

## **Análisis e interpretación de los cambios de uso del suelo y vegetación en la Sierra Norte de Puebla a través de las Series III y VI**

### **Analysis and interpretation of changes in land use and vegetation at the Sierra Norte de Puebla through Series III and VI**



Foto: Diego Armando Melendez Aguilar Bosque Mesófilo de Montaña

**(a)Dr. Sergio Gabriel Ceballos Pérez, (b)Dr. César Raúl Pérez Marcial**

<sup>(a)</sup>Cátedras Conacyt – El Colegio del Estado de Hidalgo, Parque Científico y Tecnológico del Estado de Hidalgo Blvd. Circuito la Concepción, Ex hacienda de la Concepción número 3, San Agustín Tlaxiaca, C.P. 42162 Hidalgo.

<sup>(b)</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Geografía, Circuito Interior. Ciudad Universitaria, s/n. C.P. 04510. Ciudad de México.

Correspondencia para autor: Sergio Gabriel Ceballos Pérez  
Cátedras Conacyt – El Colegio del Estado de Hidalgo  
Correo electrónico: [sceballos@elcolegiodehidalgo.edu.mx](mailto:sceballos@elcolegiodehidalgo.edu.mx)

## Resumen

El análisis de los cambios de uso del suelo y vegetación es una herramienta que nos permite conocer la dinámica antropogénica con su territorio, esta puede utilizarse para fines de planificación, conservación, restauración, ordenamiento territorial, etc. El objetivo de este artículo es buscar resaltar las cualidades y debilidades de la herramienta a partir de un caso de estudio de la región Sierra Norte de Puebla. Como metodología se utilizó el software ArcGis versión 10.5 para generar el Sistema de Información Geográfica (SIG) a partir de las Series III y VI de INEGI, en una segunda etapa se realizó el análisis con los datos obtenidos, en una tercera etapa se llevaron a cabo validaciones en campo. Como resultado se identificaron 13 tipos de áreas existentes; las áreas que sufrieron mayores modificaciones fueron los asentamientos humanos con un incremento del 133 por ciento, la agricultura anual y permanente mostraron una disminución entre 5 y 27 por ciento respectivamente, sin embargo, los bosques de coníferas secundarios se incrementaron en 23 por ciento. Como conclusiones se reconocen las bondades del uso de software para el análisis de SIG, no obstante, también se recomienda el uso de la cartografía participativa para corroborar lo obtenido y corregir errores o incluso para una correcta interpretación de la información.

## Abstract

The analysis of changes in land use and vegetation is a tool that allows us to know the anthropogenic dynamics with its territory, it can be used for planning, conservation, restoration, land use, etc. purposes. The objective of this article is to seek to highlight the qualities and weaknesses of the tool based on a case study from the Sierra Norte region of Puebla. As a methodology, ArcGis version 10.5 software was used to generate the Geographic Information System (GIS) from Series III and VI of INEGI, in a second stage, the analysis was performed with the data obtained, in a third stage they were carried out carry out field validations. As a result, 13 types of existing areas were identified; The areas that suffered the most modifications were human settlements with an increase of 133 percent, annual and permanent agriculture showed a decrease between 5 and 27 percent respectively, however, secondary coniferous

forests increased by 23 percent. As conclusions, the benefits of using software for GIS analysis are recognized, however, the use of participatory mapping is also recommended to corroborate what has been obtained and correct such errors or even for a correct.

**Palabras clave:** Bosques, Cambios de Cobertura, Deforestación, Conservación, SIG.

**Keywords:** Forests, Coverage Changes, Deforestation, Conservation, GIS.

## Introducción

La ciencia de los sistemas de información geográfica (GISci por sus siglas en inglés) tendrá aproximadamente poco más de 35 años, y se enfoca principalmente a resolver cuestiones teóricas computacionales y tecnológicas sobre la obtención de información territorial, métodos de análisis, técnicas de visualización y fotointerpretación, también se le conoce cómo ciencia del procesamiento de datos espaciales (McMaster y Manson, 2016). El término Sistemas de Información Geográfica se refiere principalmente a los componentes de hardware y software cómo una herramienta, que es utilizada por instituciones de gobierno, empresas y universidades, no obstante, pocos conocen la evolución de la ciencia del SIG y los procesos que se llevan a cabo para obtener dichos resultados.

El SIG se ha convirtiendo en una herramienta de análisis y visualización de datos espaciales de rutina, y en la actualidad se usa ampliamente en aplicaciones como: mapeo del uso del suelo para la planificación urbana, el manejo forestal, información del catastro, manejo de recursos naturales, análisis de rutas de transporte, tráfico, desplazamientos, análisis económico espacial, migración, entre otros.

