se extiende desde -2564.37 hasta 2196.5. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos distribuciones, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

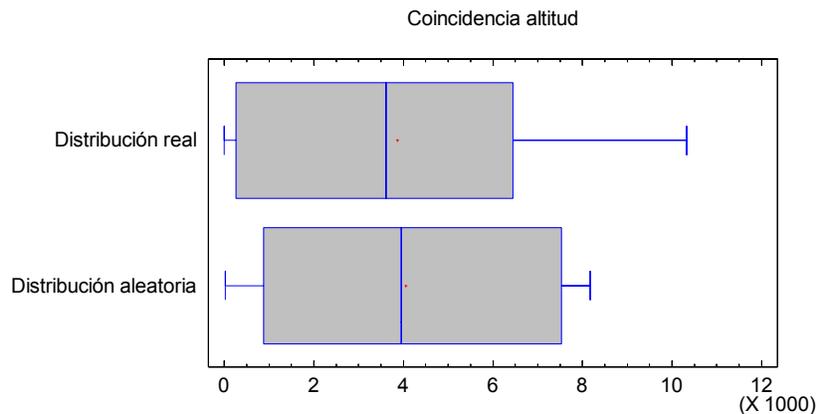


Gráfico 16.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de la relación coincidencia de altitud a zonas de cambio forestal.

Comparación de Desviaciones Estándar

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Desviación Estándar	3369.68	2983.62
Varianza	1.13548E7	8.90198E6
Gl	14	14

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

$F = 1.27553$ valor-P = 0.655091

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-F para comparar las varianzas de las dos distribuciones. También construye intervalos ó cotas de confianza para cada desviación estándar y para

la razón de varianzas. De particular interés es el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 0.428234 hasta 3.79929. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos distribuciones con un nivel de confianza del 95.0%. También puede ejecutarse una prueba-F para evaluar una hipótesis específica acerca de las desviaciones estándar de las poblaciones de las cuales provienen las dos distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si el cociente de las desviaciones estándar es igual a 1.0 versus la hipótesis alternativa de que el cociente no es igual a 1.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

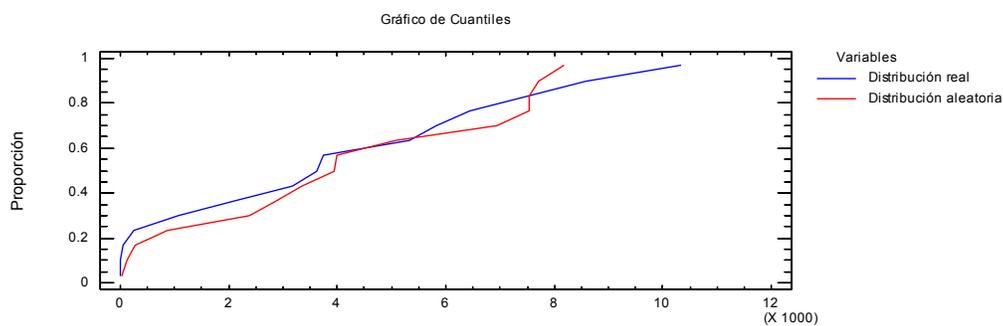


Gráfico 17 de Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación de coincidencia de altitud en zonas de cambio forestal.

4.2.2.3 Caminos

Para el análisis de la relación de la proximidad de los caminos a las áreas de cambio forestal se encontró que la prueba de forma determina de inicio que las distribuciones son diferentes tanto en sesgo como en curtosis. La distribución real presenta una distribución no normal y de tipo leptocúrtica. Por su parte, la distribución aleatoria presenta una distribución normal de tipo platocúrtica. Esto establece que existe relevancia en la relación.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	21	21
Promedio	2718.95	2857.05
Desviación Estándar	4368.16	3183.09
Coefficiente de Variación	160.656%	111.412%
Sesgo Estandarizado	4.91995	1.88741
Curtosis Estandarizada	7.23033	-0.170332

Descripción de los valores de las muestras (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, la distribución real tiene un valor de sesgo estandarizado fuera del rango normal. La distribución real tiene una curtosis estandarizada fuera del rango normal.

Para completar el análisis se aplican pruebas no paramétricas debido a que una de las distribuciones no es normal..

Comparación de Medianas

Mediana de muestra 1: 532.0

Mediana de muestra 2: 1478.0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 20.5238

Rango Promedio de muestra 2: 22.4762

$W = 20.5$ valor-P = 0.61488

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de las dos distribuciones. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos distribuciones en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

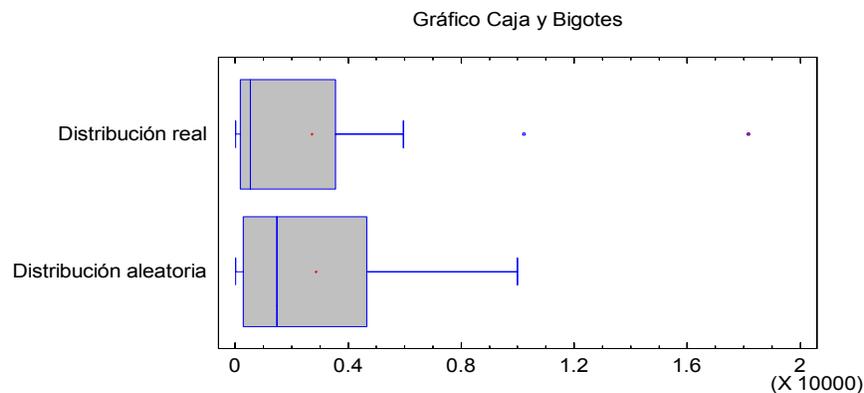


Gráfico de caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.190476

Estadístico K-S bilateral para muestras grandes = 0.617213

Valor P aproximado = 0.840703

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las dos distribuciones. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas. En este caso, la distancia máxima es 0.190476, que puede verse Gráfico 17 de Cuantiles. De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

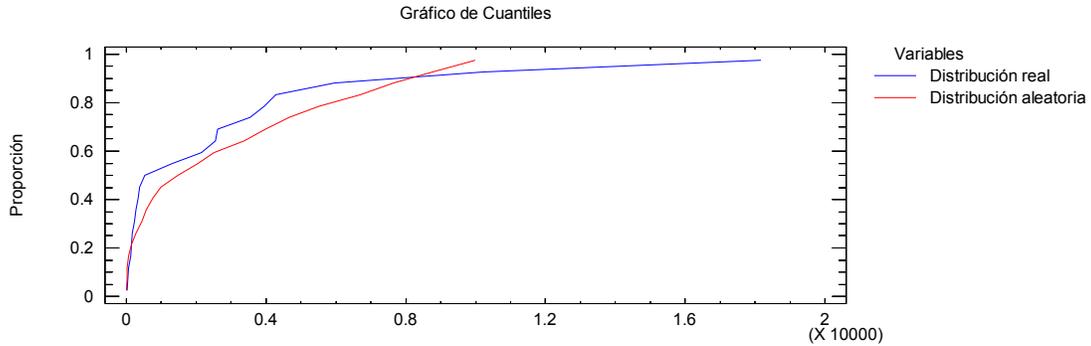


Gráfico 18.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de caminos a zonas de cambio forestal.

Se determinó tomar como relevante esta relación espacial a pesar de que las pruebas no paramétricas no mostraban diferencias significativas. Sin embargo, esta determinación se realizó solo en base a la prueba de forma lo que quizá sugiere que deben buscarse otras pruebas que muestren la diferencia observada en ambas distribuciones.

4.2.2.4 Asentamientos humanos

Para la relación de proximidad de asentamientos humanos con las áreas de cambio forestal se obtuvo que no es una relación de relevancia.

Resumen Estadístico:

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	18	18
Promedio	3172.11	3333.22
Desviación Estándar	3590.63	3265.55
Coefficiente de Variación	113.194%	97.9697%
Sesgo Estandarizado	1.35905	0.812088
Curtosis Estandarizada	-0.888453	-1.22793

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

La prueba de forma de la distribución muestra que son normales ambas distribuciones por lo que se aplican pruebas paramétricas.

Comparación de Medias

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\text{media1} = \text{media2}$

Hipótesis Alt.: $\text{media1} <> \text{media2}$

suponiendo varianzas iguales: $t = -0.140834$ valor-P = 0.888832

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos distribuciones. También construye los intervalos, ó cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde -2485.96 hasta 2163.74. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos distribuciones, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

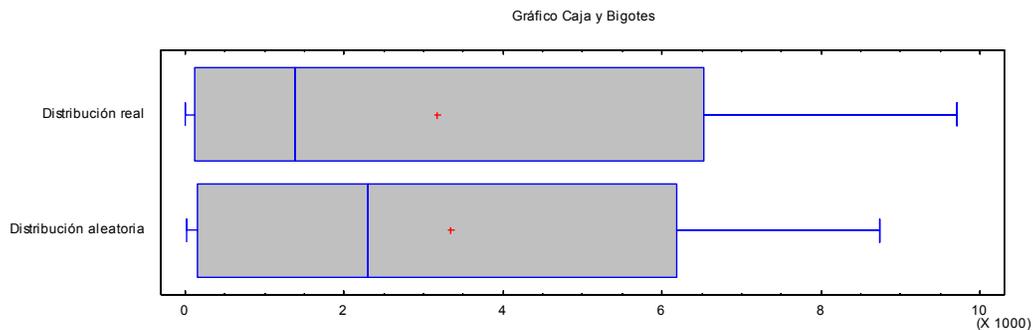


Gráfico 19.-Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal.

