



# DIAGNOSTICO SOBRE DETERMINANTES DE DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL EN ZONAS PRIORITARIAS EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

**Grupo Integral de Servicios Ecosistémicos Eyé  
Kawí A.C.**

Enero, 2014

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE  
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN



[www.alianza-mredd.org](http://www.alianza-mredd.org)

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

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

## Contenido

1. Antecedentes .....	1
2. Hipótesis.....	3
3. Objetivo.....	4
Específicos: .....	4
4. Materiales y Métodos.....	5
4.1.- Ubicación y descripción del área de Estudio.....	5
4.2.- Metodología .....	7
4.2.1.- Análisis del cambio de uso de suelo.....	7
4.2.2.- Detección de áreas críticas (Hotpots) en términos de degradación y deforestación.....	11
4.2.3.- Identificación de patrones de variables ambientales y socioeconómicas asociadas a la degradación y deforestación.....	11
4.2.4.- Análisis de variables ambientales, socio-demográficas que explican los procesos de degradación y deforestación en la región.....	12
Identificación de variables.....	12
5. Resultados.....	20
5.1.- Estimaciones en los cambios de uso de suelo.....	20
5.2.- Identificación de áreas críticas por degradación y deforestación.....	22
5.3.- Patrones de variables ambientales y socioeconómicas asociadas a la degradación y deforestación.....	27
5.4.- Variables ambientales, sociales y económicas que determinan los procesos de degradación y deforestación en la región.....	29
6. Discusión .....	31
7. Conclusiones .....	35
8. Bibliografía .....	36

## Índice de cuadros

Cuadro 1.	Descripción de las clases reagrupadas de uso de suelo y tipos de vegetación	8
Cuadro 2.	Tipos de combinaciones de cambios de uso de suelo producidos y reclasificación de los cambios.	10
Cuadro 3.	Tasa de transformación del uso de suelo durante el periodo de 1993 – 2012 en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua.	20
Cuadro 4.	Matriz de cambios en el uso de suelo producidos en el periodo de 1992 – 2012 en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua. (Superficies en hectáreas)	21
Cuadro 5.	Desglose de las tasas de deforestación, degradación y recuperación de terrenos forestales por entidad municipal. Periodo analizado: 1993 – 2012.	25
Cuadro 6.	Desglose de las tasas de deforestación neta asociada a la agricultura y la expansión de pastizales para la actividad pecuaria por entidad municipal. Periodo analizado: 1993 – 2012.	26
Cuadro 7.	Resultados de los análisis de regresión lineal múltiple.	30

## Índice de Figuras

Figura 1.	Localización del área de estudio	5
Figura 2.	Tasa netas de procesos de: Deforestación: (A.- Deforestación total, B.- Deforestación por ganadería, C.- Deforestación por agricultura), Degradación (D), Recuperación de bosque (E) y Bosques estables (F) por entidad municipal.	24
Figura 3.	Características del relieve (A.- Elevación, B.- Pendientes, C.- Exposición) en zonas con degradación y deforestación y su proximidad hacia áreas afectadas por: D.- Plagas forestales; E.- incendios forestales; F.- Yacimientos mineros, G.- Red de vías de comunicación y, H.- Localidades.	28
Figura 4.	Superficie media anual deforestada Vs superficie media anual que es reforestada por entidad municipal.	33

## 1. Antecedentes

Una de las más grandes preocupaciones ambientales de las últimas décadas ha sido la imparable pérdida de bosques alrededor del mundo. De acuerdo con el reporte “*La situación de los bosques del mundo 2007*” de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la deforestación a nivel mundial se aproxima a 13 millones de hectáreas por año. De esta manera, a lo largo de los 15 años transcurridos entre 1990 y 2005, el mundo perdió un 3% de su superficie forestal total (Kaimowitz *et al.*, 2005).

México se sitúa en el sexto lugar a nivel mundial entre los países con mayor deforestación y en América Latina, es superado por Argentina, Brasil y algunos países centroamericanos como Panamá, Haití, El Salvador y Guatemala. La mayor parte de los estudios sobre deforestación realizados en México se han enfocado en la cuantificación del proceso. De aquí que se haya derivado una enorme cantidad de estimaciones sobre tasas de deforestación, cuyos rangos fluctúan entre 75,000 ha/año hasta 1.98 millones de hectáreas por año (ARD, 2002). Este amplio rango de estimaciones refleja una gran disparidad de las cifras producidas por diversas fuentes y ponen en evidencia las diferencias entre los objetivos para los cuales han sido realizadas, tales como: discrepancias en las líneas base de comparación, diferencias en los periodos de referencia, así como la diversidad de métodos y modelos usados para las estimaciones. Cifras oficiales muestran una pérdida de vegetación arbolada en los últimos años de cerca de 1.08 millones de hectáreas por año (Velázquez *et al.*, 2002), cantidad que se reduce a 775,800 ha/año si solo se consideran bosques y selvas.

Un proceso menos visible pero tal vez igualmente importante por sus efectos ambientales y económicos es la degradación o alteración de los bosques y selvas. Aunque este proceso no implica la remoción total de la cubierta arbolada (como sucede en el caso de la deforestación), puede ocasionar cambios importantes tanto en la composición específica como en la densidad de las especies que habitan estos ecosistemas, lo que a su vez afecta su estructura y funcionamiento. De acuerdo con el informe 2012 de la situación del medio ambiente en México, tan sólo el 36 y el 62% de las selvas y los

bosques del país, respectivamente, son primarios (SEMARNAT, 2012). Por su parte, durante el periodo 2002-2007 la vegetación secundaria ha aumentado a un ritmo cercano a las 296 mil hectáreas por año (considerando tan sólo bosques y selvas), siendo los bosques templados los que han sufrido una degradación más intensa (poco más de 181 mil ha anuales), mientras que las selvas se degradaron a un ritmo de 115 mil hectáreas al año aproximadamente.

Los pérdida y degradación de los bosques en México han sido en su mayoría debido a la conversión de la cobertura del terreno para el desarrollo agrícola y pecuario, la degradación e intensificación del uso del suelo, los desmontes ilegales y los incendios forestales, que en gran medida están relacionados con la actividades agropecuarias tales como la roza, tumba y quema o la renovación de pastizales por el uso de fuego (Lambin, 1997 y Pacheco, 2004). El avance de la frontera agrícola y pecuaria hacia terrenos forestales ha incrementado la fragilidad y susceptibilidad de los suelos a procesos erosivos, y por consecuencia son abandonados por su baja productividad (Orozco *et al.* 2004). Otros estudios han revelado que diversas variables físico-ambientales, el acceso a infraestructura de vías de comunicación y el crecimiento poblacional cerca de terrenos boscosos, incrementan la presión sobre los recursos forestales y por consecuencia también la probabilidad de deforestación (Chomitz y Gracia, 1996; Pineda *et al.*, 2010).

Algunas estimaciones para Chihuahua provenientes del inventario de 1962, permitieron identificar una extensión de 700,000 ha de bosques perturbados y de 1992-1994 la cifra se incrementó a 768,000 ha; esto representa un avance persistente de destrucción forestal de 68,000 ha, lo que equivale a una pérdida promedio de 1,943 ha/año, según Escárpita, (2002). Otras fuentes como Guerrero, (2003) señalan que en el periodo de 1993 a 2000 hubo una pérdida de cobertura forestal comprendida entre 370,000 y 680,000 Ha, sin embargo las estimaciones al igual que las realizadas a escala nacional, presentan rangos muy amplios y poco precisos.

La implicaciones de eliminar o modificar la cobertura forestal conllevan a la pérdida de la riqueza forestal y del entorno de su diversidad biológica, además de ocasionar alteraciones en el

régimen hidrológico que favorecen procesos de erosión de suelos, así como la disminución del proceso de secuestro de carbono de la atmósfera, por lo que, la emisión de GEI es considerado como uno de los factores que más contribuyen al fuerte “déficit ecológico” calculado para México. Esto pone de manifiesto la importancia de mantener e incrementar la cobertura forestal para alcanzar el desarrollo sustentable.

En este sentido, el esquema de la Alianza México para la Reducción de Emisiones de carbono por Deforestación y Degradación (REDD+) reconoce la importancia de contar con un amplio conocimiento de los procesos socio-económicos asociados a la deforestación y degradación forestal particularmente en la región de importancia forestal del Estado de Chihuahua, para de este modo intentar comprender cuales son las causas que los determinan, por lo que en el presente estudio se llevó a cabo un diagnóstico de cambios de uso / cobertura del suelo en un esfuerzo de intentar de comprender los procesos dinámicos de la cobertura del suelo a escala regional y municipal; la pérdida de la productividad y biodiversidad; vulnerabilidad a erosión; deforestación; fragmentación, pérdida del valor de opción de bienes y servicios ambientales; entre otros aspectos necesarios para apoyar las labores de conservación y estar en condiciones de proponer políticas públicas que permitan disminuir la deforestación y revertir los procesos de degradación.

## 2. Hipótesis

Algunas de las hipótesis que intentan responder qué factores son los responsables del cambio de uso del suelo en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua se fundamentan en que: 1).- El crecimiento de la población ocasiona una demanda mayor de recursos, y para satisfacer dicha demanda se hace necesario que los terrenos ocupados por los ecosistemas forestales sean destinados al desarrollo de la agricultura, ganadería o a cualquier otra actividad productiva; no obstante esta relación no relación no es tan simple, dado que las tasas de crecimiento poblacional y de expansión de la frontera agropecuaria no se desarrollan al mismo ritmo. 2).- Así mismo la tala

ilegal, la ocurrencia de incendios y plagas forestales son factores adicionales que contribuyen con los procesos de deforestación y degradación de los recursos forestales en la región.

### **3. Objetivo**

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar un diagnóstico sobre las tasas de deforestación y degradación de terrenos de bosques y selvas en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua, así como contar con una aproximación sobre las variables ambientales y socioeconómicas que determinan estos procesos.

#### **Específicos:**

1. Identificar y cuantificar los cambios de uso del suelo en el periodo comprendido de 1992 a 2012 así como los grupos de municipios con mayor deforestación, degradación y recuperación de la cubierta forestal de la región de importancia forestal del Estado de Chihuahua.
2. Detectar las áreas críticas (Hotspots) a escala municipal en términos de degradación, deforestación y recuperación de terrenos boscosos.
3. Identificar patrones de cambio de uso del suelo asociados a las principales causantes ambientales, sociales y/o económicas.
4. Determinar que variables contribuyen o explican los procesos de deforestación y degradación de recursos forestales a nivel municipal.

## 4. Materiales y Métodos.

### 4.1.- Ubicación y descripción del área de Estudio

El estado de Chihuahua se localiza en el norte de México entre los 25° 35' y 31° 47' de latitud norte y los 103° 18' y 109° 07' longitud oeste (Figura 1), cuenta con la mayor extensión de superficie forestal en la República Mexicana y tradicionalmente se ha caracterizado por situarse entre los primeros lugares a nivel nacional en términos de producción forestal maderable (Ruelas y Dávalos, 1999).