El termino SIG se aplica a menudo a cualquier paquete informático que cuente con la capacidad de hacer mapeo y manejar información espacial, los cuales se pueden categorizar de acuerdo con su funcionalidad (Kraak y Ormeling, 1996). Una definición de trabajo de un SIG es un conjunto de métodos basados en computadora para la adquisición, almacenamiento, análisis y visualización de datos referenciados espacialmente. Para McMaster y Manson

(2016:515) hay un conjunto básico de temas que son fundamentales para los SIG los cuales incluyen:

- Aspectos geométricos de sistemas de coordenadas y proyecciones de mapas, incluidos métodos de construcción y distorsiones geométricas producidas.
- Recolección, creación e ingreso de información espacial y de atributos.
- Técnicas cartográficas básicas que incluyen la medición de distancia y área desde mapas y bases de datos digitales.
- La noción de escala de mapa como la relación matemática entre el mapa y la distancia terrestre, así como las transformaciones en las operaciones de visualización de mapas basadas en computadora.
- Exhibición y visualización de datos, incluida la clasificación estadística y el análisis de los datos de atributos para una visualización efectiva del mapa temático.
- Estructuras de datos geográficos, incluidos modelos vectorial y ráster.
- Análisis espacial y resolución de problemas geográficos utilizando un álgebra de mapas junto con modelos estadísticos y matemáticos.
- Calidad de los datos, propagación de errores a través de bases de datos y evaluación de errores.
- Principios de representación cartográfica, incluidas las cartografías de cuatro dimensiones y la cartografía multimedia.

Por su parte, la información de Uso del Suelo y Vegetación en México tiene más de 40 años produciéndose por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en diferentes escalas y formas, desde los tradicionales mapas impresos a escala 1:50,000, 1:250,000 o 1:1,000,000 hasta los conjuntos de datos digitales individuales y el continuo nacional. De acuerdo con el mismo INEGI (2009, 2017) se cuenta con seis cubrimientos denominados: Serie I (SI): elaborada entre 1979 y 1991, Serie II (SII): entre 1993 y 1999, Serie III (SIII): entre 2002 y 2005, Serie IV (SIV): entre 2006 y 2010, Serie V (SV): entre 2011 y 2013 y Serie VI (SVI): entre 2014 y 2016. Cabe resaltar que es evidente el ahorro de tiempo para la elaboración de las series a partir de la integración de los SIG's y otras tecnologías paralelas.

Las fechas de referencia para cada serie son:

- Serie I: Década de 1980
- Serie II: 1993
- Serie III: 2002
- Serie IV: 2007
- Serie V: 2011
- Serie VI: 2014

La Serie III de Uso del Suelo y Vegetación consta de 144 conjuntos de datos digitales y un conjunto nacional en formato en capa o shape (SHP) con datum llamando International Terrestrial Reference Frame para el año 1992 (ITRF92), mientras que la serie VI consta de 149 conjuntos de datos digitales y un conjunto nacional en el mismo formato SHP, con datum de referencia ITRF92. La información de cada uno de los conjuntos de datos de la Serie III se obtuvo a partir de la interpretación de imágenes Landsat ETM (otra área de las ciencias de los SIG's) correspondientes a los años 2002-2003 y respaldada con verificación en campo aleatoria (INEGI, 2009), mientras que la Serie VI se obtuvo a partir de la interpretación de imágenes digitales LandSat TM8 del año 2014 multiespectrales y respaldada también con verificación aleatoria en campo (INEGI, 2017). Dichas series presentan la distribución de los diferentes tipos de vegetación natural e inducida de nuestro país; también se muestra la ubicación de las áreas agrícolas y urbanas organizadas a partir de un sistema jerárquico el cual podrá formar parte de un Sistema de Información Geográfica. La información que contienen los conjuntos y el continuo nacional se divide en 1) Información ecológica, florística, fisonómica, la cual muestra los tipos de ecosistemas clasificados de acuerdo con Rzedowski (1978), Miranda y Hernández (1963); 2) Información agrícola, pecuaria y forestal; y 3) Otros rasgos. En ese sentido, el presente artículo tiene por objetivo resaltar las cualidades y debilidades del análisis e interpretación del cálculo de los cambios de uso del suelo y vegetación a partir de las Series III y VI en la región Sierra Norte de Puebla.

## **Fuentes de información**

Nuestro principal insumo geoestadístico fueron las Series III y VI de INEGI, utilizamos las capas de información de Uso del Suelo y Vegetación proyección área equivalente de Albers ITRF 1992, a escala 1:250,000 con las cuales se realizó una sobreposición y cruzamiento de la información de ambas capas mediante el programa ArcGis versión 10.5. La clasificación que se utilizó es la de CONAFOR (2018) adaptada por INEGI (2009; 2014), la cual se utilizó dentro del proyecto internacional “Las Cuentas Experimentales de los Ecosistemas” propuesto en el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica -SEEA por sus siglas en inglés- (UN, 2016), su utilizó esta clasificación debido a que se adaptaba mejor a los fines del artículo como se muestra en la Tabla 1.