Comparación de Desviaciones Estándar

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Desviación Estándar	3590.63	3265.55
Varianza	1.28926E7	1.06638E7
Gl	17	17

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 \neq \sigma_2$

$F = 1.20901$ valor-P = 0.700026

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba-F para comparar las varianzas de las dos distribuciones. También construye intervalos ó cotas de confianza para cada desviación estándar y para la razón de varianzas. De particular interés es el intervalo de confianza para la razón de varianzas, el cual se extiende desde 0.452252 hasta 3.23204. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos distribuciones con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede ejecutarse una prueba-F para evaluar una hipótesis específica acerca de las desviaciones estándar de las poblaciones de las cuales provienen las dos distribuciones. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si el cociente de las desviaciones estándar es igual a 1.0 versus la hipótesis alternativa de que el cociente

no es igual a 1.0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula.

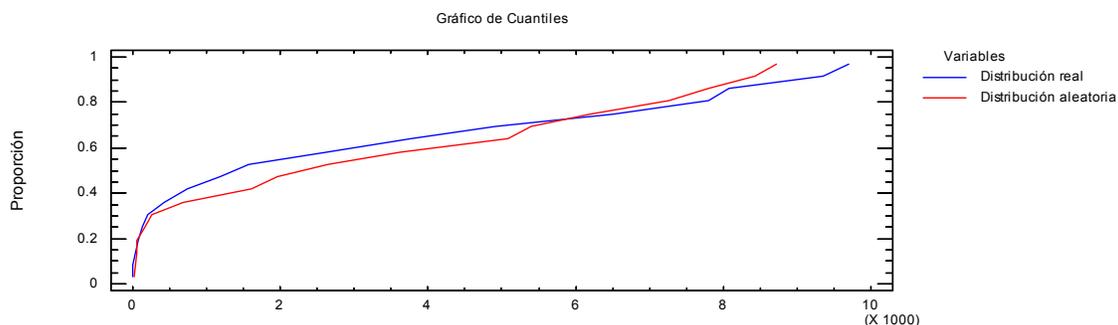


Gráfico 20.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal.

4.2.2.5 Áreas agrícolas

Las pruebas estadísticas realizadas a esta relación de proximidad demostraron que no es de relevancia.

Resumen Estadístico

Análisis	Distribución real	Distribución aleatoria
Recuento	11	11
Promedio	5215.18	5471.45
Desviación Estándar	10002.8	7943.03
Coefficiente de Variación	191.802%	145.172%
Sesgo Estandarizado	3.59234	2.30843
Curtosis Estandarizada	5.01532	1.63424

Descripción de los valores de las muestras (obtenido del software estadístico):

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos distribuciones. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones

estándar. En este caso, ambas distribuciones tienen valores de sesgo estandarizado fuera del rango normal. La distribución real tiene una curtosis estandarizada fuera del rango normal, mientras que la aleatoria es normal. Esto último indica que puede existir una diferencia significativa que haga que esta relación sea relevante.

La prueba de forma de la distribución muestra que, en general, no son normales ambas distribuciones por lo que se aplican pruebas no paramétricas.

Comparación de Medianas

Mediana de distribución real: 733.0

Mediana de distribución aleatoria: 1448.0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2

Hipótesis Alt.: mediana1 <> mediana2

Rango Promedio de muestra 1: 11.0909

Rango Promedio de muestra 2: 11.9091

W = 4.5 valor-P = 0.792751

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta la prueba W de Mann-Whitney para comparar las medianas de las distribuciones. Esta prueba se construye combinando las dos distribuciones, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos distribuciones en los datos combinados. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95.0%.

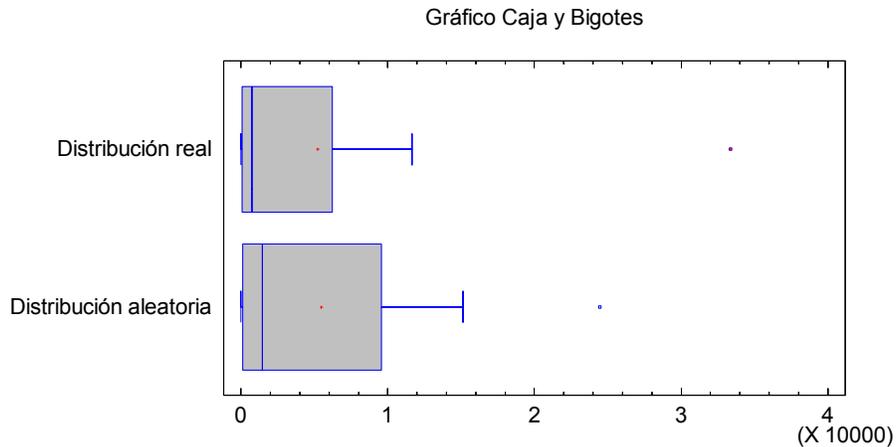


Gráfico 21.- Caja y bigotes que muestra la distribución real y aleatoria de relación proximidad de áreas agrícolas a zonas de cambio forestal.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0.181818

Valor P aproximado = 0.993356

Interpretación del análisis realizado (tomado del software estadístico):

Esta opción ejecuta una prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos distribuciones. Esta prueba se realiza calculando la distancia máxima entre las distribuciones acumuladas de las dos distribuciones. En este caso, la distancia máxima es 0.181818, que puede verse en el Gráfico de Cuantiles de la lista de Opciones Gráficas. De particular interés es el valor-P aproximado para la prueba. Debido a que el valor-P es mayor ó igual que 0.05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95.0%.

Aunque se buscó confirmación del indicio de relevancia aportado por una de las pruebas de forma (curtosis), los valores de P para las pruebas W y DN son tan altos que no pueden tomarse como soporte para tal conclusión. Por ello se considera que aunque la relación pudiera ser relevante, probablemente solo lo es en algunas porciones del territorio de la zona de estudio.

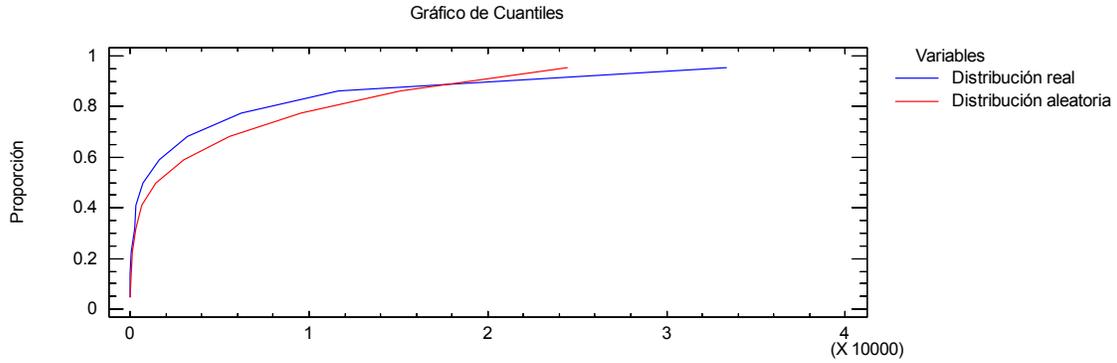


Gráfico 22.- Cuantiles que muestra la distribución real y aleatoria de la relación proximidad de asentamientos humanos a zonas de cambio forestal.

4.2.3 Análisis de forma

Las ecuaciones del análisis de la forma derivadas por ajuste de mínimos cuadrados para las funciones de probabilidad correspondientes a los parámetros relevantes son las siguientes para la zona tropical.

Tabla 13.- Ecuaciones empleadas y clave de ecuaciones.

Relación	Ecuación seleccionada	Clave de ecuación
Pendiente	Relación no relevante	Relación no relevante
Altitud	Relación no relevante	Relación no relevante
Caminos	$y=a+b\ln x/x$	B2
Asentamientos humanos	Relación no relevante	Relación no relevante
Áreas agrícolas	Relación no relevante	Relación no relevante

Se muestra la forma de la función del parámetro de proximidad de caminos a las áreas de pérdida forestal (Gráfico 4).

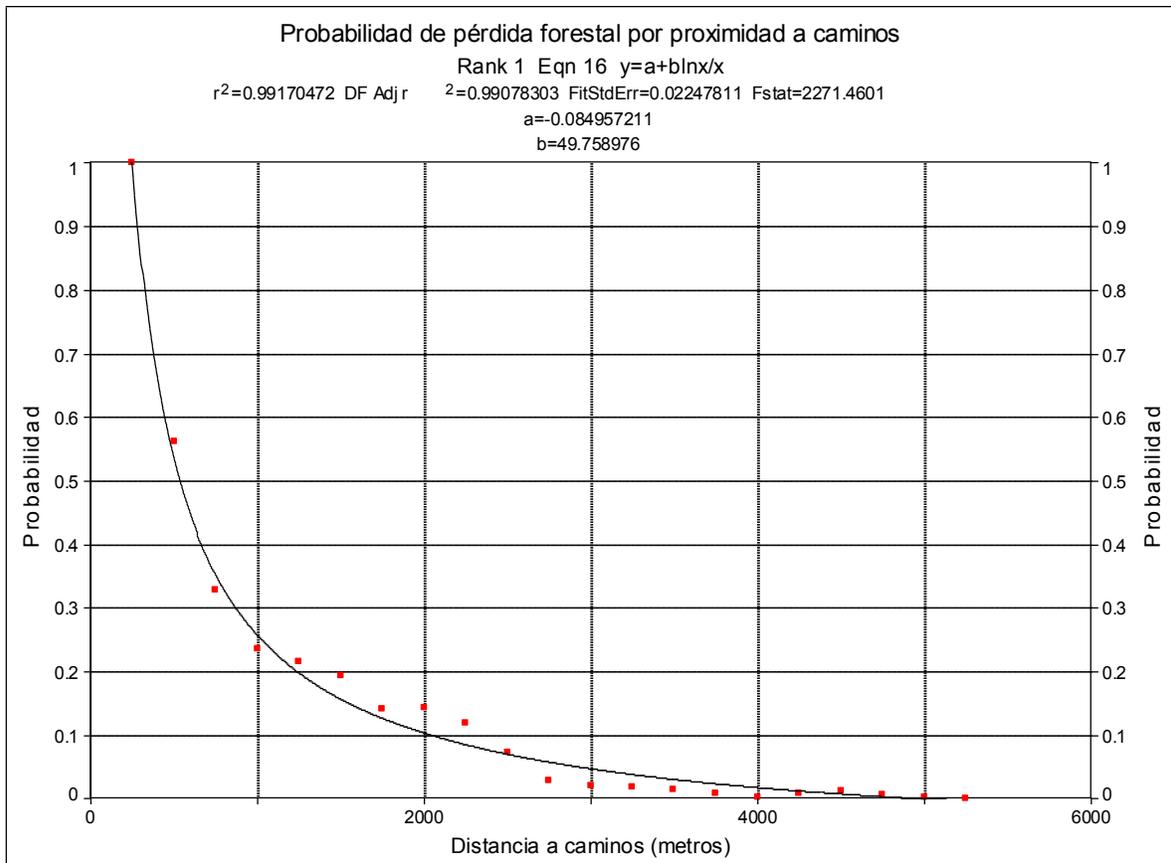


Gráfico 23.-Función de probabilidad en la zona tropical para el parámetro proximidad a caminos.