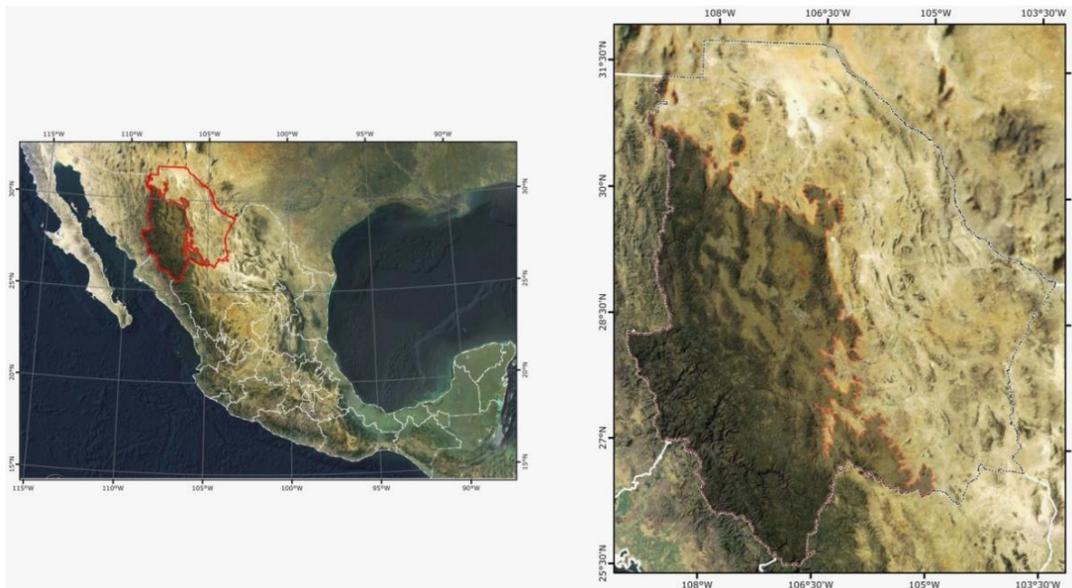


Figura 1. Localización del área de estudio

La superficie forestal del estado es de 16.5 millones de hectáreas, de las cuales, 7.4 millones de hectáreas corresponden a bosques y selvas que se distribuyen en una fracción de la Sierra Madre Occidental. El 47% de esta superficie es considerada área forestal aprovechable y además proporcionar al Estado recursos maderables, aporta de forma natural o mediante un manejo sustentable, servicios ambientales de igual o mayor importancia tales como: captación de agua en

calidad y cantidad, captura de carbono, generación de oxígeno, amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales, modulación o regulación climática, protección de la biodiversidad, paisajes y recreación, por mencionar algunos (Palacio *et al.*, 2000).

El sistema de tenencia de la tierra forestal más importante lo constituyen los ejidos, comunidades y colonias que abarcan la mayor parte de la superficie forestal de la región. Los terrenos forestales de carácter público tienen una superficie de 3,722 ha; y los 1,187 lotes de propiedad privada abarcan una superficie de 793,384 ha. La propiedad colectiva se divide en colonias, comunidades indígenas y ejidos. Las colonias comprenden 17 predios cuya superficie suma 262,462 ha. Las comunidades indígenas son 36 y se encuentran en una superficie de 533,261 ha. Los ejidos son 360 y su superficie total es de 5,994,308 ha.

La producción forestal en la región se lleva a cabo a través de permisos de aprovechamiento forestal maderable, volumen que se distribuye por tipo de género en 82% de pino, 7% de encino, 0.4% de táscate y el resto en otros géneros (mezquite, álamo y madroño). Los municipios que registran la mayor superficie forestal (Anexo 1) y por consecuencia, mayor producción forestal maderable son Madera (23,1%), Guadalupe y Calvo (18,7%), Guachochi (12,5%) y Ocampo (6,8%) que en su conjunto acumulan el 50% del volumen de aprovechamiento forestal maderable autorizado en la región; el resto de los municipios representa el 39% de la producción maderable estatal. La industria de la madera y sus productos aunque con oscilaciones, ha mantenido su participación en el PIB de la industria manufacturera con alrededor del 6%, ubicándose como cuarta división industrial en importancia después de productos como alimentos, bebidas y tabaco (INEGI 2003.)

## 4.2.- Metodología

### 4.2.1.- Análisis del cambio de uso de suelo

#### Procesamiento de información

En el análisis de cambios de uso de suelo desarrollado en el presente trabajo, se consideraron las bases de datos vectoriales que representan el uso de suelo y tipos de vegetación producidos a escala 1:250,000 por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en sus series II y V cuyos años bases corresponden a los años 1993 y 2012 respectivamente. De esta manera y con la finalidad de contar con una aproximación de los cambios en el uso de suelo en el periodo de 1993 - 2012, se evaluó la pérdida/ganancia de la cubierta forestal a partir de las diferencias de superficies encontradas entre las series II y V.

La información vectorial de cada serie de uso de suelo y tipos de vegetación fue reagrupada, de acuerdo a las siguientes clases generales : a) **Bosque primario**; b) **Bosque secundario**; c ) **No Bosque 1** que agrupa a los usos de suelo agrícola; d) **No Bosque 2** que considera a los tipos de pastizales; e) **No Bosque 3** denominado a sí a los cuerpos de agua, zonas sin vegetación aparente y zonas urbanas; y finalmente f) **Otros tipos de Vegetación** que agrupa en su mayoría a la vegetación de semi-desierto. En el Cuadro 1 se describen los usos de suelo que agrupan cada categoría obtenida y en los Anexos 2 y 3 se muestra la distribución espacial de las clases reagrupadas en las series II y V de uso de suelo y tipos de vegetación de INEGI para la región de bosque de clima templado frío del estado de Chihuahua.

**Cuadro 1.-** Descripción de las clases reagrupadas de uso de suelo y tipos de vegetación

CLASE REAGRUPADA	TIPOS DE VEGETACIÓN	CONDICION DE LA VEGETACIÓN	FASE SECUNDARIA DE LA VEGETACIÓN
<b>Bosque primario</b>	Bosque bajo abierto	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Bosque de ayarín	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de encino	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de encino-pino	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de galería	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de oyamel	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de pino	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de pino-encino	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de táscate	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Matorral subtropical	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Selva baja caducifolia	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
<b>Bosque secundario</b>	Bosque de encino	<i>Secundaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de encino-pino	<i>Secundaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Bosque de pino	<i>Secundaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Bosque de pino-encino	<i>Secundaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Selva baja caducifolia	<i>Secundaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Selva baja espinosa	<i>Secundaria</i>	<i>Arbórea</i>
<b>No Bosque 1 (agricultura)</b>	Agricultura de humedad	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Agricultura de riego	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Agricultura de riego eventual	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Agricultura de riego suspendido	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Agricultura de temporal	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
<b>No Bosque 2 (pastizales)</b>	Pastizal cultivado	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Pastizal halófilo	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Pastizal inducido	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Pastizal natural	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
<b>No Bosque 3 (otros usos de suelo)</b>	Cuerpo de agua	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Zonas sin vegetación aparente	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
	Zona Urbana	<i>No Aplica</i>	<i>No Aplica</i>
<b>Otros tipos de Vegetación</b>	Chaparral	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Matorral desértico micrófilo	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Matorral desértico rosetófilo	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Mezquital	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Vegetación de desiertos arenosos	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>
	Vegetación de galería	<i>Primaria</i>	<i>Arbórea</i>
	Vegetación halófila	<i>Primaria</i>	<i>Arbustiva</i>

## Detección de procesos de cambio

Con el fin de obtener las estadísticas de cambios en el uso de suelo reagrupados así como su localización geográfica, se realizaron procesos de intersección espacial entre los atributos de las coberturas vectoriales correspondientes a las dos fuentes cartográficas (Series II y V de INEGI). Dado que los usos de suelo y tipos de vegetación correspondientes a cada serie fueron reagrupados en seis clases, por lo que la intersección espacial entre ambas coberturas produjo un total de 36 posibles combinaciones de cambios. Las 36 clases de cambio obtenidas fueron enumeradas y reagrupadas en las categorías de cambio que se presentan en el Cuadro 2.

En una siguiente fase, mediante la tabulación cruzada de las superficies cuantificadas por las clases de cada serie (II y V) se construyó una matriz de cambios que cuantifica espacialmente las dinámicas de cambios ocurridos entre las clases reagrupadas de ambas series. La diagonal de la matriz muestra la cantidad total del paisaje estable entre una fecha y otra, mientras que fuera de la diagonal se recogen las transiciones encontradas entre las dos fechas de referencia. A la dinámica de cambio de la clase de Bosques en su condición primaria hacia una condición de Bosque secundaria se le denominó como un proceso de degradación, mientras que la dinámica de cambio de Bosques (en condiciones primarios o secundarios) hacia cualquiera de las categorías se le identificó como procesos de deforestación. En ambos casos se calcularon las tasas de cambio de acuerdo con la ecuación sugerida por FAO (1996) (ecuación 1). El mismo procedimiento se aplicó a las demás categorías de manera general para la región y particularmente para cada entidad municipal, de tal forma que los resultados de este estudio describen las transiciones ocurridas.

$$Tc = 100 - \left( \frac{A_{t1}}{A_{t2}} \right)^{\frac{1}{n}} * 100 \quad \text{Ecuación (1)}$$

De donde: Tc.- Tasa de cambio expresada en valor porcentual; A<sub>t1</sub>.- Superficie forestal de la fecha 1; A<sub>t2</sub>.- Superficie forestal de la fecha 2; n.- número de años entre las dos fechas.

**Cuadro 2.** Tipos de combinaciones de cambios de uso de suelo producidos y reclasificación de los cambios.

CLASE	TIPO DE CAMBIO	CATEGORIA DE CAMBIO
1	Bosque primario -> Bosque primario	<b>Terrenos forestales estables</b>
2	Otros tipos de vegetación -> Otros tipos de vegetación	
3	Bosque secundario -> Bosque secundario	
4	No bosque 1 -> No bosque 1	<b>Otros usos de suelo estables</b>
5	No bosque 2 -> No bosque 2	
6	No bosque 3 -> No bosque 3	
7	No bosque 2 -> No bosque 1	<b>Cambios en otros usos de suelo</b>
8	No bosque 3 -> No bosque 1	
9	No bosque 1 -> No bosque 2	
10	No bosque 1 -> No bosque 3	
11	No bosque 2 -> No bosque 3	
12	No bosque 3 -> No bosque 2	
13	Otros tipos de vegetación -> No bosque 1	
14	Otros tipos de vegetación -> No bosque 2	
15	Otros tipos de vegetación -> No bosque 3	
16	Bosque secundario -> Bosque primario	<b>Recuperación de bosque</b>
17	No bosque 1 -> Bosque primario	
18	No bosque 2 -> Bosque primario	
19	No bosque 3 -> Bosque primario	
20	Otros tipos de vegetación -> Bosque primario	
21	No bosque 1 -> Bosque secundario	
22	No bosque 2 -> Bosque secundario	
23	No bosque 3 -> Bosque secundario	
24	Otros tipos de vegetación -> Bosque secundario	
25	No bosque 1 -> Otros tipos de vegetación	<b>Recuperación de otros tipos de vegetación</b>
26	No bosque 2 -> Otros tipos de vegetación	
27	No bosque 3 -> Otros tipos de vegetación	
28	Bosque primario -> No bosque 1	<b>Deforestación</b>
29	Bosque primario -> No bosque 2	
30	Bosque primario -> No bosque 3	
31	Bosque primario -> Otros tipos de vegetación	
32	Bosque secundario -> No bosque 1	
33	Bosque secundario -> No bosque 2	
34	Bosque secundario -> No bosque 3	
35	Bosque degradado-> Otros tipos de vegetación	
36	Bosque primario -> Bosque secundario	

#### **4.2.2.- Detección de áreas críticas (Hotpots) en términos de degradación y deforestación.**

La identificación de áreas críticas se llevó a cabo evaluando los cambios ocurridos por procesos de deforestación, degradación y recuperación de bosque a nivel municipal. El procedimiento consistió en una primera fase, en cuantificar por cada entidad municipal las superficies por degradación, deforestación y recuperación de bosque. Posteriormente, mediante el uso de cuartiles representados en diagramas de cajas “*Boxplot*” las entidades municipales se agruparon en los siguientes niveles críticos: muy bajo, bajo, medio y alto, para cada condición.