La información complementaria para el análisis se nutrió del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, el Marco Geoestadístico de INEGI 2014 Versión 6.2., y el índice de Marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO, 2010).

**Tabla 1.** *Reclasificación de Usos del Suelo y Vegetación.* Fuente: Elaboración con base en (SEEA 2014; CONAFOR 2018 e INEGI 2014).

No	Clave INEGI	Descripción	Clave CONAFOR	Descripción
1	HA	Agricultura De Humedad Anual	AGR_AN	Agricultura anual
2	HAP	Agricultura De Humedad Anual Permanente		
3	HAS	Agricultura De Humedad Anual Y Semipermanente		
4	RA	Agricultura De Riego Anual		
5	RAP	Agricultura De Riego Anual Y Permanente		
6	RAS	Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente		
7	RS	Agricultura De Riego Semipermanente		
8	RSP	Agricultura De Riego Semipermanente Y Permanente		
9	TA	Agricultura De Temporal Anual		
10	TAP	Agricultura De Temporal Anual Y Permanente		
11	TAS	Agricultura De Temporal Anual Y Semipermanente		
12	TS	Agricultura De Temporal Semipermanente		
13	TSP	Agricultura De Temporal Semipermanente Y Permanente		
14	HP	Agricultura De Humedad Permanente	AGR_PER	

15	HS	Agricultura Semipermanente		
16	HSP	Agricultura De Humedad Permanente Y Semipermanente		Agricultura permanente
17	RP	Agricultura De Riego Permanente		
18	TP	Agricultura De Temporal Permanente		
19	AH	Asentamientos Humanos	AH	Asentamientos humanos
20	ZU	Zona Urbana		
21	BA	Bosque De Oyamel		
22	BB	Bosque De Cedro		
23	BJ	Bosque De Táscate		
24	BP	Bosque De Pino		
25	BPQ	Bosque De Pino-Encino		
26	BS	Bosque de Ayarin		
27	VSA/B A	Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Oyamel		
28	VSA/B B	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Cedro	BCO/P	Bosque de coníferas primario
29	VSA/B J	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Táscate		
30	VSA/B P	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino		
31	VSA/B PQ	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino-Encino		
32	VSA/B S	Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Ayarin		
33	VSa/B A	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Oyamel		
34	VSa/B B	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Cedro		
35	VSa/B J	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Táscate		
36	VSa/B P	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino	BCO/S	Bosque de coníferas secundario
37	VSa/B PQ	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Pino-Encino		
38	VSa/B S	Vegetación Secundaria Arbórea De Bosque De Ayarin		
39	VSa/ MJ	Arbustiva de Matorral de Coníferas		

40	VSh/B A	Herbácea de Bosque de Oyamel		
41	VSh/B J	Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque De Tascáte		
42	VSh/B P	Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Pino		
43	VSh/B PQ	Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Pino-Encino		
44	VSh/ MJ	Vegetación Secundaria Herbácea De Matorral De Coníferas		
45	BQ	Bosque De Encino		
46	BQP	Bosque De Encino-Pino		
47	VSA/B Q	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino	BE/P	Bosque de encino primario
48	VSA/B QP	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino-Pino		
49	VSa/B Q	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino		
50	VSa/B QP	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino-Pino	BE/S	Bosque de encino secundario
51	VSh/B Q	Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque De Encino		
52	VSh/B QP	Vegetación Secundaria Herbácea De Bosque Encino-Pino		
53	BM	Bosque Mesófilo De Montaña		Bosque mesófilo de montaña primario
54	VSA/B M	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque Mesófilo De Montaña	BM/P	Bosque mesófilo de montaña primario
55	VSa/B M	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque Mesófilo De Montaña	BM/S	Bosque mesófilo de montaña secundario
56	VSh/B M	Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque De Montaña		
57	H2O	Cuerpos De Agua Continentales	H2O	Cuerpos de agua
58	MDM	Matorral Desértico Micrófilo		
59	MDR	Matorral Desértico Rosetófilo		
60	VD	Vegetación De Desiertos Arenosos	MXnL/P	Matorral Xerófilo No Leñoso Primario
61	VH	Vegetación Halófila Xerófila		
62	VY	Vegetación Gipsófila		



63	ADV	Desprovisto De Vegetación	OT	Otras tierras
64	DV	Sin Vegetación Aparente		
65	PC	Pastizal Cultivado	P	Pastizal
66	PH	Pastizal Halófilo		
67	PI	Pastizal Inducido		
68	PN	Pastizal Natural		
69	PY	Pastizal Gipsófilo		
70	VS	Sabana		
71	VSa/P H	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Halófilo		
72	VSa/P N	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural		
73	VSa/P Y	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Gipsófilo		
74	VSh/P N	Vegetación Secundaria Herbácea de Pastizal Natural		
75	VSI	Sabanoide		
76	VW	Pradera de Alta Montaña		