En el gráfico anterior se observa que la mayor probabilidad de pérdida forestal por la proximidad a caminos se encuentra en a las distancias más próximas de los caminos (menos de 1000 m). De hecho la función de probabilidad presenta valores fuera de 1 pero fue la ecuación más pertinente para obtener la influencia de esta relación el proceso de deforestación.

4.2.4 Determinación de la influencia

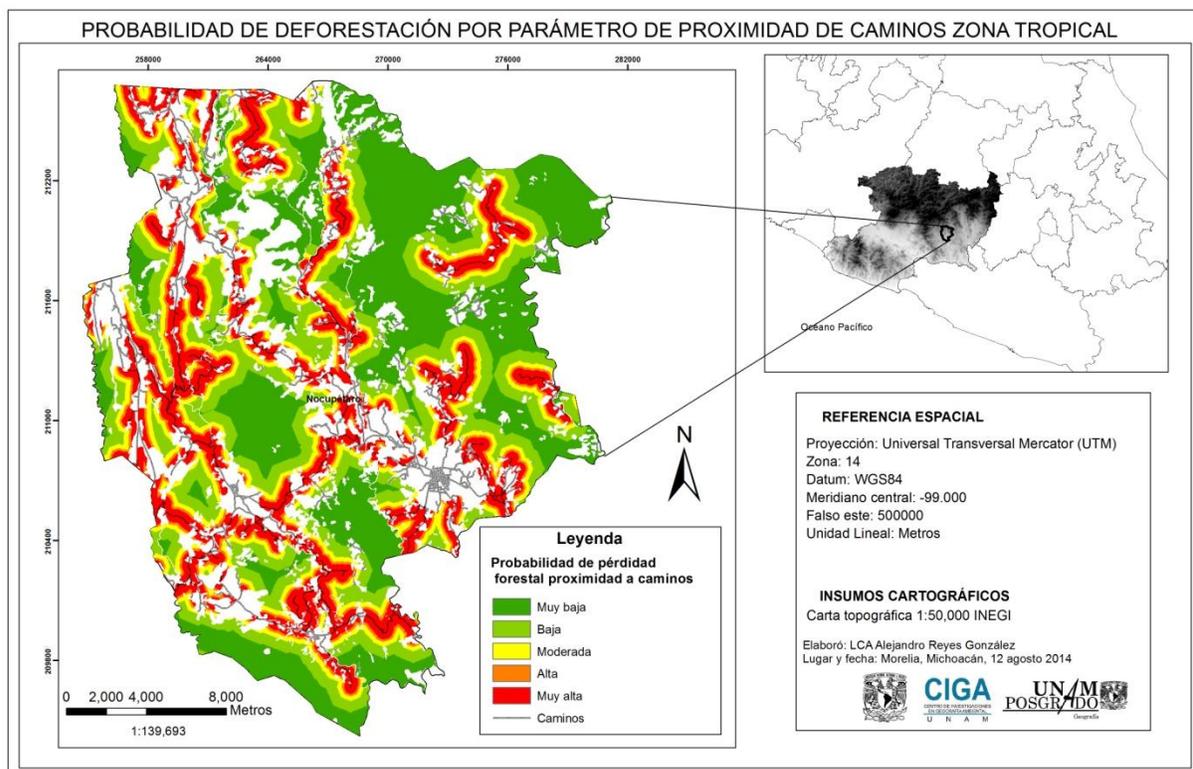
Debido a que en la zona tropical se obtuvo un solo parámetro incidente en la pérdida forestal (proximidad a caminos), se da por hecho que la totalidad de peso

para la presencia de este fenómeno es dicha relación, y no se realiza acción mayor que obtener el mapa de probabilidad de deforestación en función de la proximidad de caminos a zonas forestales que aún existen en la zona.

La operación matemática introducida al programa ArcMap[®] del paquete cartográfico ArcGis[®] para la obtención de la probabilidad de pérdida forestal por la relación mencionada fue la siguiente:

$$y: a+b\ln X/X= -0.084957211 + 49.758976 * \ln("selvproxcam10") / "selvproxcam10"$$

El mapa resultante se clasifico en valores de probabilidad en 5 clases igualmente definidas de tal manera que los valores que salian de más de 1 fueron agrupados en la última clase. Una vez clasificados se etiquetaron para interpretar la probabilidad de deforestación como la leyenda lo muestra.



Mapa 12.- Probabilidad de deforestación por el parámetro de proximidad de caminos a las áreas forestales de la zona tropical.

4.2.5 Análisis de percepciones en la zona tropical

Se analizaron 4 entrevistas a varias personas de diferentes localidades registrándose la siguiente percepción generalizada del tema de estudio. Todos los entrevistados fueron campesinos de diferente localidad del municipio, siendo personas masculinas de más de 50 años de edad.

4.2.5.1 Fenómeno de estudio en general

Fue generalizada en la opinión de los entrevistados que la principal actividad agropecuaria es la ganadería extensiva y la agricultura de autoconsumo. Estas mismas actividades son las responsables de los cambios en las cubiertas naturales de la zona de estudio.

La agricultura es de temporal, no mecanizada, con fines de autoconsumo. Localmente catalogan a su tipo de agricultura como de “*barbecho en ladera y con estaca o chuzo*”, la cual implica en muchos casos que es del tipo roza-tumba-quema.

A grandes rasgos las practicas de remoción forestal para el cultivo local de ciertas áreas implican realizar “desmontes” o “tumbas” (Imagen 4) de todos los individuos leñosos, los cuales se queman o se extraen para el uso de la madera como combustible o para la construcción.



Imagen 4.- “Tumba” recién realizada para cultivos de temporal, El Sauz, Nocupétaro, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes abril 2010.

Los entrevistados mencionan que generalmente estos “barbechos” duran unos cuantos años (2-6 años) bajo uso agrícola mientras la tierra mantenga algo de productividad y no termine por perder el suelo. Si el área cultivada se erosiona se buscan nuevas zonas para cultivar. Estas mismas prácticas de “desmonte” se realizan para inducir los pastos naturales o para cultivar gramíneas con fines de pastoreo de ganado.



Imagen 5.- Áreas de manejo agrícola y ganadero, Nocupétaro de Morelos, Michoacán.
Foto: Alejandro Reyes julio 2014.

4.2.5.2 Relaciones espaciales en la toma de decisiones para el cambio forestal

En este apartado se menciona de manera generalizada las percepciones relacionadas a las relaciones espaciales analizadas en el modelo.

Para la pendiente se registró que generalmente los pobladores locales conocen la importancia de la inclinación del terreno, pues reconocen que en fuertes pendientes se pierde el suelo y dura poco tiempo para seguir cultivando (3 años aproximadamente). Sin embargo, si no hay otras zonas disponibles cultivan en pendientes muy pronunciadas (Imagen 6).



Imagen 6.- “Desmontes” en áreas con pendiente pronunciada. La Ceiba Prieta, Nocupétaro, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes julio 2014.

En cuanto a la relación de altitud mencionaron de manera generalizada que en las partes más altas existe más humedad que favorecería a los cultivos, pero que también son las más alejadas, por lo cual para cultivar y tener ganado es más complicado.

La percepción local de la relación de proximidad a caminos de las áreas de pérdida forestal se encontró que es fundamental el acceso a las áreas de cultivo, sobre todo recientemente que se tiene acceso a vehículos, pues anteriormente las “bestias” (animales de carga) realizaban la acción de trasladar a las personas y las cosechas obtenidas. Un par de entrevistados mencionaron que recientemente (2005 a la fecha), se incrementaron muy considerablemente los caminos y muchas “brechas saca-cosechas”, es decir caminos específicos a las mayores áreas de manejo de las localidades del municipio. Mencionan que esto fue por solicitudes

de los mismos pobladores que en conjunto con las autoridades realizaron estos accesos para realizar las labores del campo. Cuando se cuestionó que si estos caminos o accesos aumentaron los “desmontes” la respuesta de todos los entrevistados fue negativa, pues ahora que hay accesos a las áreas agrícolas y ganaderas se busca que se mantengan bajo uso y manejo por facilidad de acceso.

Para la relación de proximidad a asentamientos humanos los actores locales entrevistados mencionaron que “desmontan” las áreas forestales más próximas a su hogar para tener el ganado y cultivar más cercano. En cuanto a esta percepción que específicamente para el modelo resultó no relevante, los entrevistados mencionan que prefieren que lo más cercano sean los potreros ganaderos y después las áreas de cultivo, pues así es fácil atender los animales y estos últimos no invaden ni dañan los cultivos.