Finalmente y con el propósito de contar con un mayor nivel de aproximación, para la clase que representa los procesos de deforestación, se identificaron las áreas que han perdido su cobertura de bosques, separando los tipos de cambio asociados al cambio de uso de suelo por pastizales y la agricultura, en el primer caso se asume el supuesto de que la transformación de bosques a pastizales es debido a la actividad pecuaria. La categoría de degradación permanece igual por contar con un único tipo de cambio. Por último, en la categoría de recuperación de áreas de bosque identificaron separadamente por los tres tipos de cambio ocurridos: a) de bosque degradado a bosque (recuperación del bosque primario); b) de tierras agrícolas a bosque (abandono de tierras agrícolas) y c) de pastizales a bosque (abandono de pastizales).

#### **4.2.3.- Identificación de patrones de variables ambientales y socioeconómicas asociadas a la degradación y deforestación.**

En esta etapa se llevaron a cabo análisis de distancia con el propósito de identificar posibles patrones entre los rasgos del relieve y las superficies con degradación y deforestación, así como con la proximidad de rasgos socioeconómicos tales como localidades, vías de comunicación, yacimientos mineros, incendios y plagas forestales. Para el análisis del relieve se derivó un modelo hipsométrico

clasificando en rangos altitudinales un Modelo Digital de Elevaciones con resolución de 90 mts, así mismo se obtuvieron modelos de inclinación y dirección de pendientes, los cuales fueron clasificados por rangos de pendientes y su exposición (Consultar Anexos cartográficos 4, 5 y 6). Los modelos de relieve fueron vectorizados e intersectados con los polígonos de degradación y deforestación con el propósito de determinar la superficie del área deforestada por rangos de altitud, de inclinación y exposición de pendientes.

Para el análisis de proximidad se derivaron coberturas continuas que representan la distancia euclídeana de las áreas afectadas por incendios y plagas forestales, las vías de comunicación, las localidades, y los yacimientos mineros respectivamente (consultar Anexo cartográfico del 7 - 11). Los polígonos de las áreas que presentaron degradación y deforestación fueron intersectados con cada una de las coberturas de proximidad con el propósito de identificar a que rangos de distancias se localizan las áreas degradadas y deforestadas.

#### **4.2.4.- Análisis de variables ambientales, socio-demográficas que explican los procesos de degradación y deforestación en la región**

##### **Identificación de variables**

Identificar los factores sociales, económicos y ambientales que inciden en los procesos de degradación y deforestación en la región de importancia forestal del Estado de Chihuahua no es una tarea tan simple, sin embargo, algunas de las aportaciones que se desprenden de los comentarios efectuados por representantes del sector productivo forestal, académicos, propietarios y manejadores de los ecosistemas forestales de la región, en los talleres de consulta y validación sugieren que las principales causas que inciden en los procesos de degradación y deforestación de los ecosistemas forestales particularmente en la región son debido a la expansión de la frontera agrícolas y de pastizales con fines pecuarios, la ocurrencia de incendios forestales, el ataque de plagas y enfermedades forestales, la expansión de yacimientos mineros y la tala clandestina.

Tomando en consideración los aportes y sugerencias derivados en los talleres de consulta, por lo que en un siguiente paso se procedió a compilar información de variables de tipo ambiental, demográficas y socioeconómicas a nivel municipal, proveniente de muy diversas fuentes oficiales. La lista detallada de las variables que presumiblemente podrían explicar estadísticamente los procesos de degradación y deforestación en la región de importancia forestal y por consecuencia responder la hipótesis de trabajo planteada al inicio del presente documento se describe a continuación:

## **Variables predictivas**

### **1) Ambientales**

#### **a) Zonificación forestal**

Este grupo de variables ambientales fueron derivadas a partir del mapa de zonificación forestal disponible en el Sistema Nacional de Información Forestal de la SEMARNAT (<http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/>). De este modo, con apoyo de un SIG, para cada municipio se cuantificó la extensión de las zonas destinadas a conservación y aprovechamiento restringido de los recursos forestales, las zonas que presentan degradación de suelos forestales y las zonas que se encuentran destinadas al aprovechamiento forestal (Anexo 12). En este sentido se esperaría que las entidades municipales que cuentan con mayor superficie forestal con procesos de degradación de suelos forestales, muestren elevadas superficies con procesos de deforestación o degradación de bosques; mientras que contrariamente los municipios con mayor superficie forestal bajo estatus de conservación, así como de terrenos forestales con programas de manejo forestal para la producción forestal maderable presumiblemente podría esperarse que presenten reducidas superficies con procesos de degradación y deforestación.

1.- **SUP\_CONSERV.**- Superficie destinada a la conservación y aprovechamiento restringido derivada de la zonificación forestal para el estado de Chihuahua (ha.) Fuente: SEMARNAT. (Anexo 12)

2.- **TFPROD\_A**.- Superficie que abarcan los terrenos forestales de alta productividad, derivada de la zonificación forestal del estado de Chihuahua (ha.) Fuente: SEMARNAT. (Anexo 12)

3.- **TFPROD\_M**.- Superficie que abarcan los terrenos forestales de productividad media, derivada de la zonificación forestal del estado de Chihuahua (ha.) Fuente: SEMARNAT. (Anexo 12)

4.- **TFPROD\_B**.- Superficie que abarcan los terrenos forestales de productividad baja, derivada de la zonificación forestal del estado de Chihuahua (ha.) Fuente: SEMARNAT. (Anexo 12)

5.- **DEG\_SUELO**.- Superficie de suelos con algún nivel de degradación del suelo, derivada de la zonificación forestal del estado de Chihuahua (ha.) Fuente: SEMARNAT. (Anexo 12).

#### **b) Disturbios ambientales**

Para cada entidad municipal, se cuantificó también la diferencia de las superficies agrícola y de pastizales observadas entre las series II y V de INEGI, con esta información fue posible identificar los municipios que presentaron los mayores incrementos en estos usos de suelo, con lo cual, se esperaba que los municipios que presenten los máximos incrementos tanto de superficie agrícola como de pastizales sean los que muestren las más elevadas tasas de degradación y deforestación.

6.- **EXP\_AGRIC**.- Superficie agrícola incrementada o reducida de 1993 a 2012. Fuente: INEGI.

7.- **EXP\_PAST**.- Superficie de pastizales incrementada o reducida de 1993 a 2013. Fuente: INEGI.

Otras variables ambientales incluidas en el análisis y que se encuentran asociadas al deterioro de los ecosistemas forestales de la región son la presencia de presencia de incendios y plagas forestales. Los efectos de los incendios sobre los ecosistemas son diversos, puesto que dependen de su intensidad y frecuencia. El efecto directo más importante de los incendios es la remoción del arbolado en pie, que junto con la eliminación del renuevo, daña las

poblaciones y retrasa o interrumpe la regeneración natural, además de que favorecen la invasión de plagas y enfermedades forestales. De acuerdo con el historial de registros proporcionados por la Comisión Nacional Forestal, en las temporadas de incendios que comprenden el periodo de 1998 a 2012, en la región de importancia forestal se han registrado un total de 15,680 incendios que afectaron una superficie forestal de aproximadamente 380,500 has, esto indica que en promedio se han presentado 1,045 anualmente que afectan una superficie media anual de 25,255 has. Los factores que inciden mayormente en la ocurrencia de incendios en la región son el empleo del fuego para la habilitación de terrenos cultivables en las prácticas agropecuarias (35.4%); sin embargo, también ocurren por fogatas no apagadas adecuadamente y por fumadores que por descuido arrojan los cerillos o las colillas de los cigarros todavía encendidas al suelo con material combustible (25.9%), entre otras causas no determinadas (32.7%). En términos de plagas forestales, de acuerdo a los registros oficiales, la superficie forestal afectada fue de 113,127 has, siendo los descortezadores *Dendroctonus mexicanus* e *Ips Lecontei* las principales plagas que han causado deterioro a los recursos forestales de la región, los registros revelaron que la presencia del *Dendroctonus mexicanus* fue reportada con una frecuencia de 358 ocasiones afectando una superficie de 12,434 has, mientras que *Ips Lecontei* fue reportado en menor número de ocasiones (138), sin embargo su severidad fue poco más del doble de la del *Dendroctonus mexicanus* ya que afectó una superficie de 27,120 has. En el análisis se espera que los municipios que presenten las mayores cifras de recurrencia y afectaciones por incendios y plagas forestales correspondan con los que mayor superficie bajo procesos de degradación de sus bosques.

8.- **FREC\_INCEND.**- Número de incendios forestales ocurridos del periodo 1998 – 2012. Fuente: CONAFOR.

9.- **SUP\_INCEND.**- Superficie afectada por incendios forestales durante el periodo de 1998 - 2012 (has). Fuente: CONAFOR.

10.- **FREC\_PLAGAS.**- Número de afectaciones por plagas forestales. Fuente: CONAFOR.

11.- **SUP\_PLAGAS**.- Superficie afectada por plagas forestales (has). Fuente: CONAFOR.

Históricamente, la minería ha sido pilar en la economía del Estado de Chihuahua, como actividad fundadora de importantes centros de población, en la actualidad es un motor que promueve el desarrollo industrial del estado (SGM, 2011). Últimamente se ha incrementado sustancialmente la exploración que ha dado como resultado la ampliación y el descubrimiento de nuevos yacimientos minerales como los de Santa María en el Municipio de Moris, El Sauzal, Bolívar, Bahuerachi y Cieneguita en el Municipio de Urique, Pinos Altos y Ocampo en el Municipio de Ocampo, Dolores en el Municipio de Madera, Palmarejo y Monterde en el Municipio de Témoris, San Miguel en el Municipio de Cusihuiriachic y Terrazas en el Municipio de Chihuahua, así mismo, en otras partes de la entidad se están llevando a cabo trabajos de exploración en la búsqueda de nuevos depósitos (SGM, 2011). Desafortunadamente la minería es una actividad a corto plazo pero con efectos ambientales a largo plazo. Durante la fase de exploración, algunas de las actividades que impactan los recursos forestales son la apertura de caminos de acceso, aperturas de zanjas y pozos de reconocimiento y tomas de muestras. Durante la fase de explotación, se elimina la cobertura de bosque y se remueve la superficie del suelo particularmente en las minas de cielo abierto. Por lo anterior en el análisis propuesto se consideró determinar el efecto que tiene la actividad minera de la región sobre los procesos de deforestación y degradación de los bosques.

12.- **N\_MINAS**.- Número de yacimientos mineros. Fuente: INEGI.

### c) Restauración

Las actividades de restauración implementadas por la Comisión Nacional Forestal tales como la reforestación podrían ser factores que expliquen si los municipios con mayor superficie reforestada podrían ser los que menor superficie deforestada y/o degradada .

13.- **N\_ARB\_REFOR**: Número de árboles reforestados. Fuente: INEGI (SIMBAD).

14.- **SUP\_REFOR**: Superficie reforestada (has). Fuente: INEGI (SIMBAD).

## 2) Demográficas y Socioeconómicas

En el análisis se incluyeron también aspectos relacionados con la dinámica de población por ser factores de gran relevancia; tal y como se expuso en la hipótesis de trabajo al inicio, un incremento en la población ocasiona una mayor presión hacia los recursos forestales para satisfacer sus necesidades, razón por la cual es indispensable identificar en qué medida la dinámica de la población influye sobre los procesos de cambio de uso de suelo. Para tal propósito se consideró la información proveniente de los censos de población correspondientes a los años 2000 y 2010, de este modo se determinó a nivel municipal la tasa de cambio de población entre las dos fechas.