## Metodología

Las tablas de cambios de cobertura del suelo obtenidas con el apoyo del ArcGis nos ayudaron a conocer el estado de la cobertura del suelo en dos momentos diferentes, para poder así compararlos y sacar una tasa porcentual de cambio (ver fórmula 1). En ese sentido la información obtenida de la conformación espacial en el periodo de inicio y final, nos fue útil para analizar sobre lo ocurrido dentro de dicho espacio de tiempo. Estadísticamente la columna final representa las ganancias o pérdidas de cada una de las categorías (SEEA, 2014). No obstante, es importante señalar que la información de los cambios de cobertura para poder interpretarla requerimos de conocer los tipos de clasificación y las características de las series. Una vez revisada y analizada la información nos planteamos algunas preguntas respecto a la interpretación de dichos cambios.

### Fórmula 1

$$TPC = \frac{Sup\ 2 - Sup\ 1}{Sup\ 2} * 100$$

Dónde TPC.- Tasa Promedio de Cambio

Sup 1.- Superficie de Inicio

Sup 2.- Superficie final

Por otro lado, también es necesario comentar sobre las limitantes de los métodos o las herramientas, las cuales en este caso pueden presentar algún porcentaje de error, y que pueden deberse a mejoramientos en la tecnología disponible o a las herramientas de cálculo y fotointerpretación (Camacho y col., 2015), para ello se recomienda la metodología de Mas y col. (2004) para la identificación de errores y la forma de corregir tales mediante la evaluación de la confiabilidad temática, por otro lado, se encuentra también como opción la cartografía participativa la cual podría resultar más eficiente y puntual para pequeñas regiones como este caso. En la cual se llevaron a cabo recorridos y entrevistas dirigidas a personas clave para corroborar la lógica de los cambios. En cuanto a las unidades y categorías de análisis encontramos también algunos debates y discusiones entorno a los tipos de clasificación utilizada y su conversión, los cuales no serán atendidos aquí debido a que no forma parte de los objetivos.