Los entrevistados mencionan que pueden trasladarse con o sin vehículos hasta 2-3 kilómetros para realizar sus actividades. Fue interesante registrar la percepción de disminución de “rancheríos”, es decir, de asentamientos humanos de pocas familias a causa de lo aislado que se encontraban y sin accesos para vehículos. Según la percepción local la disminución de asentamientos humanos fue a causa del abandono de las actividades laborales rentables, especialmente la agricultura como actividad económica; el incremento de la migración a otras localidades más grandes, a la cabecera municipal o a los E.U.A. Además, según un par de entrevistados, existió un periodo de violencia social que obligo al abandono de varias rancherías. Mencionan que este fenómeno afecta también a las “grandes”

localidades y la cabecera municipal Nocupétaro de Morelos, pues los habitantes migran a otros pueblos, ciudades o al extranjero en busca de alternativas de vida.

En cuanto a la relación de proximidad a áreas agrícolas, los entrevistados mencionan que por cuestión de la tenencia de la tierra, sí es importante que estén concentradas o cercanas entre si las zonas de manejo o donde se realiza la remoción forestal.

Las percepciones generales sobre la deforestación para la zona tropical se centran básicamente en la actividad ganadera y agrícola, donde previo a llegada del temporal de lluvias realizan “desmontes” o preparan la tierra “limpiando” de arbustos o quemando los “barbechos” para cultivar. Así mismo, para la actividad ganadera en el periodo de lluvias cuando hay pastos verdes se deja al ganado libre por el “monte” en agostaderos amplios; posterior a la cosecha y al llegar el tiempo de “secas” se “baja” el ganado a las áreas que antes habían sembrado para manejarlos.

Otra percepción generalizada es la del aumento en las cubiertas vegetales durante los últimos 25 años por el ya mencionado abandono de agricultura. Según los entrevistados, las antiguas áreas de cultivo se han revegetado, pero notando que estas zonas ya no vuelven a ser los “montes” naturales de antes, sino más bien llenos de arbustos (vegetación secundaria). En este sentido, los entrevistados mencionan que el paulatino abandono de la agricultura se dio a partir de los años 1990. Previamente era muy generalizada la agricultura como principal actividad, donde los cultivos de ajonjolí, cacahuate, maíz y jamaica se cultivaban en grandes

extensiones de tierra, siendo comercializadas a compradores externos. Sin embargo, los precios cayeron y dejó de existir mercado para los cultivos obtenidos y se fue abandonando la actividad de manera paulatina, convirtiéndose la ganadería en la principal actividad hasta la actualidad.

En cuanto al aspecto de continuar con las remociones forestales mencionan que si es necesario expandir o cambiar los fragmentos bajo manejo continuarán realizando “desmontes”. En ese aspecto fue de interés registrar la percepción de que actualmente con la ampliación de la red de caminos, el uso de fertilizantes y agroquímicos herbicidas pueden continuar sembrando por más tiempo las áreas que desmontan, lo que evita que por más tiempo tengan que buscar nuevas áreas para barbechar. Esta última afirmación se relaciona con la percepción local de que se están regenerando y manteniendo los montes.

Otro aspecto en las percepciones locales muestran que los entrevistados conocen los beneficios de mantener las áreas de vegetación nativas, pues como mencionan, les brindan más agua por la lluvia y bienes maderables para la construcción de viviendas, así como leña para uso en el hogar.

Existe una percepción contrastante en cuanto al futuro de las áreas selváticas. Una primera percepción es la de revegetación y aumento del “monte” por el abandono de las actividades agropecuarias como ya se ha comentado. La otra percepción es que las selvas conservadas se acabarán por las sequías cada vez más prolongadas, y debido a que de “monte” puro ya quedan pocas zonas (las más altas), pues de hace 30 años a la fecha las áreas se revegetaron de arbustos

y no de “palos gruesos”, es decir de arboles de mayor tamaño característicos de las zonas de bosque primario (Imagen 7).



Imagen 7.- Zonas agrícolas y de vegetación secundaria., Nocupétaro, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes julio 2014.

4.3 COMPARACIÓN ENTRE ZONAS

La primera comparación entre las zonas estudiadas señala la existencia de cambios contrastantes en las cubiertas de suelo. Para la zona templada un fuerte cambio de cubierta forestal a otros tipos de cubierta, principalmente a cultivos permanentes (aguacate). Por el contrario, en la zona tropical la extensión de cubierta de bosques y selvas que aunque se mantuvieron en superficie, cambió espacialmente sin incrementar la superficie de pérdida, y hasta se produjo un leve incremento de la cubierta forestal entre las fechas analizadas. Esto da un indicio de las dinámicas de uso de suelo de cada zona y los contrastes entre ambas.

Tabla 14.- Comparación en la extensión de cambio forestal para cada zona durante las fechas analizadas.

Zona de estudio	Cambio forestal
Templada	-15,814 ha
Tropical	+3,758.04 ha

Para las diferencias entre las relaciones resultantes como relevantes se obtuvo que en cada zona existe una relación relevante diferente. Esto es, que los factores primarios del cambio forestal obedecen a diferentes condiciones de desarrollo socioeconómico y oportunidades de aprovechamiento del territorio.

Tabla 15.- Comparación de relaciones relevantes en zonas de estudio.

Zona de estudio	Relación
Templada	Coincidencia con altitud
Tropical	Proximidad a caminos

Es importante recalcar que para el parámetro de proximidad a caminos de la zona tropical se determinó su relevancia por la diferenciación en las formas de las

distribuciones de los datos, específicamente en el sesgo que presentaba, siendo la distribución real no normal y la aleatoria normal. Otras implicaciones en las diferencias entre estos parámetros de ambas zonas se discuten en la sección del mismo nombre.

Por otra parte, dado que no son los mismos parámetros los que resultaron relevantes en cada zona, no es posible comparar sus formas.

Las percepciones de cambios en la cubierta forestal o de deforestación propiamente para ambas zonas es bastante diferenciado. Pero es muy claro que la dinámica de la expansión del cultivo del aguacate es la causa primaria de la pérdida forestal en la zona templada.

Para la zona tropical tenemos que el motivo primario de la pérdida forestal es la búsqueda de “potreros” (pastizales) para la actividad ganadera, así como pequeños fragmentos de selva que se remueven constantemente y para diversos cultivos (barbechos) temporales de autoconsumo (maíz, cacahuate, ajonjolí, jamaica, entre otros pocos).

Los entrevistados de la zona templada mencionan que antes (40 años atrás), existían muchas zonas de bosque natural y que éste ha sido sustituido primero por cultivos temporales, básicamente granos, y después por el cultivo del aguacate, siendo el boom de este cultivo a partir de los años 1990 por los permisos de exportación a los que se accedió desde entonces. Por el contrario, en la zona tropical existe una percepción de incremento de las selvas por el abandono de las actividades agropecuarias, pero haciendo énfasis en que mucho de estos incrementos de “monte” es de puros arbustos y no de árboles “grandes”.

De manera diferenciada es la percepción hacia futuro de los remanentes de bosque natural existente en ambas zonas. Para la zona templada los entrevistados mencionan que prácticamente se han terminado las áreas “aptas” para el cultivo del aguacate, y las pocas que aún quedan serán convertidas de bosque a dicho cultivo en el futuro próximo. Para la zona tropical ya se ha explicado la percepción encontrada de aumento de las selvas secundarias y la pérdida de selvas primarias o más conservadas.

En cuanto a la diferenciación socioeconómica, se tiene que es muy amplia las diferencias en este aspecto y por ende las dinámicas sociales que se desarrollan en cada zona. Estas diferencias naturalmente reflejan el uso del territorio de cada zona de estudio. Para la zona templada existe un alto movimiento monetario y comercial derivado de la rentable actividad del cultivo del aguacate; por el contrario, en la zona tropical existe un altísimo rezago económico, siendo una de las zonas de más alta marginación en el estado de Michoacán, donde la ganadería extensiva es la principal actividad, seguida de la agricultura de autoconsumo. En ambas zonas existe una compleja situación social, donde dos fenómenos son de puntual interés: migración y narcotráfico. El primero de estos fenómenos es de mayor impacto visible en la zona tropical, y el segundo fenómeno por su parte en la zona templada, pues al existir mayor movimiento de capitales las diversas acciones ilícitas como las extorsiones, secuestros y elaboración de droga sintética se desenvuelven con mayor impacto. Por su parte el narcotráfico en la zona tropical se ve representado típicamente por la siembra y traslado de enervantes.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 ZONA TEMPLADA

5.1.1 Cambios en las cubiertas forestales

Las cubiertas de suelo analizadas para la zona templada en las fechas mencionadas muestran que hubo una pérdida de la cubierta forestal cerrada o conservada de 15,814.65 ha entre los años 1974 y 2011.

Algo muy notorio es el cambio de la cubierta de zonas con cultivos anuales y otros cultivos que para el año 1974 en la zona de estudio presentaba una extensión de 36,947.13 ha y para el año 2011 de 14,437.62 ha, donde es evidente que esta disminución corresponde a la expansión e introducción de cultivos anuales (aguacate), como se ve en el grafico 6.

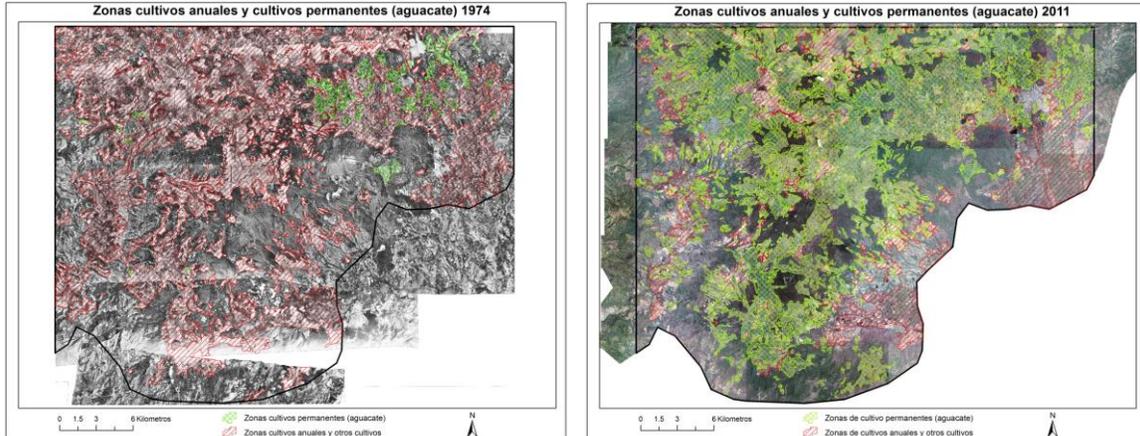


Grafico 24.- Zonas de cultivos anuales (agricultura de temporal) y las zonas de cultivo permanente (aguacate).