15.- **POB\_2010**: Población del censo de 2010 (habitantes). Fuente: INEGI (SIMBAD).

16.- **CAMBIO\_POB**: Porcentaje de cambio poblacional del 2000 al 2010 (%). Fuente: INEGI (SIMBAD).

El claudestinaje es considerado también como uno de los factores que influyen en el deterioro de los bosques de Chihuahua, sin embargo y dado que no se cuenta con información histórica precisa sobre esta actividad ilícita, por lo que como se consideró conveniente emplear las denuncias registradas en materia de delitos ambientales, a nivel municipal, a partir del Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos desarrollado por INEGI ( <http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/resultados.jsp?w=80&Backidhecho=499&Backconstem=498&constembd=173> ). Es importante aclarar que los registros reportados en este sistema no corresponden en su totalidad al delito de tala claudestina, sin embargo podría ser un parámetro que nos brinde una aproximación.

17.- ***N\_DENUNCIAS***: Número de denuncias levantadas en materia de delitos ambientales. Fuente INEGI (SIMBAD).

De los factores socioeconómicos directamente asociados a los aspectos demográficos y por consecuencia a podrían contribuir a explicar los cambios en el uso de suelo son las localidades con población superior a los 5,000 habitantes, así como la extensión de vías de comunicación existente en la región. La información se obtuvo empleando los datos vectoriales de las localidades y las vías de comunicación apoyándose con un SIG se seleccionaron y cuantificaron las localidades que registraron una población mayor a 5000 habitantes y por municipio. Así mismo también se cuantificó la longitud total de las vías de comunicación por municipio. Se esperaría que los municipios con un mayor número de localidades y longitud de vías de comunicación sean los que presentan las zonas con mayor superficie deforestada y o degradada.

18.- ***N\_LOCAL***: Número de localidades por municipio. Fuente: INEGI.

19.- ***LONG\_VC***: Longitud de vías de comunicación por municipio (Km). Fuente: INEGI.

Para contar con una aproximación a cerca de cuales de estas variables determinan la pérdida y degradación de los bosques, por lo que en el presente estudio se ajustaron modelos de regresión lineal múltiple utilizando datos a nivel municipal. La técnica empleada en los análisis de regresión fue la de cuadrados mínimos (Ecuaciones 1 y 2) con incorporación de variables paso por paso hacia adelante (*forward stepwise*). Como variables dependientes se consideraron la superficie degradada y deforestada, y como variables independientes la totalidad de variables ambientales, demográficas y socioeconómicas descritas con anterioridad. El método de análisis de regresión aplicado, permite incluir la totalidad de las variables independientes en un simple paso y descartar en pasos subsecuentes las variables que no cumplan con el nivel de significancia estadística esperado ( $p <$

0.05). Cada vez que una variable es removida de la función, el modelo es reajustado y el valor de  $R^2$  resultante, explica la varianza global.

$$Defor = \beta_0 + \beta_1 Var_1 + \beta_2 Var_2 + \dots \beta_i Var_i + \varepsilon \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$Degrad = \beta_0 + \beta_1 Var_1 + \beta_2 Var_2 + \dots \beta_i Var_i + \varepsilon \quad \text{Ecuación (3)}$$

De donde: *Defor* y *Degrad*, representan los valores de respuesta de los procesos de deforestación y degradación respectivamente,  $Var_1$ ,  $Var_2$ ,  $Var_i$  denotan respectivamente, las variables independientes incorporadas en los procesos de ajuste. Las constantes  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_i$  son los parámetros que se estiman en el proceso de ajuste de cada modelo. El término  $\varepsilon$  representa el error aleatorio en los modelos de regresión, se asume son independientes e idénticamente ajustados a una distribución normal de media 0 y varianza constante  $\sigma^2$ , analíticamente se expresa como  $\varepsilon \sim \text{IIDN}(0, \sigma^2)$ . Para verificar dichos supuestos se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas Durbin-Watson y Kolmogorov-Smirnov, en tanto que la homogeneidad de la varianza fue evaluada de manera gráfica, verificando la inexistencia de algún patrón sistemático o tendencia entre los errores y las predicciones del modelo.

## 5. Resultados

### 5.1.- Estimaciones en los cambios de uso de suelo

Un resumen de los resultados se presenta en la Cuadro 3, donde se observa que la superficie de bosques se redujo un 9.7% respecto a la superficie total registrada en 1993, lo que equivale a una tasa anual de transformación del orden del 0.49%; contrariamente, la superficie de bosques secundarios, se incrementó en una tasa anual media de 2.32%, seguido por las zonas de No Bosque 1 que agrupa las zonas destinadas a agricultura con un 0.73% y otros tipos de vegetación 0.64%. Las zonas de No Bosque 2 que representa las zonas de pastizales incrementaron su superficie a un ritmo de 1,563.3 ha/año; sin embargo, este análisis no ofrece detalles de la dinámica de cambios que existe en región.

**Cuadro 3.** Tasa de transformación del uso de suelo durante el periodo de 1993 – 2012 en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua.

Clases reagrupadas	Serie II	Serie V	Sup. Transformada		Tasa de cambio	
	(ha)	(ha)	(ha)	ha/año	(%) neta	(%) anual
Bosque	6,504,328.4	5,873,132.6	-631,195.8	-31559.8	<b>-9.7</b>	-0.49
Bosque secundario	823,098.6	1,205,790.1	382,691.5	19134.6	<b>46.5</b>	2.32
No Bosque 1 (Agricultura)	1,084,365.8	1,242,548.7	158,182.9	7909.1	14.6	0.73
No Bosque 2 (Pastizales)	1,542,425.6	1,573,691.4	31,265.8	1563.3	2.0	0.10
No Bosque 3 (Otros Usos)	78,806.0	80,039.8	1,233.9	61.7	1.6	0.08
Otros tipos de vegetación	449,740.5	507,562.2	57,821.7	2891.1	12.9	0.64

La matriz que se muestra en el cuadro 4, describe el detalle de las superficies transformadas entre las clases de uso de suelo durante el periodo analizado. La diagonal de dicha matriz representa la superficie total estable de las clases que no presentaron cambios entre una fecha y otra, mientras que los valores fuera de la diagonal recogen las transiciones encontradas entre las dos fechas de referencia. A la dinámica de cambio de la clase de Bosques en su condición primaria hacia una condición de Bosque secundaria se le denominó como un proceso de degradación (celdas color naranja), mientras que la dinámica de cambio de Bosques ya sea en condiciones primarios o

secundarios, hacia cualquiera del resto de las categorías, permite identificar las superficies con procesos de deforestación (celdas color rojo). Contrariamente a la dinámica de la transición de cualquiera de las clases a la clase de Bosques representan las áreas con ganancia o recuperación de terrenos forestales (celdas color verde).

**Cuadro 4.** Matriz de cambios en el uso de suelo producidos en el periodo de 1992 – 2012 en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua. (Superficies en hectáreas)

**Uso de Suelo Serie V INEGI**

	Bosque	Bosque secundario	No Bosque 1	No Bosque 2	No Bosque 3	Otros Tipos de Veg.	Total
Bosque	5,700,163.3	528,517.1	105,419.9	89,053.9	412.7	80,761.5	6,504,328.4
Bosque secundario	104,799.3	628,738.2	22,249.2	53,210.8	198.1	13,903.1	823,098.6
No Bosque 1	34,708.5	16,170.7	1,001,330.2	18,086.8	5,310.5	8,759.2	1,084,365.8
No Bosque 2	33,090.8	17,556.9	88,458.0	1,402,000.7	1,319.2	0.0	1,542,425.6
No Bosque 3	231.5	9.3	3,646.7	6,612.6	65,001.7	3,304.2	78,806.0
Otros Tipos de Veg.	139.3	14,798.0	21,444.7	4,726.7	7,797.6	400,834.3	449,740.5
Total	5,873,132.6	1,205,790.1	1,242,548.7	1,573,691.4	80,039.8	507,562.2	10,482,764.8

Procesos	Superficie		Tasa de cambio	
	Has	Has/año	neta (%)	anual (%)
Recuperación de bosque	221,504.1	11,075.2	3.0	0.15
Deforestación	365,209.1	18,260.5	5.0	0.25
Degradación	528,517.1	26,425.9	7.2	0.36

Durante el periodo analizado, se determinó que en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua se registró una superficie aproximada de 365,209 ha con procesos de deforestación; lo que equivale a una tasa neta de deforestación de 5% y a una anual de 0.25%, lo cual supone una pérdida importante en los stocks de carbono y en otros beneficios ambientales como biodiversidad y captura de agua. Del total de superficie forestal identificada con procesos de deforestación, el 26% corresponde a terrenos forestales perdidos por la expansión de otros tipos de vegetación y zonas urbanas, el 35% corresponde a terrenos de bosque que fueron transformados para uso agrícola y el

39% se transformaron en zonas de pastizal, lo cual podría ser atribuible a la expansión de las actividades agrícolas y pecuarias en la región.

En términos de degradación de terrenos boscosos, los resultados revelaron que 528,517 has de bosque cambiaron de una condición primaria a otra secundaria, lo cual equivale a una tasa neta de degradación del orden de 7.2%. Esto indica que los bosques secundarios se incrementaron con una intensidad de 26,426 has/año (0.36%), estos bosques identificados con procesos de degradación presentan un alto riesgo de deforestación posterior. En términos de recuperación de terrenos de bosque se estimó una superficie aproximada de 221,504 has, lo cual permitió estimar una tasa neta de recuperación del orden del 3%, es decir, en promedio hubo una recuperación de superficie de bosque de aproximadamente 11,075 has/año (0.15%). En el Anexo cartográfico 13 se muestra la distribución espacial de los cambios ocurridos en la región de importancia forestal del estado de Chihuahua.

## **5.2.- Identificación de áreas críticas por degradación y deforestación**

El análisis de cambios del uso de suelo reveló que aproximadamente el 86% de la superficie de bosque reportada al inicio del periodo, se mantuvo en condiciones estables, es decir no se presentaron cambios durante el periodo analizado. En términos generales puede mencionarse que la mayoría de las entidades municipales (con excepción de Balleza, Bocoyna, Carichí, Chínipas, Nonoava y San Francisco de Borja), presentaron tasas netas de bosques estables superiores al 80%, (consultar Figura 2, Cuadro 5 y Anexo 14 ). Mientras que las mayores tasas anuales de deforestación identificadas en la región, ocurrieron en los municipios de Nonoava y San Francisco de Borja, con cifras equivalentes a 1.54% y 1.38% respectivamente (Anexo 15), estas entidades municipales se caracterizaron también por registrar los más bajos valores porcentuales de bosques estables (50.8 y 63.26%) y elevadas tasas de degradación anual de terrenos boscosos (0.39 y 0.89%), atribuibles principalmente a la expansión de las zonas de pastizales (Figura 2A y B). Otros municipios como Ignacio Zaragoza, Bocoyna, Chihuahua, Carichí, Balleza Batopilas, Guachochi, Cuishuiriachi, Matachi,

Janos, Gómez Farías y Urique registraron por su parte altas tasas anuales de deforestación con valores críticos comprendidos entre 0.21 y 0.5% (Consultar Cuadro 5 y Figura 2) que se atribuyen a la transformación de terrenos forestales con fines de agricultura. En el anexo cartográfico 16 puede observarse que las entidades municipales que más contribuyen al proceso de deforestación asociada al desarrollo de la actividad agrícola fueron Bocoyna, Gómez Farías, Carichi y Matachi, mientras que los municipios que mayor aporte a la deforestación tiene por efecto de la expansión de los pastizales fueron Nonoava, San Francisco de Borja, Chihuahua, Ignacio Zaragoza y Janos. (Anexo 17 y Figura 2)

En términos de degradación de terrenos boscosos, en la Figura 2 y en el Cuadro 5 puede observarse claramente que los municipios de Bocoyna y Chínipas fueron las entidades municipales que registraron las más elevadas tasas anuales, con cifras que superaron el 1%. Otros municipios que destacan con valores críticos de degradación anual de terrenos boscosos comprendidos entre 0.38 y 0.88 fueron Nonoava, Guazapares, Urique, Janos, Carichí, Balleza, Guachochi, Morelos, Moris y San Francisco de Borja (Anexo 18).