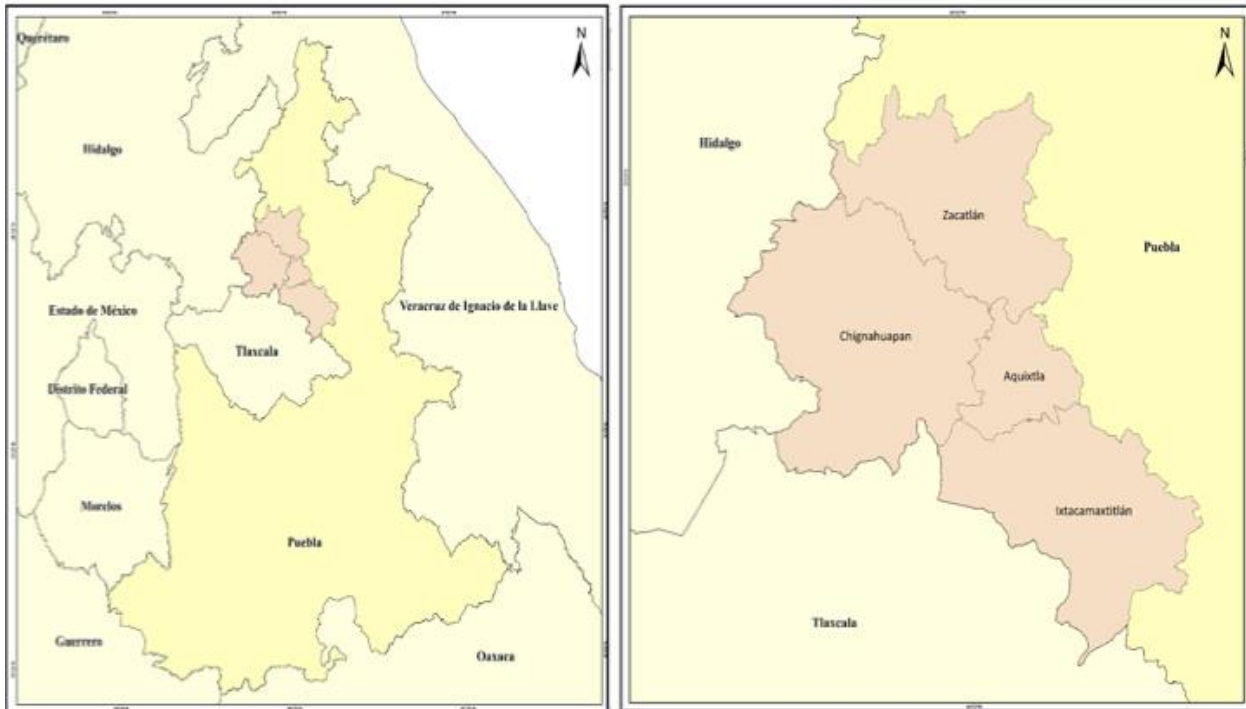
### **Área de estudio**

La Región Sierra Norte de Puebla, se localiza al Norte del estado y colinda con los estados de Hidalgo hacia el Oeste y con el de Veracruz hacia el Sur (Figura 1). Forma parte de las provincias fisiográficas Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental, por lo que existen distintas unidades edáficas en donde predominan andosoles en variaciones químicas, y dependiendo de su exposición (sotavento y barlovento) podrá enfatizar la fragilidad o permanencia de las distintas especies naturales o inducidas, así como su capacidad de conservación de suelos y recargas hidrológicas. En esta región se encuentran cuatro municipios del estado de Puebla: Aquixtla, Chignahuapan, Ixtacamaxitlán y Zacatlán que abarcan un total de 1,976.82 km<sup>2</sup> (INEGI). Así mismo forma parte de la Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR) 2108 “Zacatlán”

conformada por 13 ejidos en total, de los cuales los cuatro municipios seleccionados abarcan el 72.3 por ciento de esta. La Sierra Norte del Estado de Puebla es la región forestal más importante del Estado (CONAFOR, 2011).

La Sierra Norte de Puebla pertenece casi en su totalidad en la Región Hidrológica “RH27” de la cuenca del Río Tecolulta, en las subcuencas de los Ríos Necaxa, Ajajalpan Apulco y Blanco. Solamente una parte pequeña del Oeste se identifica como parte de la Región Hidrológica “RH26” de la cuenca del Río Panuco.

En el territorio por la ubicación y elevación en serranías predominan los climas templados, tales como el subhúmedo con lluvias en verano de humedad media C(w1)(w), Templado subhúmedo con lluvias en verano C(w2), Semifrío subhúmedo con lluvias en verano C(E)(w2). La zona bajo la influencia de este clima comprende los municipios de Chignahuapan, Aquixtla e Ixtacamaxtitlán, mientras que para Zacatlán el clima predominante es el Templado húmedo con lluvias abundantes en verano C(m). La temperatura media anual varía entre 12° y 18°C, la precipitación total anual tiene un rango de 600 a 1,000 mm, y el porcentaje de lluvia invernal es menor de 5mm. Su exposición a fenómenos hidrometeorológicos provenientes del golfo contribuye a una captación mayor de humedad, a procesos erosivos y de remoción de masas.



**Figura 1.** *Ubicación Sierra Norte de Puebla*, Fuente: Elaboración propia con base en Marco Geostadístico 2010 INEGI

La distribución tanto de la vegetación natural como inducida (agricultura), así como de las localidades poblacionales responden a ciertos determinantes orográficos las múltiples pendientes y la conformación de valles intramontanos, cuencas y valles que permiten el establecimiento de la población su mantenimiento y crecimiento. En cuanto a la conformación social del territorio que consta de 1,976.82 km cuadrados, en el existen 85 núcleos agrarios ocupando una superficie del 32 por ciento, sin embargo, la superficie de uso común dentro del núcleo agrario representa el 50.7 por ciento (Tabla 2).

**Tabla 2.** *Superficie territorio, núcleos agrarios y de uso común Sierra Norte Puebla* Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico 2014, versión 6.2.

Municipios	Territorio (km2)	Núcleos agrarios	Superficie del núcleo (km2)	Superficie de uso común (km2)
AQUIXTLA	166.81	7	25.38	20.67
CHIGNAHUAPAN	759.68	45	430.09	219.07
IXTACAMAXTITLAN	561.12	20	157.46	70.95
ZACATLÁN	489.2	13	37.18	18.81
<b>Total</b>	<b>1,976.82</b>	<b>85</b>	<b>650.12</b>	<b>329.5</b>

La población contabilizada en la región en 2010 por el Censo de Población y Vivienda fue 167,379 personas, de las cuales 80,785 son hombres y 86,594 mujeres. El municipio con mayor población es Zacatlán con 76,296 habitantes. El Índice de Marginación de acuerdo con CONAPO (2010) varía entre medio para los municipios de Chignahuapan y Zacatlán, y alto para Aquixtla e Ixtacamaxtitlán, esto se ve reflejado, por ejemplo, en el grado de escolaridad donde los municipios con mayor marginación 40 por ciento de su población no completo la educación primaria y un aproximado de 20 por ciento de población que no sabe leer ni escribir. Los municipios con grado de marginación medio tienen una tasa de analfabetismo de 13 por ciento y que no completaron la primaria de 30 por ciento.