Otras imágenes de que representan esta sustitución de cultivos anuales por cultivos de aguacate (Grafico 7).

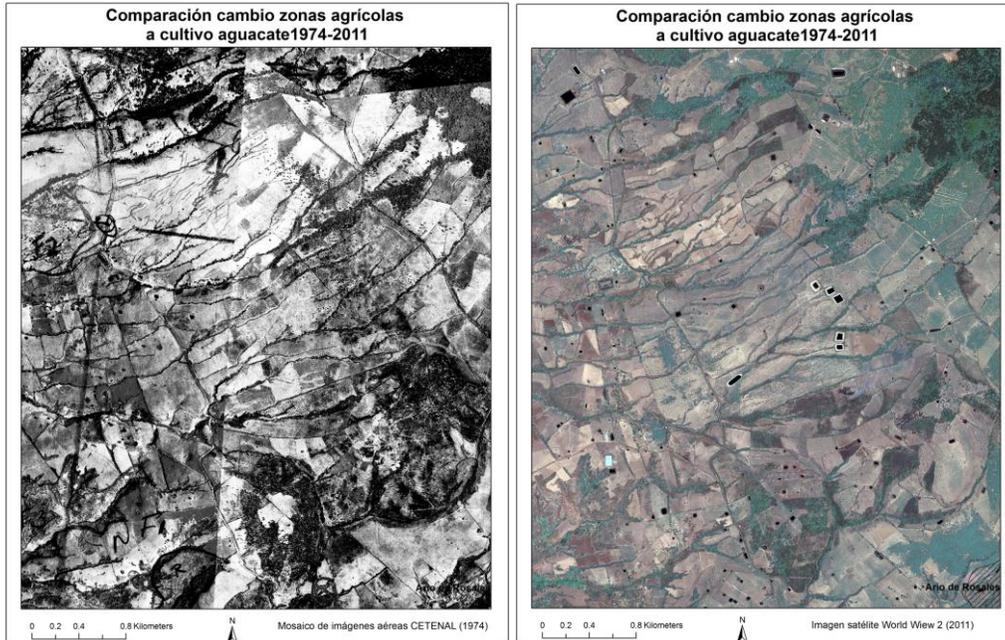


Grafico 25.- Imagen de una misma zona donde se observa el cambio de cubierta de Zonas de cultivos anuales (agricultura de temporal) a Zonas de cultivos permanentes (aguacate), nótese la sustitución de cubiertas en ese lapso de tiempo y la cantidad de infraestructura agrícola (ollas de agua) en la zona para el cultivo ya mencionado.

De las relaciones espaciales analizadas se esperaba que la accesibilidad (proximidad) a caminos y la proximidad a las áreas agrícolas fueran relaciones espaciales fundamentales que determinarían la deforestación en este estudio. Sin embargo, cuando existen otras variables de carácter socioeconómico que motivan a la toma de decisiones por parte de los actores locales estas relaciones que podrían ser de peso para decidir si se realiza remoción forestal pueden quedar rebasadas, como se demostró en este trabajo

5.1.2 Relevancia de las relaciones

Se expone una discusión breve del análisis de relevancia realizada a las relaciones espaciales analizadas en el modelo DEFORELATIONS. Esto es de

importancia pues se trata de explicar las causa de la relevancia o no relevancia de dichas relaciones según la percepción local obtenida.

5.1.2.1 Pendiente

La pendiente resultó no ser parámetro en el análisis espacial de la deforestación. Es importante recalcar que la pendiente tiene especial importancia por ser un indicador típico de accesibilidad topográfica que permite la incursión de maquinaria agrícola especializada; así como es indicador de la condición del suelo, pues por lo general las zonas planas presentan mayor profundidad edáfica. En este estudio se puede observar que las zonas de mayor aptitud agrícola (con poca pendiente), ya desde la fecha inicial de análisis (1974), estaban ocupadas por áreas de cultivos anuales, los cuales con el transcurso del tiempo fueron sustituidos por huertos de aguacate. Este último cultivo es de gran demanda en el mercado lo que ha orillado a cultivar este fruto en las zonas con poca aptitud, es decir en fuertes pendientes. Ante esta premisa podemos tratar de entender la causa de que pendiente no es de relevancia para la sustitución de cubiertas incluidas las forestales (Imagen 8).



Imagen 8.- Huertos de aguacate en pendientes pronunciadas, Las Escobillas, Ario, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes mayo 2014.

5.1.2.2 Altitud

La relación de altitud sí resulto ser un parámetro para el proceso de deforestación. Esto se puede explicar por la limitante climática que la altitud presenta para el desarrollo del cultivo de aguacate. Esta restricción se da principalmente por los gradientes de temperatura más que por la variación en precipitación. En el análisis de la forma se observa que la acumulación de los datos de pérdida forestal con el parámetro de altitud se concentran en los rangos de los 1750-1900 msnm (Grafico 3). Esto corresponde justamente con los rangos donde el cultivo del aguacate se desarrolla plenamente, siendo entre los 1300-2400 msnm (Alcantar-Rocillo *et al*, 1999). Sin embargo, según Guillen Andrade y colaboradores (2007), la mayor parte de la superficie del cultivo del aguacate en Michoacán se encuentra en un rango altitudinal de 1600-2100 msnm.

5.1.2.3 Caminos

La proximidad de caminos no resultó ser un parámetro de relevancia, aunque es una relación espacial que típicamente está asociada a la deforestación. En el caso de la zona templada consideramos que no resulta ser un factor de relevancia por la manera en la que se realiza la deforestación. Se detectó por conocimiento de la zona de estudio y el registro de las percepciones locales que la deforestación en muchas áreas no se realiza en forma de tala, sino más bien a manera de reemplazo de la cubierta forestal y de otros tipos de cubiertas (zonas agrícolas), por un cultivo con altísima demanda que ha hecho grandes cambios en áreas forestales extensas. Así pues, la expansión del cultivo del aguacate no se ve limitado por la presencia o ausencia de caminos o vías de acceso, pues en algunas ocasiones posterior al cambio forestal los actores locales construyen caminos para facilitar la actividad hortícola, sin importar la pendiente ni altitud, por lo que se observa en campo y en las imágenes analizadas (Grafico 8).

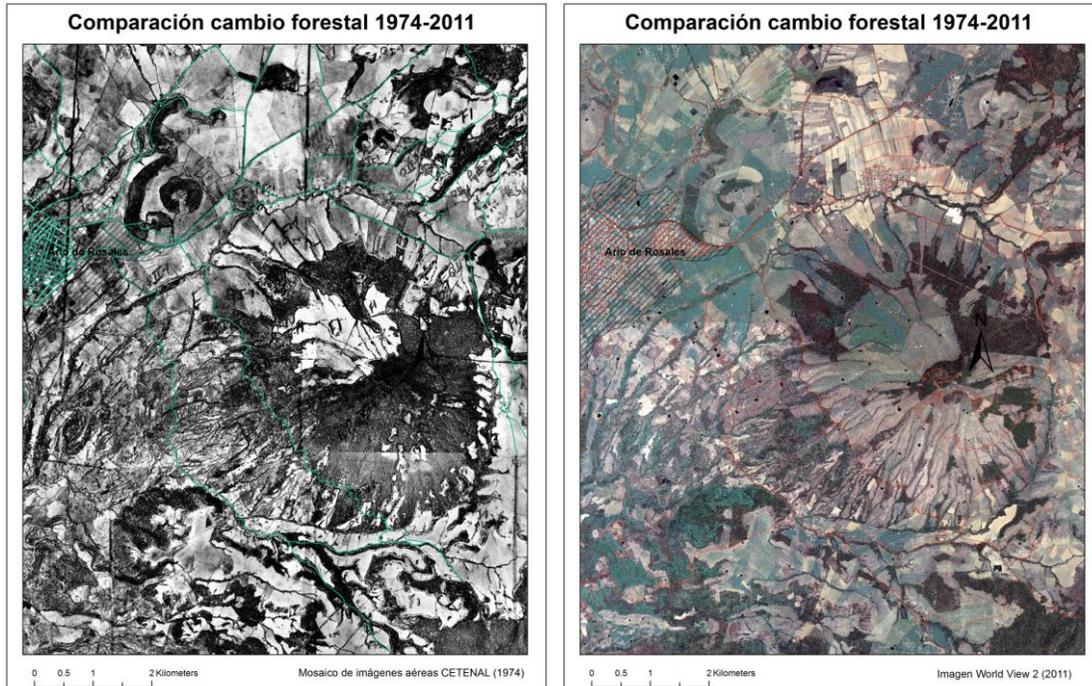


Grafico 26.- Cambios en las cubiertas de la zona del cerro “La Barra” (2642 msnm) en el municipio de Ario, las zonas oscuras de las imágenes corresponden a bosques templados de encino y pino encino, las líneas de colores a los caminos de la zona.

5.1.2.4 Asentamientos humanos y áreas agrícolas

Se determinó que en la zona templada las áreas de pérdida forestal no ocurren en proximidad de los espacios agrícolas, o al menos esta relación espacial no es un parámetro que determina la deforestación para el periodo temporal de análisis (1974-2011). Sin embargo, es muy posible que en un periodo inicial de la actividad de expansión del cultivo del aguacate las zonas de bosque más próximas a las áreas agrícolas y a los asentamientos humanos hayan sido los primeros en ser convertidos a dicho cultivo comercial, siendo de relevancia la proximidad a estas relaciones espaciales mencionadas para la deforestación de la zona. Esto está de alguna manera sustentado por el hecho de que al menos en una de las pruebas

de forma de las distribuciones si existió una diferencia estadísticamente significativa, lo cual podría ser un indicador de su relevancia histórica y de que posiblemente en algunas porciones del territorio de la región estudiada todavía lo sea.