En términos de recuperación de terrenos forestales, puede mencionarse que del total de la superficie forestal que presentó ésta condición, el 47% proviene de la transformación de bosques secundarios a primarios, un 23% correspondió a terrenos ganados a los pastizales, un 23% de terrenos ganados a la agricultura y el 7% de otros tipos de vegetación, siendo los municipios de Gómez Farías, Guachochi, Guadalupe y Calvo, Morelos, Batopilas, Balleza y Carichi lo que obtuvieron las mejores tasas anuales de recuperación de la cobertura forestal con valores porcentuales comprendidos entre 0.22 y 0.52%, (ver Figura 2 y Anexo 19). Cabe destacar que los municipios antes mencionados, los primeros cuatro se caracterizaron por presentar tasas de recuperación de bosques superiores a las de deforestación, mientras que en el resto de los municipios ocurrió lo contrario, (Consultar Cuadro 5).

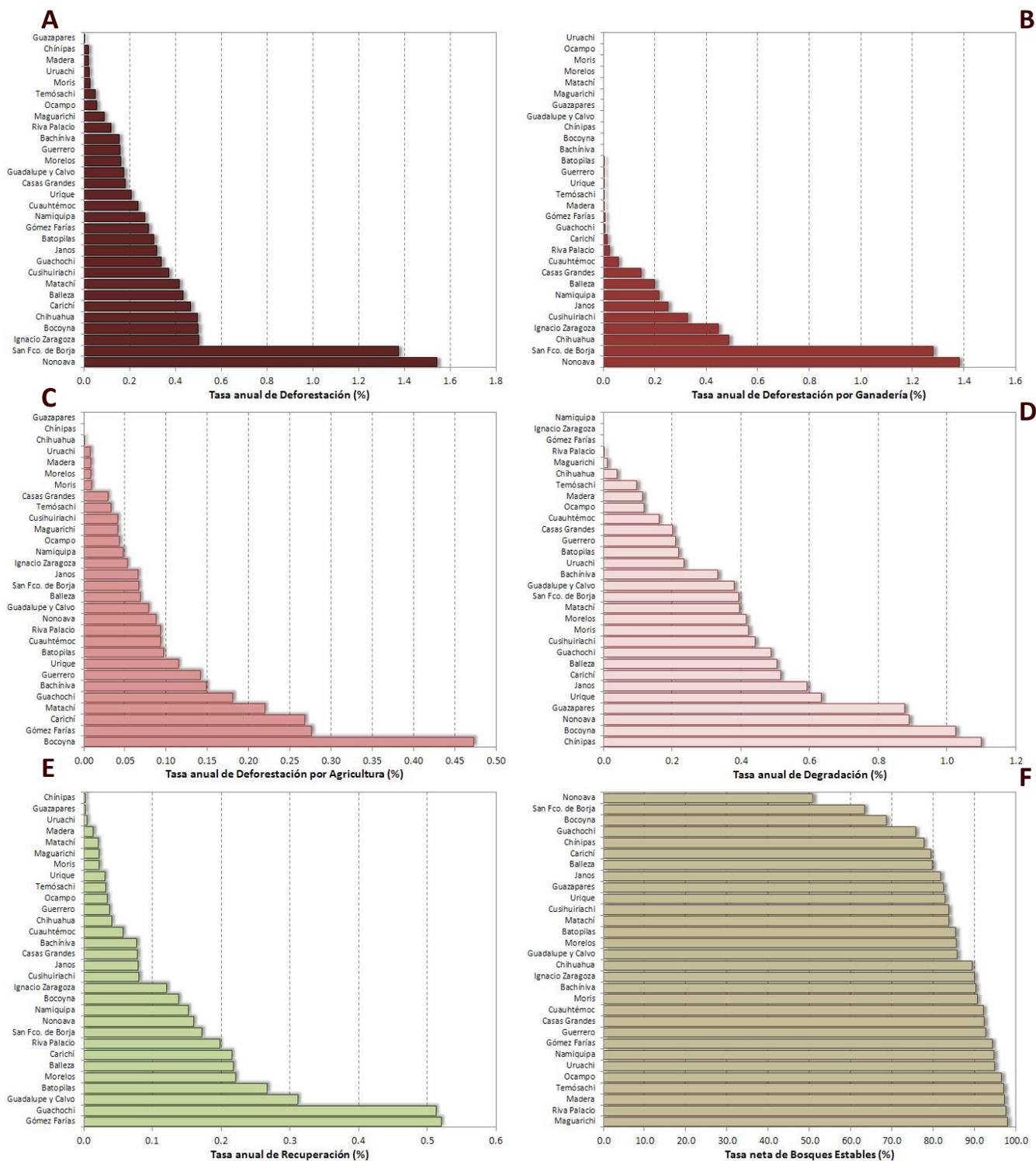


Figura 2.- Tasa netas de procesos de: Deforestación: (A.- Deforestación total, B.- Deforestación por ganadería, C.- Deforestación por agricultura), Degradación (D), Recuperación de bosque (E) y Bosques estables (F) por entidad municipal.

**Cuadro 5.-** Desglose de las tasas de deforestación, degradación y recuperación de terrenos forestales por entidad municipal. Periodo analizado: 1993 – 2012.

Municipios	Deforestación			Degradación			Recuperación			Bosques estables			Superficie de Bosques (1993)
	Sup	tasa		Sup	tasa		Sup	tasa		Sup	tasa		
	(Ha)	neta (%)	anual (%)	(Ha)	neta (%)	anual (%)	(Ha)	neta (%)	anual (%)	(Ha)	neta (%)	anual (%)	
Bachíniva	1,734.9	3.10	0.16	3,735.3	6.68	0.33	868.1	1.55	0.08	50,471.8	90.2	4.51	55,942.0
Balleza	38,478.4	<b>8.69</b>	<b>0.43</b>	44,731.6	<b>10.11</b>	<b>0.51</b>	19,272.0	<b>4.35</b>	<b>0.22</b>	352,888.9	79.7	3.99	442,567.7
Batopilas	12,873.7	<b>6.16</b>	<b>0.31</b>	9,175.1	4.39	0.22	11,175.5	<b>5.35</b>	<b>0.27</b>	178,356.0	85.4	4.27	208,891.6
Bocoyna	24,384.4	<b>10.00</b>	<b>0.50</b>	50,082.7	<b>20.54</b>	<b>1.03</b>	6,737.3	2.76	0.14	167,120.5	68.5	3.43	243,803.8
Carichí	19,680.3	<b>9.37</b>	<b>0.47</b>	21,678.8	<b>10.32</b>	<b>0.52</b>	9,054.2	<b>4.31</b>	<b>0.22</b>	166,519.9	79.2	3.96	210,138.8
Casas Grandes	8,530.4	3.63	0.18	9,533.3	4.06	0.20	3,691.5	1.57	0.08	216,958.5	92.3	4.62	235,022.2
Chihuahua	17,873.1	<b>9.90</b>	<b>0.50</b>	1,449.2	0.80	0.04	1,472.7	0.82	0.04	161,140.5	89.3	4.46	180,504.2
Chínipas	637.9	0.39	0.02	35,623.2	<b>22.00</b>	<b>1.10</b>	86.0	0.05	0.00	125,645.4	77.6	3.88	161,914.5
Cuauhtémoc	6,037.8	<b>4.73</b>	<b>0.24</b>	4,144.0	3.25	0.16	1,463.8	1.15	0.06	117,507.3	92.0	4.60	127,692.1
Cusihuiriachi	5,515.6	<b>7.44</b>	<b>0.37</b>	6,563.3	<b>8.85</b>	<b>0.44</b>	1,199.4	1.62	0.08	62,019.3	83.6	4.18	74,169.4
Gómez Farías	1,665.6	<b>5.67</b>	<b>0.28</b>	0.0	0.00	0.00	3,054.8	<b>10.41</b>	<b>0.52</b>	27,647.6	94.2	4.71	29,354.6
Guachochi	42,139.2	<b>6.82</b>	<b>0.34</b>	60,275.9	<b>9.75</b>	<b>0.49</b>	63,367.8	<b>10.25</b>	<b>0.51</b>	467,525.9	75.6	3.78	618,100.8
Gpe. y Calvo	28,736.8	3.51	0.18	62,395.9	<b>7.63</b>	<b>0.38</b>	51,043.6	<b>6.24</b>	<b>0.31</b>	701,590.1	85.7	4.29	818,281.2
Guazapares	71.1	0.05	0.00	27,078.4	<b>17.55</b>	<b>0.88</b>	100.6	0.07	0.00	127,142.3	82.4	4.12	154,291.8
Guerrero	13,021.3	3.16	0.16	17,384.5	4.23	0.21	3,064.8	0.74	0.04	380,982.7	92.6	4.63	411,431.8
I. Zaragoza	15,350.2	<b>10.05</b>	<b>0.50</b>	0.0	0.00	0.00	3,703.4	2.42	0.12	137,314.2	89.9	4.49	152,741.4
Janos	13,180.9	<b>6.41</b>	<b>0.32</b>	24,424.9	<b>11.88</b>	<b>0.59</b>	3,239.3	1.57	0.08	168,075.9	81.7	4.09	205,681.7
Madera	3,234.8	0.41	0.02	18,167.1	2.31	0.12	2,227.5	0.28	0.01	764,985.7	97.3	4.86	786,577.1
Maguarichi	1,713.2	1.79	0.09	225.0	0.23	0.01	422.2	0.44	0.02	94,027.8	98.0	4.90	95,978.5
Matachí	4,413.9	<b>8.37</b>	<b>0.42</b>	4,181.8	<b>7.93</b>	<b>0.40</b>	219.4	0.42	0.02	44,168.4	83.7	4.19	52,764.1
Morelos	8,622.6	3.27	0.16	21,949.6	<b>8.32</b>	<b>0.42</b>	11,665.6	<b>4.42</b>	<b>0.22</b>	225,398.9	85.5	4.27	263,722.3
Moris	929.8	0.53	0.03	14,829.6	<b>8.47</b>	<b>0.42</b>	795.7	0.45	0.02	158,518.4	90.6	4.53	174,988.3
Namiquipa	10,650.8	<b>5.32</b>	<b>0.27</b>	0.0	0.00	0.00	6,086.1	<b>3.04</b>	<b>0.15</b>	189,634.8	94.7	4.73	200,332.4
Nonoava	42,411.0	<b>30.86</b>	<b>1.54</b>	24,500.3	<b>17.83</b>	<b>0.89</b>	4,400.7	<b>3.20</b>	<b>0.16</b>	69,814.9	50.8	2.54	137,410.3
Ocampo	1,959.3	1.14	0.06	4,055.0	2.36	0.12	1,185.2	0.69	0.03	165,711.0	96.5	4.82	171,725.3
Riva Palacio	2,848.0	2.39	0.12	69.5	0.06	0.00	4,717.2	<b>3.96</b>	<b>0.20</b>	116,155.8	97.5	4.88	119,078.2
San Fco. de Borja	21,363.0	<b>27.50</b>	<b>1.38</b>	6,111.8	7.87	0.39	2,676.1	<b>3.45</b>	<b>0.17</b>	49,141.4	63.3	3.16	77,676.1
Temósachi	3,848.4	1.00	0.05	7,597.2	1.97	0.10	2,454.1	0.63	0.03	375,064.7	97.0	4.85	386,552.0
Urique	12,206.2	4.14	0.21	37,493.9	<b>12.72</b>	0.64	1,827.3	0.62	0.03	244,222.3	82.8	4.14	294,785.4
Uruachi	1,096.7	0.47	0.02	11,060.4	4.70	0.24	232.5	<b>0.10</b>	0.00	223,150.8	94.8	4.74	235,307.9
<b>Total</b>	<b>365,209</b>	<b>5.0</b>	<b>0.25</b>	<b>528,517</b>	<b>7.2</b>	<b>0.36</b>	<b>221,504</b>	<b>3.0</b>	<b>0.15</b>	<b>6,328,901</b>	<b>86.4</b>	<b>4.32</b>	<b>7,327,427.0</b>

La tasa neta (%) representa la proporción de la superficie total transformada respecto a la superficie total de bosques por municipio, derivadas en el uso de suelo serie II de INEGI cuya fecha de referencia es de 1993.