En cuanto a las características de los asentamientos, la concentración de las localidades, estas no rebasan los 5 mil habitantes, especialmente en Aquixtla e Ixtacamaxtitlán, eso significa que la mayoría de las personas vive en un contexto rural disperso, semi aislado. En Chignahuapan y Zacatlán sus cabeceras municipales se pueden considerar como pequeñas ciudades. Mientras que las características de las viviendas también cuentan con algún tipo de precariedad tales como piso de tierra (14 por ciento), falta de agua entubada (15 por ciento), falta de electricidad (2.3 por ciento). La proporción de la población que vive con 2 salarios mínimos o menos es el 71 por ciento (CONAPO, 2010).

Por último, una característica más de la región en estudio es su vocación forestal, la cual de acuerdo con CONAFOR (2011) la UNAMFOR Sierra Norte de Puebla es la región con mayor producción aprovechamiento maderable mediante el Manejo Forestal Comunitario.

## Resultados

A partir de la clasificación utilizada de CONAFOR identificamos 13 tipos de áreas existentes, en la que se destacan Agricultura anual y permanente que representan el 50.2 por ciento del territorio en la Serie VI, después los bosques de coníferas primarios y secundarios 41.1 por ciento, pastizales 3.3 por ciento, matorrales xerófilos 2.0 por ciento, bosques de encino 1.9 por ciento, bosques mesófilos de montaña 0.6 por ciento, asentamientos humanos 0.5 por ciento, entre otros.

Por su parte, las áreas que sufrieron mayores modificaciones fueron los asentamientos humanos con un incremento porcentual del 133 por ciento, con la disminución de bosques de encino secundario, la agricultura anual y permanente que también mostraron disminución en 5 y 27 respectivamente, sin embargo, los bosques de coníferas secundarios se incrementaron en 23 por ciento y el bosque de coníferas primario en 6 por ciento, las tierras de pastizal se redujeron en 24 por ciento, mientras que hay un aumento de 33 por ciento en los cuerpos de agua (Tabla 3).

**Tabla 3.** Cambios de Uso del Suelo, Valores absolutos y Porcentuales. Fuente: INEGI. Cartas de Uso de Suelo y Vegetación. Series III, IV, Va y VI. Clasificación de CONAFOR

USO DE SUELO	Serie III	Serie VI	Diferencias	Porcentaje
Agricultura anual	1,034.06	986.16	-47.90	-5%
Agricultura permanente	9.31	6.82	-2.48	-27%
Asentamientos humanos	4.10	9.56	5.46	133%
Bosque de coníferas primario	608.22	643.19	34.97	6%
Bosque de coníferas secundario	138.29	170.21	31.92	23%
Bosque de encinos primario	32.09	32.95	0.87	3%
Bosque de encinos secundario	9.90	5.41	-4.50	-45%

Bosque mesófilo de montaña primario	6.15	7.16	1.01	16%
Bosque mesófilo de montaña secundario	5.91	5.42	-0.49	-8%
Cuerpos de agua	1.68	2.24	0.56	33%
Matorral Xerófilo No Leñoso Primario	40.24	40.31	0.07	0%
Otras tierras	0	1.48	1.48	0%
Pastizal	86.88	65.93	-20.95	-24%
<b>Total</b>	<b>1,976.82</b>	<b>1,976.82</b>	<b>-1,976.82</b>	

## Análisis

La dinámica de cambios de uso del suelo y vegetación teóricamente ha obedecido al añadido del suelo urbano y agrícola debido al incremento de las actividades antropogénicas, y con ello la disminución de las áreas forestales (Barbier, 2001). No obstante, en este cálculo observamos un fenómeno contrario, con el incremento de los bosques de coníferas y la reducción de espacios utilizados comúnmente para la agricultura y el pastoreo. Otro dato evidencia el crecimiento constante de espacios urbanos e incluso de cuerpos de agua.

Realizando una revisión visual cartográfica detallada, se observa que los espacios agrícolas y pastizales se están reconvirtiendo en áreas de pino y algunas de encino. La identificación de dichos territorios se contrastó en campo y se realizaron entrevistas a personas de la comunidad con el fin de conocer la razón lógica de los cambios. La respuesta coincidente está en el manejo forestal comunitario sustentable.

Por otro lado, en cuanto a la herramienta, existen algunos errores de inexactitud generados por los modelos ópticos de transformación durante la fotointerpretación. Si bien es cierto que en la actualidad en la relación dentro de las ciencias de los SIG's con la percepción remota es posible técnicamente contar con imágenes satelitales de alta resolución, sin embargo, su costo y disponibilidad por fechas (a pesar de la planeación de las orbitas) son factores que las ponen en desventaja con respecto a la fotografía aérea digital, ya que esta ofrece mayor flexibilidad

por cobertura de área, resolución, la posibilidad de obtención de pares estereoscópicos y el aporte técnico en la obtención de mosaicos ortorectificados. Lo que ha permitido un trabajo en áreas extensas de múltiples proyectos (López, 2007).