Se infiere que en esta zona por la demanda de incrementar el cultivo del aguacate se han realizado expansiones y sustituciones de diversas cubiertas, principalmente agrícolas; y para tiempos más recientes en zonas alejadas de caminos y asentamientos humanos, donde la única condición es que existan las condiciones aptas para el desarrollo del cultivo ya mencionado. Estas condiciones serían aptitud de suelos profundos (relacionado con la pendiente), condiciones de temperatura idóneas para el cultivo (relacionado con la altitud, que resulto ser parámetro).

5.1.3 Forma de las relaciones

La forma de la curva del parámetro de coincidencia de altitud con zonas de pérdida forestal resultó ser una distribución de tipo “gaussiana”, donde la mayor frecuencia de las áreas de cambio forestal se observan en los rangos de altitud que típicamente son los más aptos para el establecimiento del aguacate.

5.1.4 Resultados del Modelo

De un solo parámetro se obtuvo la totalidad del peso para la probabilidad de deforestación, en el cual el mapa muestra que en los rangos cualitativos de probabilidad de deforestación “Alta” y “Muy alta” se encuentran en riesgo

17,878.32 hectáreas de las poco más de 32,000 ha, correspondientes a los bosques cerrados y abiertos de la zona de estudio. Esto indica que poco más del 50% de todos los bosques del área analizada tienen una alta susceptibilidad a ser deforestadas bajo el escenario tendencial, es decir bajo las preferencias actuales de los productores de aguacate por terrenos forestales que se encuentren dentro del rango de altitud que permita su cultivo, sin que influya demasiado la pendiente o la accesibilidad. En este sentido y relacionado con los bosques que aún permanecen, según los comentarios de los pobladores estas zonas aún persisten básicamente por alguna de dos razones; 1) las áreas donde hay bosque no son aptas para el cultivo por condiciones edáficas o climáticas; 2) las áreas donde hay aún bosque se mantienen por la resistencia de los propietarios de dichos terrenos o el desinterés de incursionar en la actividad, aún con la presión de los productores y el crimen organizado.

5.1.5 Percepciones locales en zona templada

Básicamente, es generalizada la percepción de la situación en cuanto a la tendencia en la deforestación, siendo una situación muy compleja, en la que existe una cierta “fiebre” o ambición de cultivar y producir aguacate a como dé lugar en la zona, aún con las fuertes problemáticas sociales por la tenencia de la tierra y con el crimen organizado y la diversificación de sus actividades ilícitas.

No se abundara más en la discusión sobre las percepciones de los pobladores en cuanto a las relaciones analizadas, pues no es el objetivo central de este trabajo y

dicha discusión sería extensa. Sin embargo, es importante recalcar que las personas entrevistadas conocen de manera general los beneficios de mantener las áreas de bosque natural, pero han realizado los fuertes e irreversibles cambios en las cubiertas naturales por la rentabilidad del cultivo de aguacate, a sabiendas de los perjuicios ecológicos de éstos y de los complejos problemas sociales de dicha actividad.

Un par de entrevistados mencionó que ya se tienen propuestas de “reforestar” muchas más zonas con ciertas especies de *Pinus spp*, o de al menos realizar estrategias de revegetación dentro de las mismas huertas. La propuesta comentada por los entrevistados, sería la de plantar pinos en al menos el 10% del total de extensión de huertos de cada propietario. Aunque la propuesta es interesante es claro que estas medidas aisladas de revegetar no permitirían ir recuperando las funciones ecológicas que presenta un ecosistema natural o poco perturbado.

5.2 ZONA TROPICAL

5.2.1 Cambios en las cubiertas forestales

Las dinámicas de cambios en las cubiertas forestales de la zona tropical muestran un ligero aumento en las superficies de las selvas y bosques, algo no muy típico cuando se establece de manera generalizada que en todas las zonas existe una pérdida forestal creciente. Pero esto puede explicarse, porque si bien existe un aparente incremento en superficie, derivado de la revegetación natural de zonas previamente deforestadas, lo que ocurre es que a la par otras áreas han sido deforestadas. Es decir no existe una recuperación franca de la cubierta forestal, ésta es sólo temporal, y en cambio existe pérdida forestal en nuevas áreas.

Es importante hacer mención que es bastante complejo la determinación de las cubiertas en las zonas tropicales por la dificultad propia de la interpretación visual de zonas de vegetación caducifolia. De manera particular considero que muchas áreas que se digitalizan y se clasifican como selvas bien podrían ser en realidad vegetación secundaria cerrada del tipo arbustivo, que desde la interpretación visual se observan igual que las selvas más conservadas casi de tipo primarias. Esto es de importancia, pues justamente las percepciones de los pobladores locales mencionan que debido al abandono de las actividades agrícolas muchas áreas de manejo agrícola abandonadas se han revegetado pero de “arbustos”, es decir son zonas de vegetación secundaria en posible estado sucesional (Lohbeck et al, 2013). Este supuesto tendría un sin número de implicaciones ambientales en cuanto a las propiedades ecosistémicas intrínsecas a estos tipos de ecosistemas.

Se observa que las áreas agrícolas y de pastizales son pequeñas y un tanto aisladas, como pequeños fragmentos de manejo. Estos fragmentos son manejados durante cierto tiempo y después se cambian de ubicación y no tanto de extensión, según lo que se observa en los mapas obtenidos.

5.2.2 Relevancia de las relaciones

En cuanto a los análisis de relevancia fue sorpresa el encontrar únicamente un parámetro que incide en el proceso de deforestación.

A continuación se discute brevemente cada relación analizada exponiendo una posible explicación con base en la experiencia de conocer y ser originario de la zona de estudio y sobre todo de la recopilación de las percepciones de los pobladores.

5.2.2.1 Pendiente

La pendiente no fue una relación de relevancia, lo cual consideramos que es debido al sistema tradicional de manejo de las áreas naturales de la zona. Este sistema tradicional se refiere al sistema de roza, tumba y quema (Imagen 4) para cultivos de temporal, que actualmente son de autoconsumo. Así pues, la pendiente no actúa como un factor topográfico limitante de la accesibilidad, pues las actividades no se realizan con maquinaria especializada y los cultivos no requieren de suelos de gran profundidad. Sin embargo, resalta que todos los

entrevistados conocen por experiencia propia los procesos de erosión en áreas manejadas con gran declive.



Imagen 9.-Paisaje donde se observan algunas áreas de pastizales y la selva baja caducifolia en época de estiaje. El Zapotito, Nocupétaro, Michoacán. Foto: Alejandro Reyes mayo 2010.

5.2.2.2 Altitud

La coincidencia de altitud es otra relación espacial que no fue relevante. Esto pudiese ser a causa de que no existen cultivos ni actividades que requieran de condiciones climáticas de lluvia y temperatura específicas, las cuales pueden ser determinadas por la altitud. Aunque en las percepciones solo se encontró que los pobladores prefieren las zonas bajas por facilidad de traslado a los sitios de labor, lo cual puede estar ligado al factor de accesibilidad vial, como describimos a continuación.

5.2.2.3 Caminos

Para esta relación la premisa se cumplió, la proximidad a caminos si es relevante para la deforestación en la zona tropical. Esto es concordante con lo que los pobladores comentaron, pues prefieren las zonas cercanas a los caminos para convertir áreas de selva a potreros ganaderos o cultivos de granos. A pesar de que muchos pobladores no tienen vehículos para realizar sus actividades en campo (observación personal), es clara la preferencia de realizar las actividades en las áreas próximas a los caminos. Además se registró un incremento de construcción de accesos viales a muchas localidades justamente en el período que se analizó (1995-2010), duplicándose la red de caminos como en los resultados se plasma.

5.2.2.4 Asentamientos humanos

Esta relación de proximidad no resultó ser de relevancia aunque los pobladores locales mencionaron marcadamente que si consideran las zonas más próximas a su sitio de vivienda. Una observación de manera empírica de los mapas de cambios de cubierta puede hacer evidente que algunas áreas de bosque más próximas a los asentamientos humanos ya habían sido transformados a pastizales o áreas agrícolas para la fecha que se analizó, por lo cual, previo a la primera fecha de análisis esta relación de proximidad sí pudo ser un parámetro de

relevancia, pero al no quedar más áreas forestales cercanas a los asentamientos, ahora se utilizan áreas más alejadas para el desarrollo de las actividades locales.

5.2.2.5 Áreas agrícolas

Es importante mencionar que dentro de la zona de estudio, típicamente las áreas a las que se les remueve selva para cultivos, después de abandonar esta actividad se convierten en áreas de pastoreo, donde la sucesión actúa con el tiempo o donde se inducen y mantienen los pastos naturales o cultivados (imagen 10).



Imagen 10.- Sitios manejados. Al frente potrero con pastizal inducido, al fondo “barbecho” con milpa, y en partes altas selva baja caducifolia. Las Palmas, Nocupétaro, Michoacán.
Foto: Alejandro Reyes julio 2014.

5.2.3 Forma de las relaciones

La forma del único parámetro relevante para el modelo (proximidad a caminos) muestra una curva sesgada a la izquierda. Esta acumulación de datos en la distribución era de esperarse, pues indica que la mayoría de las áreas forestales que cambiaron a cualquier otra categoría se encontraban en los primeros rangos de proximidad a los caminos de la zona.