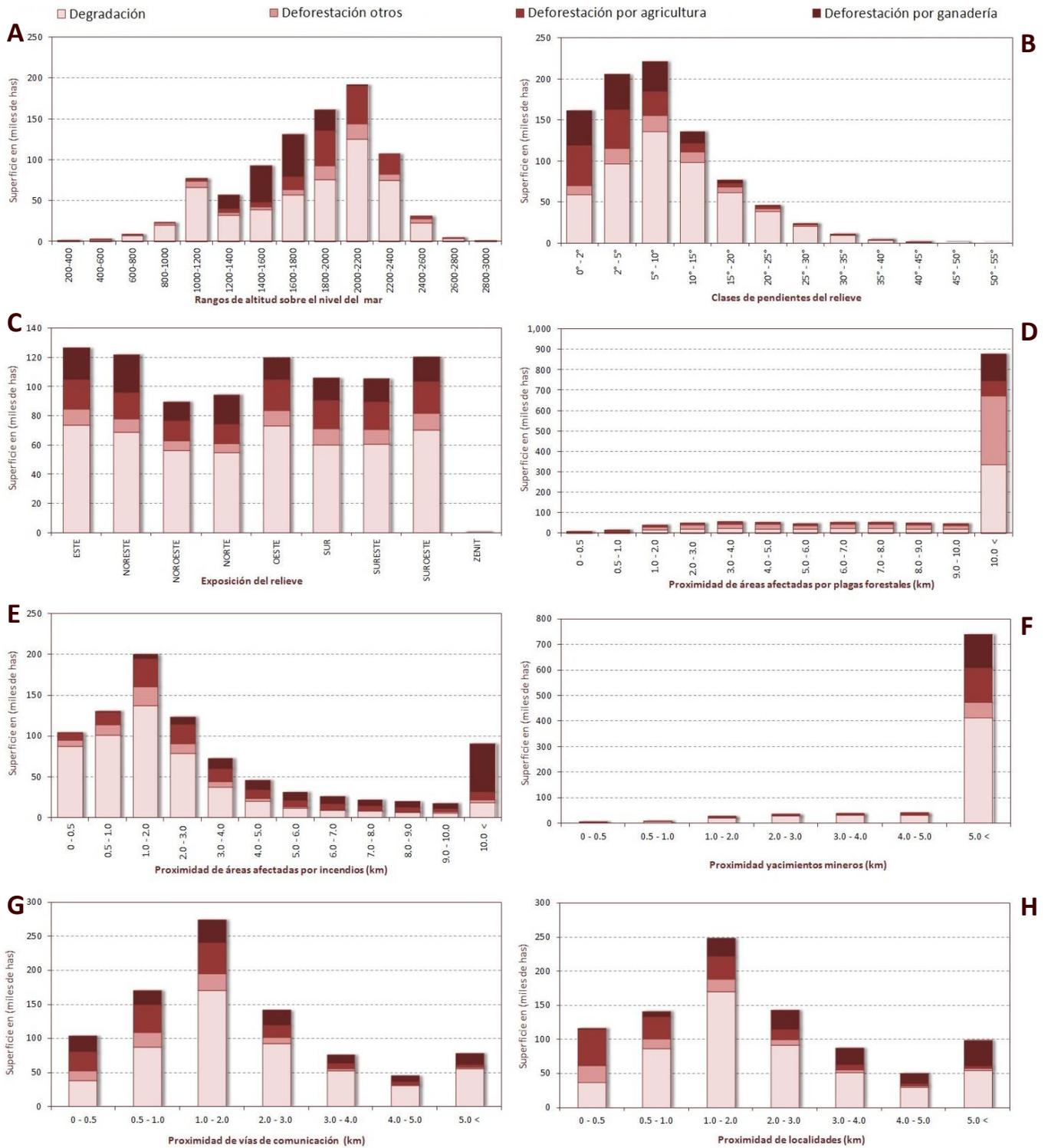
**Cuadro 6.-** Desglose de las tasas de deforestación neta asociada a la agricultura y la expansión de pastizales para la actividad pecuaria por entidad municipal. Periodo analizado: 1993 – 2012.

Municipios	Deforestación									Superficie total con Deforestación
	Agricultura			Pastizal			Otros usos de suelo			
	Sup (Has)	tasa neta (%)	tasa anual (%)	Sup (Has)	tasa neta (%)	tasa anual (%)	Sup (Has)	tasa neta (%)	tasa anual (%)	
Bachíniva	1,667.9	<b>2.98</b>	<b>0.15</b>	0.0	0.00	0.00	67.0	0.12	0.01	1,734.9
Balleza	6,074.3	1.37	0.07	17,730.5	<b>4.01</b>	<b>0.20</b>	14,673.7	3.32	0.17	38,478.4
Batopilas	4,042.1	<b>1.93</b>	<b>0.10</b>	36.9	0.02	0.00	8,794.8	4.21	0.21	12,873.7
Bocoyna	23,083.3	<b>9.47</b>	<b>0.47</b>	0.0	0.00	0.00	1,301.2	0.53	0.03	24,384.4
Carichí	11,289.7	<b>5.37</b>	<b>0.27</b>	627.8	0.30	0.01	7,762.9	3.69	0.18	19,680.3
Casas Grandes	1,378.2	0.59	0.03	6,884.4	<b>2.93</b>	<b>0.15</b>	267.9	0.11	0.01	8,530.4
Chihuahua	36.4	0.02	0.00	17,640.4	<b>9.77</b>	<b>0.49</b>	196.2	0.11	0.01	17,873.1
Chínipas	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	637.9	0.39	0.02	637.9
Cuauhtémoc	2,387.5	<b>1.87</b>	<b>0.09</b>	1,496.9	1.17	0.06	2,153.4	1.69	0.08	6,037.8
Cusihuiachi	610.0	0.82	0.04	4,880.5	<b>6.58</b>	<b>0.33</b>	25.1	0.03	0.00	5,515.6
Gómez Farías	1,623.7	<b>5.53</b>	<b>0.28</b>	41.9	0.14	0.01	0.0	0.00	0.00	1,665.6
Guachochi	22,398.6	<b>3.62</b>	<b>0.18</b>	923.6	0.15	0.01	18,816.9	3.04	0.15	42,139.2
Guadalupe y Calvo	12,896.1	1.58	0.08	0.0	0.00	0.00	15,840.7	1.94	0.10	28,736.8
Guazapares	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	71.1	0.05	0.00	71.1
Guerrero	11,650.0	<b>2.83</b>	<b>0.14</b>	80.7	0.02	0.00	1,290.7	0.31	0.02	13,021.3
Ignacio Zaragoza	1,617.7	1.06	0.05	13,654.5	<b>8.94</b>	<b>0.45</b>	78.0	0.05	0.00	15,350.2
Janos	2,720.3	1.32	0.07	10,406.4	<b>5.06</b>	<b>0.25</b>	54.3	0.03	0.00	13,180.9
Madera	1,398.3	0.18	0.01	462.1	0.06	0.00	1,374.5	0.17	0.01	3,234.8
Maguarichi	796.5	0.83	0.04	0.0	0.00	0.00	916.8	0.96	0.05	1,713.2
Matachí	2,320.9	<b>4.40</b>	<b>0.22</b>	0.0	0.00	0.00	2,093.0	3.97	0.20	4,413.9
Morelos	475.1	0.18	0.01	0.0	0.00	0.00	8,147.5	3.09	0.15	8,622.6
Moris	332.6	0.19	0.01	0.0	0.00	0.00	597.2	0.34	0.02	929.8
Namiquipa	1,927.2	0.96	0.05	8,723.7	<b>4.35</b>	<b>0.22</b>	0.0	0.00	0.00	10,650.8
Nonoava	2,403.5	<b>1.75</b>	<b>0.09</b>	37,977.5	<b>27.64</b>	<b>1.38</b>	2,030.0	1.48	0.07	42,411.0
Ocampo	1,491.3	0.87	0.04	0.0	0.00	0.00	468.0	0.27	0.01	1,959.3
Riva Palacio	2,220.5	<b>1.86</b>	<b>0.09</b>	573.7	0.48	0.02	53.8	0.05	0.00	2,848.0
San Fco. de Borja	1,043.7	1.34	0.07	19,910.2	<b>25.63</b>	<b>1.28</b>	409.1	0.53	0.03	21,363.0
Temósachi	2,556.5	0.66	0.03	202.1	0.05	0.00	1,089.9	0.28	0.01	3,848.4
Urique	6,772.0	<b>2.30</b>	<b>0.11</b>	82.6	0.03	0.00	5,351.6	1.82	0.09	12,206.2
Uruachi	384.0	0.16	0.01	0.0	0.00	0.00	712.7	0.30	0.02	1,096.7
<b>Total</b>	<b>127,597.5</b>	<b>1.74</b>	<b>0.09</b>	<b>142,336.2</b>	<b>1.94</b>	<b>0.10</b>	<b>95,275.4</b>	<b>1.30</b>	<b>0.07</b>	<b>365,209.2</b>

La tasa neta (%) representa la proporción de la superficie total transformada respecto a la superficie total de bosques por municipio, derivadas en el uso de suelo serie II de INEGI cuya fecha de referencia es de 1993.

### 5.3.- Patrones de variables ambientales y socioeconómicas asociadas a la degradación y deforestación.

Las áreas que presentaron procesos de degradación y deforestación en la región, se caracterizaron por localizarse en rangos altitudinales comprendidos entre los 1,200 y 2,400 msnm así como en terrenos con pendientes inferiores a los 15°. Particularmente las áreas con deforestación por la actividad agrícola y ganadera mostraron tendencias a distribuirse en terrenos planos o con poca pendiente. La dirección de las pendientes no pareciera mostrar un algún patrón claramente definido ya que la superficie deforestada quedó distribuida en términos generales en proporciones similares en la mayoría de las direcciones, siendo las Este, Noreste, Oeste y Suroeste las que registraron las mayores cifras (ver figuras 3 A-C). La figura 2D por su parte revela que aproximadamente el 85% de la superficie degradada y deforestada quedó localizada a distancias lejanas (> 10 km) de los sitios que han sido afectados por plagas forestales, lo cual podría esperarse que esta variable no representa un factor determinante en los procesos de degradación y deforestación a escala de la región. En la Figura 2E se observa que aproximadamente un 65% de la superficie identificada con procesos de degradación y deforestación se distribuyó en zonas con una proximidad menor a 3.0 km de las áreas que han sido afectadas por incendios forestales, sin embargo nótese que las áreas con deforestación debida a la actividad ganadera generalmente se situaron a distancias superiores a 10 km de las áreas afectadas por incendios. En el análisis de proximidad también fue posible detectar que aproximadamente el 75% de la superficie total degradada y deforestada, se situó en distancias menores a 3.0 km tanto de las vías de comunicación como de las localidades (Figura 3G-H). Es importante señalar que las áreas que con deforestación por agricultura se encuentran más próximas (< 2.0 km) a las vías de comunicación y las localidades, comparada con las áreas con deforestación por ganadería que tienden a distribuirse a distancias superiores a 2 km de las localidades. La cercanía de las vías de comunicación y localidades a las áreas con degradación y deforestación parecen ser factores que favorecen estos procesos de deterioro. Las proximidades de los yacimientos mineros hacia las zonas deforestadas no parecieran ser un factor determinante dado que el 85% de la superficie degradada y deforestada se localizó a distancias lejanas (> 5 km).