La similitud o ambigüedad entre los conceptos concretos sobre vegetación puede ser un factor en contra, como ejemplos está el de la agricultura anual y permanente, vegetación primaria o secundaria que puede ser de amplia ambigüedad en el momento de la interpretación sólo de las imágenes satelitales por detalles propiamente técnicos, que difícilmente se elimina con trabajo de campo de verificación, que puede ser a partir de la observación o por medio de la cartografía colectiva, ya que existirá nuevamente la ambigüedad o subjetividad del observador y son, en conjunto, elementos para distinguir y a evaluar. Otro es la medición por la temporalidad de los cultivos, la separación entre las mediciones, a pesar de ser ahora menores, puede haber alcanzado el fin de varios cultivos anuales o permanentes para poder ser considerados en otra categoría o en otro concepto.

Para la distinción entre vegetación primaria y secundaria el predominio o presencia de una de las especies puede ser ocasionado por la extracción de la otra, condicionantes naturales de lucha entre ambas especies y la extracción de los locales de maderas para usos concretos bajo un modelo forestal sustentable, por lo que no se considera una dimensión dinámica a la cubierta vegetal mas allá de su crecimiento natural.

Así mismo, el abandono de la actividad agrícola en la región puede reconocerse no solo en las coberturas a distintas escalas sino en las medidas complementarias en niveles más precisos, como puede ser el cambio de uso de suelo en la periferia urbana (de pastizal a urbano) por lo que la integración de información a escala mayor para las periferias de las ciudades y localidades se convierte en un insumo de información necesario para encontrar estas transformaciones. Bajo el mismo escenario de abandono de las áreas agrícolas a escalas mayores podría comprobar el repoblamiento por las especies naturales tanto de pastos como de matorrales.

El objetivo del uso extremo o quizá exclusivo de la tecnología, más allá de la innovación que pueda ser componente para presentar, resalta de manera inmediata en los resultados comparativos en la metodología y en los impactos; ya que estos en un cambio de uso de suelo



medido con retraso causa complicaciones metodológicas, en el instrumento se subestima el impacto inicial y los secundarios; Las ventajas de la cartografía comunitaria o participativa y local permite identificar no solo en un tiempo más corto los impactos, no solo físicos, sino los interpretativos o simbólicos de cualquier cambio en el espacio, bajo la perspectiva de los sujetos involucrados (Arcila y López, 2011).

La continuidad e importancia en el manejo conceptual en las dos fuentes de información (2009-2014) fue crucial, sin embargo, el dinamismo en los sectores agrícolas es sin duda más abierto si se habla de ciclos en algunos cultivos, sobre todo en los que se considera como anual semipermanente y permanente. Las complicaciones de la definición son disminuidas con la continuidad de conceptos un aspecto a valorar y a continuar en las futuras mediciones.

La escala de trabajo para los espacios naturales o alejados de la acción del hombre permite potencialmente reconocer otros agentes para los cambios de uso de suelo (modificaciones en el patrón de lluvias, eventos meteorológicos extremos y cambio climático) condición que se subraya para los cercanos o directamente involucrados es la vida social, la velocidad de los procesos antrópicos en el contexto urbano remarca lo mencionado sobre la disminución de la observación y medición de los impactos en la periferia de las ciudades o en las áreas afectadas al interior de la ciudad. Es este contexto donde la alternativa metodológica es la cartografía comunitaria o colectiva que requiere más de la gestión con sujetos locales, incorporando otra categoría o dimensión a la innovación en la medición de los cambios de usos de suelo.

## **Conclusiones**

Las bondades y debilidades del instrumento como método de análisis espacial e interpretación del cambio de uso del suelo, permite utilizarla como una herramienta poderosa que efectivamente permite integrar, comparar dichos cambios a una mayor velocidad que en series anteriores, no obstante, se requiere utilizar con mayor creatividad, así como conocer con mayor profundidad los detalles de esos cambios en tiempo y en relación a las propias unidades o categorías, contar con la habilidad de conectar con otras alternativas dando pie a la integración de información más allá de las características establecidas, ya que la propia idea de un sistema permite ser abierto a nuevas escalas, categorías y conceptos, la serie misma cuenta con una

importante capacidad de comparación para una eficiente interpretación (entre series), que se incrementaría aún más junto con un análisis del uso del suelo con una perspectiva dinámica por tiempos ajustados y dimensiones. Aun con sus beneficios existen oportunidades para el análisis que se pueden resolver a través de la cartografía participativa o colectiva, que inician en la exploración en campo e incluso de entrevistas dirigidas, que se lograrían con la integración de una vertiente de gestión tanto regional como local junto con la verificación en campo, lo mismo sucede con la investigación documental a través de especialistas locales y ambientalistas. Retomar metodología de verificación en campo reduciendo la subjetividad por el manejo de instrumentos y técnicas de identificación y medición de esos espacios.