5.2.4 Resultados del modelo

Del mapa de probabilidad de deforestación por la proximidad a caminos se registró que en los rangos de probabilidad “Muy alta” y “Alta” se encuentran 12,087.54 hectáreas, de las 68,727.5 hectáreas totales de selva y bosques existentes en la zona; es decir el 17.5% del total de selvas más próximas a los caminos existentes. Pareciera que es baja esta proporción de susceptibilidad de pérdida forestal, pero habría que tomar en cuenta que los procesos de degradación de suelos y de vegetación nativa por la ganadería extensiva son cuestiones más complejas de analizar, lo que podría incrementar esta superficie, aun cuando la afectación no sería tan directa como en el caso de la pérdida forestal.

5.2.5 Percepciones locales en zona tropical

Es posible pensar de inicio que debido a la situación socioeconómica de esta zona, las dinámicas de cambio en las cubiertas y uso de suelo mostrarían muchas áreas conservadas de vegetación nativa, principalmente selva baja caducifolia. Por el contrario, se observan prácticas de manejo con un fuerte impacto ecológico,

siendo a manera de observación personal la erosión el más impactante, después de la pérdida de diversidad vegetal y las consecuencias que esta conlleva. En opinión personal estas acciones se desarrollan por razones culturales, es decir, es la manera tradicional de uso y toma de decisiones en el territorio para las dos principales actividades de la zona: la agricultura y la ganadería.

Es generalizada la opinión de que actualmente las actividades se realizan casi exclusivamente en áreas propiedad de los mismos productores. Esto podría ser indicador de que la propiedad y tenencia de la tierra es un parámetro en cuanto a la deforestación de la zona. En el presente estudio no se tomó en cuenta este parámetro por las dificultades inherentes al conocimiento de qué terrenos son propiedad de qué productor o grupo social.

En este contexto, parte de la historia ambiental del uso de suelo de la zona nos dio pautas para entender diferentes procesos de deforestación que, en el análisis en el modelo, no fueron evidentes. Esto se refiere específicamente a la percepción de abandono de actividades agrícolas 25 años atrás, lo que implicaba que antes muchas áreas y zonas completas del municipio eran desforestadas para cultivar granos de temporal con un fin comercial local y regional. Sin embargo, estas actividades decayeron y se abandonaron por la pérdida del “mercado” de esos granos, como lo mencionan los pobladores. Esto último solo se puede entender como uno de los impactos de la entrada y consolidación de las políticas neoliberales, que al igual que afectaron a los pequeños y medianos productores de todo el campo mexicano, induciendo a la escalada y profundización de la migración, el narcotráfico y en general de la polarización y desigualdad social.

Esta realidad del abandono de los sistemas agrícolas comerciales de baja escala e impacto, propicia la percepción y realidad de la recuperación de muchas zonas agrícolas abandonadas, o que ahora se encuentran en estado de sucesión secundaria (observación personal).

Después del abandono de las actividades agrícolas se incursionó en la ganadería, de la misma manera extensiva y por lo general a baja escala de producción.

5.3 COMPARACIÓN ZONAS DE ESTUDIO

Hay una gran diferencia y contraste ambiental entre ambas zonas. Se postula que la zona templada presenta una fuerte actividad comercial, económica y de servicios, que si bien no permea en todos los sectores de la población, si transforma y moldea el paisaje de la zona de manera dramática. La característica más evidente de estas dinámicas es la amplia extensión de cultivos de aguacate en la zona con todas las implicaciones ambientales que esto conlleva, siendo la deforestación el tema principal.

Por el contrario, en la zona tropical correspondiente a la municipalidad de Nocupétaro Michoacán, se registró un “aumento” en las cubiertas vegetales de selva. Esto se correlaciona con lo que los pobladores mencionan en cuanto a la percepción histórica del uso del territorio, pues comentan que las cubiertas naturales se van regenerando por el abandono de las actividades agrícolas de cierto periodo temporal a la fecha. Como se puede inferir empíricamente, y constatar con indicadores socioeconómicos, la desigualdad económica resulta en toma de decisiones y en acciones diferenciadas sobre el manejo de los paisajes de cada zona, sobre todo tomando en cuenta las dinámicas del sistema político-económico en el que nos encontramos como país, lo que para ambas zonas ha traído desigualdad y polarización de los grupos sociales, migración creciente, e incremento en actividades ilícitas, como la diversificación del narcotráfico. Todas estas repercusiones actúan en cada zona de manera diferenciada a la realidad cultural y las características físicas y naturales de las regiones analizadas.

Finalmente se enfatiza que este estudio demostró que es viable metodológicamente analizar dos zonas contrastantes bajo las mismas relaciones espaciales que típicamente se asocian a procesos de pérdida forestal en muchas regiones del mundo (Lambín, 1994; Mertens y Lambin, 1997; De Aguiar et al, 2003), no necesariamente son relevantes en contextos territoriales locales.

Como se presentó en este estudio, una sola relación fue relevante para cada zona. Sin embargo, es posible que en el pasado otras relaciones espaciales pudieran estar vigentes. Así también, se considera que realizando un análisis a menor escala, por zonas y entre más intervalos de fechas, se distingan algunas relaciones espaciales como de relevancia.

Es fundamental recalcar que, realizando un estudio puntual de los patrones espaciales que inciden en la deforestación en zonas muy particulares, se pueden encontrar relaciones espaciales que típicamente no son asociadas a esa problemática. Esto considerando las cuestiones culturales específicas que moldean y dictan la manera en como estas relaciones espaciales actúan sobre diversos fenómenos ambientales en tiempos muy específicos, por lo cual, sugerimos que además del análisis espacial, es necesario conocer y analizar el contexto cultural y echar miradas desde la geografía histórica, lo cual, nos ayuda a comprender la realidad y desenvolvimiento de los fenómenos territoriales que se estudien.

5.4 CONCLUSIONES

Cada zona de estudio presenta características ambientales muy diferenciadas entre sí, lo que incide en las particularidades de las dinámicas de cambio en las cubiertas y uso de suelo.

En este estudio se pudo registrar que el modelo DEFORELATIONS identifica las relaciones espaciales relevantes en el proceso de deforestación pero no los explica. Ante lo cual se mostró que mediante información de percepciones locales se pueden encontrar ciertas explicaciones para las relaciones espaciales relevantes y no relevantes en la zona de estudio, pero es fundamental realizar un análisis cualitativo fuerte para que se pueda complementar lo que del modelo se obtiene.

Se postula que cuando existen otras variables de carácter socioeconómico que impulsan a la toma de decisiones por parte de los actores locales las relaciones espaciales que típicamente se asocian como parámetros en la deforestación pueden no ser de relevancia

En la zona templada la única relación relevante para la deforestación de la zona es la coincidencia de áreas boscosas con la altitud. Esta relación a su vez es indicador climático de viabilidad para el establecimiento del cultivo del aguacate.

En la zona templada la única relación de relevancia para la deforestación son la proximidad a caminos, indicador del tipo de actividades que realizan.

El modelo DEFORELATIONS permite conocer las relaciones de relevancia en el fenómeno de la deforestación, pero es necesario incorporar nuevas pruebas estadísticas para las relaciones que muestren cierta tendencia de relevancia, así como para validar y calibrar el modelo.

Es necesario complementar lo obtenido en el modelo DEFORELATIONS con un análisis cualitativo de la situación social, cultural y económica de las zonas de estudio, así como de las percepciones locales con el fin de entender y dar explicación a los patrones de la deforestación.

El presente estudio muestra que la deforestación en la zona templada fue un proceso fuerte en las fechas analizadas y que existe una muy alta probabilidad de deforestación en un escenario tendencial. Por su parte en la zona tropical se observa una dinámica de deforestación continua de pequeños fragmentos de selva para las actividades agropecuarias, existiendo una notable superficie de selvas secundarias, muy posiblemente en estado sucesional. La zona tropical presentó según el modelo una moderada a alta probabilidad de deforestación a futuro bajo un escenario tendencial.

LITERATURA CITADA

Alcántar-Rocillo, J. J., Anguiano-Contreras, J., Coria-Avalos, V. M., Hernández-Ruiz, G., & Ruiz-Corral, J. A. (1999). Áreas potenciales para cultivo del aguacate (persea americana cv. hass) en el estado de Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 151-154.

Bocco, G., M. Mendoza y O. Maser. (2001). "La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación", *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, México (44): 18-38.

Bonham-Carter, G. (1994). *Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS* (No. 13). Elsevier.

Buzai, G. y Baxendale, C. (2006). Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. GEPABA, Buenos Aires, 400 pags.

Campos-Farfán, C. 2003. Nocupétaro de Morelos, la Segunda Cuna de la Independencia. CONACULTA, Morelia. 328pags.

Câmara, G., & Medeiros, J. S. D. (2005). Modelagem de dados em geoprocessamento. *Sistemas de Informação Geográfica: aplicações na agricultura* (ED Assad & EE Sano, eds). EMBRAPA, Brasília, 47-66.

Cuevas, G. (2008). Aplicación de un modelo espacial para la elaboración de escenarios de uso/cobertura del suelo en La Huacana, Michoacán. *Tesis maestría en Geografía*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México. 60 pags

Christofoletti, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais*. Edgard Blücher.

Demeritt, D. (2009). "Geography and the promise of integrative environmental research", *Geoforum*, (40): 127-129.

De Aguiar, A. P. D., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., & de Souza, R. C. M. (2003). Modelling Spatial Relations by Generalized Proximity Matrices. In *GeoInfo*.

Dirzo, R., & Garcia, M. C. (1992). Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology*, 6(1), 84-90.

Epstein, J. M. (2008). Why model?. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 11(4), 12.

FAO, (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe principal. Estudio FAO Montes n° 163. Roma. www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s00.htm

FAO, (2012). *El estado de los bosques del mundo 2012*, Roma. Available at: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s00.htm>.

Ferreira, C., Simoes, N. (1994). A evolução do pensamento geográfico. Editorial Gradiva, Lisboa. 142 pags.

Fisher, P. F. (1999). Models of uncertainty in spatial data. *Geographical information systems*, 1, 191-205.