**Figura 3.-** Características del relieve (A.- Elevación, B.- Pendientes, C.- Exposición) en zonas con degradación y deforestación y su proximidad hacia áreas afectadas por: D.- Plagas forestales; E.- incendios forestales; F.- Yacimientos mineros, G.- Red de vías de comunicación y, H.- Localidades.

## 5.4.- Variables ambientales, sociales y económicas que determinan los procesos de degradación y deforestación en la región

Los resultados de los análisis de regresión permitieron identificar la existencia de relaciones estadísticamente significativas (con coeficientes de correlación múltiple  $r > 0.93$ ) entre los grupos de variables ambientales, sociales y económicas incorporadas en el análisis y los procesos de degradación y deforestación de terrenos boscosos a nivel municipal. En términos generales puede decirse que la variabilidad de estos procesos pudo ser explicada entre un 87.8 y 99.0% por las variables correspondientes que mostraron significancia estadística en cada caso, que se describen en el Cuadro 7.

El modelo de regresión concebido para explicar la degradación de bosques (Tabla 7) revela que las variables con significancia estadística que en su conjunto explicaron el 87.8% de la varianza de los procesos de degradación ocurridos a nivel municipal fueron: 1) frecuencia de incendios (*FREC\_INCEND*), 2) expansión de la zona agrícola (*EXP\_AGRIC*), 3) expansión de zonas de pastizales (*EXP\_PAST*), 4) presencia de yacimientos mineros (*N\_MINAS*) y 5) superficie afectada por plagas (*SUP\_PLAGAS*). De estas variables, tan solo la frecuencia de incendios aporta en el modelo de regresión casi el 60%, y la expansión de la frontera agrícola contribuyó con un 14.8% y en menor proporción la expansión de la frontera de pastizales (2.8%), por lo que pueden considerarse como las variables que mejor explican los procesos de degradación de bosques.

En tanto que la variabilidad de los procesos de deforestación que ocurrieron en la región pudo ser explicada en un 99% por un total de nueve variables estadísticamente significativas: 1) longitud de vías de comunicación (*LONG\_VC*), 2) expansión de la zona agrícola (*EXP\_AGRIC*), 3) expansión de zonas de pastizales (*EXP\_PAST*), 4) número de localidades (*N\_LOCAL*), 5) número de árboles reforestados (*N\_ARB\_REFOR*), 6) número de denuncias en materia de delitos ambientales (*N\_DENUNCIAS*), 7) superficie reforestada (*SUP\_REFOR*), 8) terrenos forestales con alta productividad (*TFPROD\_A*), 9) terrenos forestales con producción media (*TFPROD\_M*). De estas variables, la red de

vías de comunicación contribuyó con el 47% en el modelo, mientras que la expansión de las fronteras de pastizales y agrícola aportaron el 26% y 9.8% respectivamente en la explicación del modelo; la frecuencia de incendios y número de árboles reforestados por su parte contribuyeron con el 21%. El resto de las variables aunque son estadísticamente significativas, aportan en su conjunto un 2.5% en el modelo.

**Cuadro 7.-** Resultados de los análisis de regresión lineal múltiple.

PARÁMETRO ESTADÍSTICO	DEGRADACIÓN		DEFORESTACIÓN	
Múltiple R	0.937		0.995	
R <sup>2</sup>	0.878		0.990	
Adjusted R <sup>2</sup>	0.831		0.981	
valor de p	0.00000		0.00000	
Error estandar	7490.0		1727.5	
Durbin Watson (DW)	2.06		1.73	
F	F(8,21): 18.84		F(14,15): 105.54	
Coeficientes regresores	Coef.	Aporte (%)	Coef.	Aporte (%)
$\beta_0$ Intercept	1060.518	NA	-1825.43	NA
$\beta_1$ LONG_VC	NS	NA	* 5.4866	47.44
$\beta_2$ FREC_INCEND	* 68.671	59.4	* 2.0545	12.32
$\beta_3$ EXP_AGRIC	* 1.172	14.8	* 0.8470	8.97
$\beta_4$ CAMBIO_POB	352.332	3.4	NS	NA
$\beta_5$ EXP_PAST	* 0.586	2.8	* 1.0308	16.98
$\beta_6$ N_MINAS	* 616.753	2.1	-180.8528	0.73
$\beta_7$ SUP_PLAGAS	* 0.318	2.4	NS	NA
$\beta_8$ N_LOCAL	NS	NA	* -7.2561	0.25
$\beta_9$ N_DENUNCIAS	NS	NA	* -4.0882	1.21
$\beta_{10}$ SUP_REFOR	NS	NA	72.8289	0.23
$\beta_{11}$ N_ARB_REFOR	NS	NA	* -0.0477	8.90
$\beta_{12}$ DIF_POB_10_00	-1.167	2.08	NS	NA
$\beta_{13}$ POB_2010	0.183	0.77	NS	NA
$\beta_{14}$ TFPROD_A	NS	NA	* 0.0747	0.45
$\beta_{15}$ TFPROD_M	NS	NA	* 0.0458	0.52
$\beta_{16}$ SUP_CONSERV	NS	NA	-0.0160	0.26
$\beta_{17}$ SUP_INCEN	NS	NA	0.6091	0.16
$\beta_{18}$ DEG_SUELO	NS	NA	0.0903	0.57

\* Variable que mostró significancia estadística con un valor de  $p < 0.05$ ; NS Variable No Significante; NA No hay aporte en el modelo. Las cifras en negritas representan las variables que arrojaron los mayores aportes en los modelos correspondientes.

Los signos (+) de los coeficientes  $\beta_i$  derivados para las variables que mayor aporte tuvieron en sus modelos correspondientes, indican que los procesos de deforestación y degradación se favorecen conforme se incrementa ya sea la superficie o frecuencia de las variables asociadas.

## 6. Discusión

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten confirmar que la pérdida de superficie forestal obtenida para la región de importancia forestal del estado de Chihuahua (18,260.5 has/año) muestra congruencia con los valores reportados por Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, (2010), quienes estimaron que en el Estado de Chihuahua, en promedio existe una pérdida del recurso forestal de aproximadamente 17,000 has/año. La tasa anual de deforestación regional determinada en el presente trabajo (0.25%) se encuentra entre los rangos reportados para los estados de Zacatecas, Estado de México, Sinaloa e Hidalgo que fluctúa entre 0.20 y 0.50% y fue significativamente inferior a la reportada para el estado de Veracruz, cuya pérdida que sufre al año equivale a un 2.2% del total de sus recursos forestales, lo que lo sitúa como al estado que sufre la mayor pérdida al año, así como también de otras entidades federativas como Chiapas, Tabasco, Colima, Guerrero, Yucatán, Campeche, Tamaulipas, Nuevo León y Oaxaca que registra tasas que fluctúan entre 0.6 y 1.1%.

Ciertamente, la tasa anual de deforestación obtenida para la región de importancia forestal de Chihuahua no alcanza valores críticos reportados en otras entidades federativas del país, sin embargo si se observa su comportamiento a nivel municipal, podrán identificarse que algunos municipios superan de manera importante esta tasa regional, esto es debido a que en cada municipio la dinámica sobre la pérdida de vegetación fue diferente (Anexo 13). Destacan por ejemplo San Francisco de Borja y Nonoava por ser los municipios que más contribuyeron en los procesos de deforestación con tasas anuales superiores a 1.3%. La superficie deforestada en estos municipios fue de 63,774 Ha, de esta superficie, el 90.8% fue debido a la conversión de terrenos forestales a zonas de pastizales, el 5.4% a terrenos agrícolas y el 3.8% restante a otros tipos de uso de suelo. En tanto que otros municipios como Batopilas, Bocoyna, Carichí, Guachochi, Guadalupe y Calvo y Guerrero que mostraron tasas anuales de deforestación comprendidas entre 0.16 y 0.5%, en conjunto acumularon una superficie de 127,962 Ha con procesos de deforestación, de las cuales, el 63.5% correspondieron a la conversión de

terrenos forestales para la agricultura, el 1.2% a zonas de pastizales y el 35.2% restante a otros tipos de ocupación de suelo.

Los procesos de degradación de los bosques de la región también mostraron diferencias notables entre las entidades municipales que abarcan la región de importancia forestal de Chihuahua observándose casos como Bocoyna y Chínipas que presentaron las más elevadas tasas de degradación de la región, con tasas anuales por encima del 1.0% anual; seguidos por Nonoava, Guazapares, Urique, Janos, Carichí, Balleza, Guachochi, Moris, Morelos y Matachí con tasas anuales comprendidas entre 0.40 y 0.89%.

Cifras oficiales proveniente del Programa Nacional Reforestación implementado por la Comisión Nacional Forestal revelan que del 2000 al 2012, en las entidades municipales que aborda el presente estudio, se han reforestado un total de 25,214 Ha, esto indica que en la región, en promedio anualmente se reforestan 1,939 Ha, es decir aproximadamente un 10% de la superficie que se deforestada anualmente, lo cual indica que las actividades de reforestación son insuficientes para restaurar las zonas con procesos de deforestación. En la figura 4 pueden observarse situaciones contrastantes que se presentan a nivel municipal, por ejemplo, Madera es el único municipio que cuenta con una superficie anual de reforestación superior a la superficie que se deforesta año con año, mientras que en el resto de los municipios ocurre lo contrario con particular énfasis en los municipios de Carichí, San Francisco de Borja, Bocoyna, Guadalupe y Calvo, Guachochi, Balleza y Nonoava en donde la superficie media que se reforesta anualmente es significativamente menor a la superficie que anualmente se deforesta.