En ese sentido los cambios de uso del suelo y vegetación presentes en la región Sierra Norte de Puebla se aprecian, por un lado, por el desestimulo y decrecimiento de la actividad agrícola, lo cual ha generado una contracción de dichos espacios para ser reconvertidos por zonas urbanas o bien por espacios forestales. Esto se confirmó, por el hecho de que la región cuenta con actividad forestal sustentable y debido a que la clasificación “Bosques de Coníferas Secundario” se ha visto incrementada en 23 por ciento lo cual significa en la interpretación de las imágenes de satélite, la existencia de zonas que cuenten con la huella óptica de la vegetación de coníferas en retoño o juventud, sólo concluyente en trabajo de verificación, mientras que las áreas de “Agricultura anual y permanente”, así como los “Bosques de Encino Secundario” han disminuido en 45 por ciento, estas pueden ser denominadas potenciales parcelas en ocio o nuevas zonas de bosque debido al crecimiento acelerado de las especies distintas al pino, así como por la virtud de los sistemas al incorporar categorías como consecuencia de exactitud en la imagen de satélite. Por otro lado, circunstancias impuestas, llevan a la población con ciertas condiciones a cambiar el uso del suelo, incrementan zonas semi rurales periféricas, o los dispersos en sus comunidades con mayores niveles de precariedad, donde el tamaño de esos espacios con cambio de suelo es visible por el manejo de la escala y la resolución de la imagen aún en formato digital, lo que denota la relación estrecha entre el análisis del uso de suelo con otras dimensiones ahora sociales como lo económico por un potencial contacto con el valor o renta del suelo en los espacios inmediatos

a las áreas urbanas, sino también la oportunidad de visualizarlo por medio de las ciencias de los sistemas de información geográfica.

### **Agradecimientos:**

A la Dirección de Cuentas Satélite de INEGI y al Laboratorio de Geomática de El Colegio del Estado de Hidalgo, por el apoyo con información y asesoría.

### **Bibliografía**

- Arcila, M. y López J. (2011). La cartografía cultural como instrumento para la planificación y gestión cultural, una perspectiva geográfica. *Periférica, Revista para el análisis de la cultura y el territorio*. 12:15-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.25267/Periferica.2011.i12.01>
- Barbier, E. (2001). The Economics of Tropical Deforestation and Land Use: An Introduction to the Special Issue. *Land Economics*, 77(2), 155-171. doi:10.2307/3147087
- Camacho, J., Pérez, J., Pineda J, Cadena, E., Bravo, L., y Marcela, M. (2015). Cambios de cobertura/uso del suelo en una porción de la Zona de Transición Mexicana de Montaña. *Madera y Bosques*, 21(1), 93-112. doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2015.211435>
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal (2013). El 82 por ciento de la deforestación en México es por cambio de uso del suelo. *Boletín 105*, 9 de agosto de 2013.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal (2018). *Inventario Nacional Forestal 2009-2014*. SEMARNAT México
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal (2011). *Estudio Regional Forestal de la Unidad de Manejo Forestal Teziutlán, Puebla*. SEMARNAT-CONAFOR, México.
- CONAPO, Consejo Nacional de Población (2010). *Índice de Marginación por Localidad*, Ed. Secretaría de Gobernación, México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009). *Guía para la interpretación de cartografía de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250, 000 Serie III*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). *Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación 1:250,000*, Versión 3, Ed. INEGI México.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2017). Guía para la interpretación de cartografía de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250, 000 Serie VI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Kraak, M.J. y Ormeling F. (1996). *Cartography and the Visualization of Spatial Data*. Longman Scientific, Essex, U.K.
- López, J. (2007). *Análisis de cambio de la cobertura forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca (2006 - 2007)*. Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca (WWF y FMCN) agosto, México.
- Mas J.F. Mas, H. Puig, J.L. Palacio, A.S. y López. (2004). Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Model and Software*. 2004; vol. 19: pp.461-471.
- McMaster R. y Manson S. (2016). *Manual of Geospatial Science and Technology*, Cornell University EUA.
- Miranda, F., y Hernández-X., E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences*, (28), 29-179. <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Rzedowski J. (1978). *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México.
- Sutton, G. (1994). Population-Environment Dynamics: Ideas and Observations. by Gayl D. Ness, William R. Drake, Steven R. Brechin *Contemporary Sociology*, 23(4), (pp. 521-522) DOI 10.2307/2076367.
- UN, United Nations (2016). *System of Environmental Economic Accounting 2012, Central Framework*, Ed. UN, EC, FAO, IMF, OCDE, WB, New York.