Fotheringham, S., y Wegener, M. (1999). *Spatial Models and GIS: New and Potential Models* (Vol. 7). CRC press.

Frolova, M y Bertrand, G (2006). "Geografía y paisaje", D. Hiernaux & A. Lindón (coords), *Tratado de Geografía Humana*, Anthropos/ UAM-I, Barcelona: 254-269.

Gorayeb, A. (2008). *Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio Caeté–Amazônia Oriental–Brasil* (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro).

Guillén-Andrade, H., Lara-Chávez, B. N., Gutiérrez-Contreras, M., Ortiz-Catón, M., & Ángel-Palomares, M. E. (2007). Cartografía Agroecológica del Cultivo del Aguacate en Michoacán. *Morevallado Editores de Morelia, Michoacán, México*.

INEGI, (2008). Uso del Suelo y Vegetación 1:250 000 Serie III.

INEGI. (2009). Carta de Uso actual del Suelo y Vegetación, Serie IV, escala 1:250 000. México.

INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

Ario, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16009 Consultado en: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>

INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

Tacámbaro, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16009 Consultado en: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>

INEGI (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

Turicato, Michoacán de Ocampo. Clave geoestadística 16009 Consultado en: <http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>

Jaramillo, C. F., & Kelly, T. (2000). La deforestación y los derechos de propiedad en América Latina. *Políticas forestales en América Latina. Washington, DC. Banco Interamericano de Desarrollo*, 125-150.

Johnston, C. A., (1998). Methods in Ecology : *Geographic Information Systems in ecology*. Natural Resources. Research Institute, University of Minnesota. Duluth, Minnesota, USA. Blackwell Science. Oxford. p. 239.

Lambin, E. F. (1994). Modelling deforestation processes.

Lambin, E. F., N. Baulies, G. Bockstael, T. Fisher, R. Krug, E. F. Lemmans, R. R. Moran, Y. Rindfuss, D. Sato, B. L. Skole, Turner II and C. Vogel. (1999). Land use and land cover change implementation strategy, *IGBP report, 48*, IHDP, report 10, Estocolmo.

Lohbeck, M., Poorter, L., Lebrija-Trejos, E., Martínez-Ramos, M., Meave, J. A., Paz, H., & Bongers, F. (2013). Successional changes in functional composition contrast for dry and wet tropical forest. *Ecology*, 94(6), 1211-1216.

Mas, J.F., Sorani, V. y Álvarez, R. (1996). Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación. *Investigaciones Geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, México (5): 43-57.

Mas, J. F., Velázquez, A., Díaz-Gallegos, J. R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, C., Bocco, G., Castro, R., Fernández, T. y Pérez-Vega, A. (2004). Assessing land use/cover changes: a nation wide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5(4): 249-261.

Mas, J.F. y Flamenco Sandoval, A. (2011). Modelación de los cambios de coberturas/uso del suelo en una región tropical de México. *GeoTropico*, 5 (1), Artículo 1: 1-24 .

Mertens, B., & Lambin, E. F. (1997). Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon: spatial disaggregation of diverse deforestation processes. *Applied Geography*, 17(2), 143-162.

Morales-Manilla, L. M. (2014). Definition of a minimum set of spatial relations. Tesis de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México 166 pags.

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.

Ramírez, L. (2009). Evaluación de tierras para el cultivo del aguacate de acuerdo con el conocimiento local de paisaje en la región del Pico de Tancitaro, Michoacán. *Tesis de Maestría en Geografía*. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM. México. 132 pags.

Reboratti, C (2011). Geografía y Ambiente en *Geografía y Ambiente en América Latina*; Gerardo Bocco, Pedro S. Urquijo y Antonio Vieyra (coordinadores). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) Instituto Nacional de Ecología (INE)

Steyaert, L. T. Editor (1993). *Environmental modeling with GIS*. Oxford University Press.

Teixeira, A., Matias, L., Noal, R., & Moretti, E. (1995). Qual a melhor definição de SIG. *Fator GIS*, 11, 20-24.

Velázquez, A., Mas, J.F., Díaz, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E., y Palacio, J.L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica*. INE-SEMARNAT, (62): 21-37. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones>

Veldkamp, A., & Lambin, E. F. (2001). Predicting land-use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, 85(1), 1-6.

Xiangô, W. N., & Clarke, K. C. (2003). The use of scenarios in land-use planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 885-909.

ANEXOS

Anexo I

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

**Instrumento cualitativo para la obtención de información de la Tesis:
*Análisis comparativo de los patrones espaciales de la deforestación en una zona tropical y una templada de Michoacán***

Alumno: LCA Alejandro Reyes González

NOTA IMPORTANTE:

Política de confidencialidad: la información proporcionada en esta entrevista tiene como única finalidad contribuir al desarrollo de la tesis antes mencionada, los datos serán usados únicamente para fines de investigación. Agradecemos mucho la sinceridad de sus respuestas.

ENTREVISTADOR: _____ **FECHA:** _____

LUGAR: _____

DATOS DEL ENTREVISTADO

Nombre: _____

Localidad: _____ **Municipio:** _____

Escolaridad: _____ **Edad:** _____

Actividad principal: _____

Otras actividades: _____

(Actividades de interés, agricultura mecanizada o tradicional, ganadería intensiva o extensiva).

Fenómeno de estudio en general:

1. ¿Cuál es su principal actividad y desde cuando la realiza?
2. ¿Bajo qué sistema o técnica realiza su actividad?
3. ¿Cuál es la extensión aproximada donde realiza sus actividades? (hectáreas, tipo de vegetación, geoforma).
4. ¿Qué tipo de tenencia son las áreas donde realiza sus actividades?
5. *En caso de ser ganadería* ¿Cuál es el área aproximada donde maneja su ganado?(hectáreas, tipo de vegetación, geoforma).
6. ¿Dónde se ubica el área en la que realiza sus actividades? (indicar localidades, parajes etcétera, guiarse con los mapas que se lleven a campo, solo si el entrevistado accede).
7. ¿Cuál es el fin u objetivo de la actividad que realiza (autoconsumo, venta, intercambio, etc)?

Relaciones espaciales en la toma de decisiones para el cambio de cubierta forestal (explicar a fondo):

Coincidencia (Pendiente):

8. ¿Usted toma en cuenta el grado de pendiente (inclinación de terreno, ya sea por accesibilidad, profundidad de suelos etc.) para el desarrollo de sus actividades?
9. ¿Tiene alguna preferencia en cuanto a la inclinación del terreno para el desarrollo de sus actividades?

Coincidencia (altitud):

10. ¿Usted toma en cuenta la altitud (elevación msnm, ya sea por accesibilidad o por parámetros climáticos) para el desarrollo de sus actividades?
11. ¿Tiene alguna preferencia en cuanto a altitud de alguna zona para el desarrollo de sus actividades?

Proximidad (camino):

12. ¿Usted toma en cuenta la cercanía de los caminos o accesos (diferenciar si son carreteras, brecas, terracerías o veredas) para el desarrollo de sus actividades?
13. A lo largo de sus experiencia en las actividades que realiza ha incrementado la infraestructura vial en su región?
14. ¿Ha construido usted o su grupo de trabajo caminos para desarrollar su actividad y desde que tiempo a la actualidad?
15. ¿Considera que para las principales actividades que desarrollan en su región son indispensables los caminos existentes en la actualidad?
16. ¿Considera que la existencia o ausencia de caminos limita o aumenta la deforestación?

Proximidad (asentamientos humanos, pueblos, rancherías, caseríos etc.):

17. ¿Usted toma en cuenta la distancia de su casa o de los asentamientos humanos (preguntar por la distancia de su casa, de su ranchería o localidad) para el desarrollo de sus actividades?
18. A lo largo de su experiencia en las actividades que realiza ¿ha incrementado el crecimiento de rancherías y asentamientos humanos en su región?
19. ¿Considera que para las principales actividades que se desarrollan en su región se realizan con mayor impacto cuando están cerca de asentamientos humanos?
20. ¿Considera que el crecimiento de la población y de localidades o rancherías ha aumentado las actividades que se desarrollan en su región o viceversa?
21. ¿Considera que el crecimiento de la población y de localidades o rancherías ha aumentado la deforestación en su región?

Proximidad (áreas agrícolas o de pastoreo):

22. ¿Usted toma en cuenta u observa que la distancia de las áreas ya manejadas o trabajadas en campo o monte (áreas agrícolas o de pastoreo de ganado) fomenta a que se expandan esas mismas actividades en otras áreas donde hay bosque?
23. A lo largo de su experiencia en las actividades que realiza ¿Qué tipo de actividad ha aumentado en su región?

Implicaciones ambientales enfocadas al objeto de estudio.

24. ¿Conoce la importancia del cuidado y mantenimiento del medio ambiente? (no sabe, si sabe explica, no le interesa).
25. ¿Conoce las problemáticas al medio ambiente que puede causar la actividad que desempeña?
26. ¿conoce algunas estrategias de manejo en la actividad que realiza más ecológicas o amigables con el medio ambiente?
27. Antes de que realizará su actividad ¿sabe qué tipo de vegetación había o aún hay en el área donde la desempeña?
28. ¿Con qué tipo de vegetación colinda las áreas donde realiza su actividad?
29. ¿Tiene alguna problemática ambiental y social para el desarrollo de su actividad?
30. ¿Si usted quisiera expandir su actividad principal en donde y como lo realizaría?
31. Específicamente ¿Conoce que es la deforestación, explique?
32. Específicamente ¿Conoce que es la erosión de suelos explique?
33. ¿Cuáles considera son los motivos por los cuales se deforesta?
34. ¿Qué factores (herramientas, actividades, cultura, etc) fomenta la deforestación?

Percepciones generales:

35. ¿según su percepción, ¿ha aumentado o disminuido la cantidad de bosque de su región?
36. ¿Cuál piensa que será el futuro de los bosques que aún existen en su región?