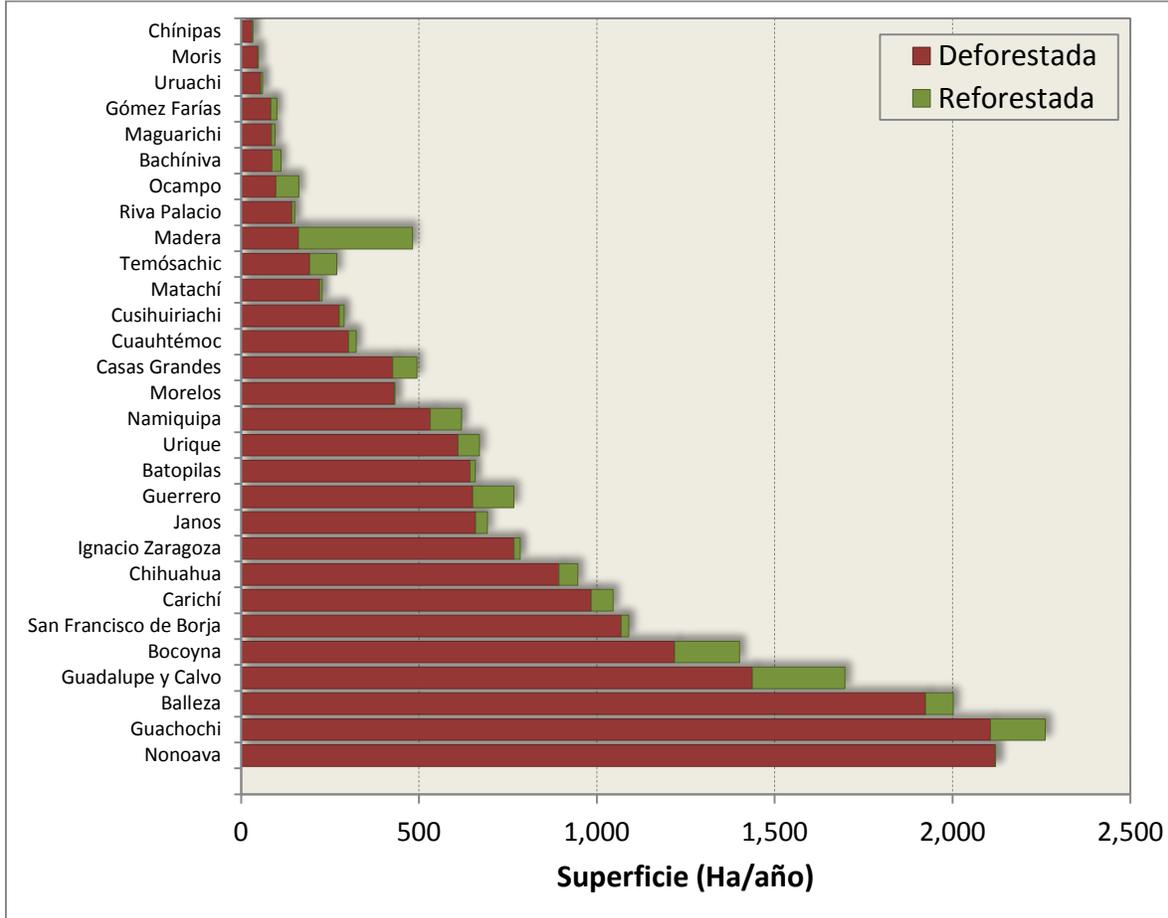


Figura 4.- Superficie media anual deforestada Vs superficie media anual que es reforestada por entidad municipal.

Los resultados de los análisis de proximidad, así como los parámetros de la calidad de ajuste de los modelos de regresión lineal múltiple desarrollados en el presente estudio son indicadores que demuestran que los municipios con mayor extensión de vías de comunicación, ocurrencia de incendios forestales y con mayor incremento de las fronteras agrícola y de pastizales son factores que permitieron explicar entre el 87.8 y 99%, la variabilidad de los procesos de degradación y deforestación que ocurren en la región (Cuadro 7). Otros trabajos como el de Pineda *et al.*, (2009) utilizaron modelos de regresión para identificar que los factores demográficos tales como la población que habla alguna lengua indígena, fueron las variables socioeconómicas a nivel municipal que mayor significancia mostraron en la pérdida de bosques del Estado de México; sin embargo, los coeficientes

de determinación que obtuvieron (0.08 y 0.44), fueron significativamente inferiores a los encontrados en el presente estudio. Aunque mediante el uso de análisis de regresión logística, los autores encontraron que la proximidad a las zonas urbanas y a las vías de comunicación reflejaron la mayor pérdida de masa forestal en zonas de bosque de coníferas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos de los análisis de distancia realizados en el presente estudio.

Si bien es cierto que la extensión de vías de comunicación en las proximidades del bosque favorecen el desarrollo económico de la región, también es cierto que una mayor accesibilidad a los recursos forestales incrementan la presión sobre su uso y por consecuencia el riesgo de deforestación, esta situación fue claramente identificada en los análisis de proximidad efectuados en el presente estudio y se confirmó con los análisis de regresión. De igual manera, la ocurrencia de incendios forestales, resultó ser una de las variables de mayor importancia en los procesos de degradación de bosques, según registros proporcionados por la Comisión Nacional Forestal durante periodo 1997 - 2013 en la región se presentaron un total de 15,680 incendios (Anexo 20) que afectaron una superficie forestal de aproximadamente 380,500 has, es decir en promedio anualmente han ocurrido 1,045 incendios que afectaron una superficie media anual de 25,255 has, cifra que coincidentemente es muy cercana a la superficie media anual que presentó procesos de degradación de bosques (26,426 has/año). Las tres principales causas que contribuyen con la ocurrencia de incendios forestales en la región son debido al desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias (35.4%), causas no determinadas (32.7%) y por fumadores y fogatas (25.9%).

El incremento de las zonas agrícolas y de pastizales fueron las siguientes variables que mejor explicaron los procesos de deforestación y degradación de los bosques en la región. Dadas las elevadas tasas de deforestación atribuidas a la ampliación de las fronteras agrícola y de pastizales particularmente en los municipios de Nonoava, San Francisco de Borja y Bocoyna por lo que resulta necesario llevar a cabo una extensa revisión de las políticas públicas en términos agropecuarios que a través de incentivos han fomentado el desarrollo de la agricultura y ganadería extensivas.

## 7. Conclusiones

La tasa media anual de deforestación obtenida para la región de importancia forestal del estado de Chihuahua, resultó inferior los valores críticos reportados para otras entidades federativas del país, sin embargo las tasas anuales encontradas a nivel municipal indican que los municipios de Nonoava y San Francisco de Borja son los que presentan los valores más críticos alarmantes en términos de pérdida de la cubierta forestal que fue causada por el incremento de la superficie de pastizales, mientras que los municipios de Bocoyna, Gómez Farías y Carichi presentaron pérdidas de la superficie forestal debido a la expansión de la frontera agrícola; Bocoyna y Chínipas por su parte fueron los municipios que mostraron las más elevadas tasas de degradación de terrenos forestales.

Los análisis de regresión permitieron identificar que la ocurrencia de incendios forestales conjuntamente con el incremento de la frontera agrícola resultaron ser las variables que mejor explican la variabilidad de los procesos de degradación de los recursos forestales a nivel municipal, en tanto que la extensión de las vías de comunicación conjuntamente con la ampliación de la frontera de pastizales y agrícola permitieron explicar en gran medida, la variación de la superficie identificada a nivel municipal con procesos de deforestación.

Los resultados generados en el presente diagnóstico deben ser utilizados como fundamento técnico para llevar a cabo un análisis detallado de las políticas públicas que han impulsado a través de incentivos económicos el avance de las fronteras agrícola y pecuaria, así como la eficacia y/o fracaso de los programas actualmente vigentes que están orientados al desarrollo forestal sustentable, así mismo deberá ser también considerado como un instrumento que permita desarrollar estrategias y planear acciones orientadas a reducir las tasas de deforestación y degradación de los recursos forestales y promover la conservación de bosques.

## 8. Bibliografía

- Bocco, G., M. Mendoza y O. Masera (2001), "La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación", Investigaciones Geográficas, Boletín, núm, 44, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 18-38.
- Céspedes- Flores, S.E y Moreno- Sánchez, E. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. Investigación Ambiental. 2(2):5-13.
- Chomitz, K. and Gracia D. 1996. Roads, Land Use, and Deforestation: A Spatial Model Applied to Belize. The World Bank Economic Review. 10(3): 487-512.
- Escárpita, H. A. 2002. Situación actual de los bosques de Chihuahua. Madera y Bosques Instituto de Ecología, A.C. 8(1): 3-18.
- FAO. 2005. Global Forest Resources Assessment 2005. Progress towards Sustainable Forest Management, FAO Forestry Paper 147. FAO. Roma.
- Gobierno del Estado de Chihuahua, Secretaría de Desarrollo Rural. 2004. Programa de desarrollo forestal sustentable del estado de Chihuahua.
- Geist, H. J. and Lambin, E. F. 2001. What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on sub-national case study evidence, Louvain-la-Neuve, LUCC International Project Office: 116, Belgium.
- ARD. 2002. Mexico: critical analysis of the current deforestation rates estimates. US-AID, México D.F: 29 p.
- Guerrero, M.T. 2003. Guía metodológica para la educación de adultos: la pedagogía de la necesidad. Un sistema de educación no formal para el manejo de los recursos naturales en la Sierra Tarahumara. COSYDDHAC/CONTEC. Chihuahua, México, Editorial COSYDDHAC.
- Kaimowitz, D., Byron N. and Subderlin W. 2005. Public Policies to Reduce Inappropriate Tropical Deforestation. In Sayer, J. (Ed.) The Earthscan Reader in Forestry and Development. Earthscan, Londres.

- Lambin, E. F. 1997. Modelling deforestation processes: a review tropical ecosystem environment observations by satellites, European Commission Joint Research Centre- Institute for Remote Sensing Applications- European Space Agency, Luxembourg, TREE Series B., Research Report No. 1.
- Lund, H.G., Torres V., Turner A.y L. Wood. 2002. Análisis crítico de los estimados disponibles de deforestación. USAID. SEMARNAT. México.
- Meyer, W. B. and B. L. Turner (1992), "Human population growth and global land-use/cover change", Annual Review of Ecology and Systematics, no. 23, pp. 39-61.
- Mayer, G. 1999. Sobre los conflictos sociales, económicos, ecológicos e interétnicos en la Sierra Tarahumara del estado de Chihuahua. Interner Kolonialismus und Ethnozid in der Sierra Tarahumara (Chihuahua, Mexiko): Bedingungen und Folgen der Wirtschaftsraumlichen Inkorporation und Modernisierung eines Indigenen Siedlungsraumes. Alemania, Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universitat Tuingen.
- Orozco, H. E., V. Peña, R. Franco y N. Pineda (2004), "Atlas Agrario Ejidal del Estado de México", Cuadernos de Investigación, núm, 34, UAEM, Toluca, México.
- Pacheco, P. 2004. Las fronteras agrícolas en el trópico boliviano: entre las situaciones heredadas y los desafíos del presente. Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR), Indonesia. Investigador asociado, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). Brasil.
- Palacio, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga y F. González (2000), "La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional 2000", Investigaciones Geográficas, Boletín, núm, 43, Instituto de Geografía, México, pp.183-203.
- Pineda, J. N.B., Bosque, S.J., Gómez, D. M. y Plata, R. W. 2009. Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 69: 33-52.

- Reyes, H. H., S. Cortina, H. Perales, E. Kauffer y J. M. Pat-Fernández (2003), "Efecto de los subsidios agropecuarios y apoyos gubernamentales sobre la deforestación durante el período 1990-2000 en la región de Calakmul, Campeche, México", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm, 51, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 88-106.
- Ruelas M., L. y R. Dávalos S. 1999. La industria forestal del estado de Chihuahua. *Madera y Bosques* 5(2):79-91.
- Semarnat. 2013. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México.
- Southgate, D. and M. Basterrechea (1992), "Population Growth, Public Policy, and Resource Degradation: the Case of Guatemala", *Ambio*, 21:7, pp. 460-464.
- Velázquez, A., Mas J.F., Díaz J.R., Mayorga R., Alcántara P.C., Castro R., Fernández T., Bocco G., Ezcurra E. y J.L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37. México, D.F.
- Walter, B. and Steffen, W. 1997. "The terrestrial biosphere and global change: implications for natural and managed ecosystems", A synthesis of GCTE and related research, IGBP Science 1, Int. Geosph.-Biosph. Program., Stockholm.



[www.alianza-mredd.org](http://www.alianza-mredd.org)

ALIANZA MÉXICO PARA LA REDUCCIÓN DE  
EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN

