

Dinámica y condiciones de vida de la población del Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) en la generación de presión a los ecosistemas circundantes y de impactos ambientales a través de un sistema de información geográfica

Rafael Candeau Dufat*
Sergio Franco Maass**

Recibido: 18 de noviembre de 2005
Aceptado en versión final: 18 de septiembre de 2006

Resumen. Este trabajo tiene como objetivo conocer como influye la dinámica y condiciones de vida de la población de las localidades dentro del Parque Nacional Nevado de Toluca y de su área de influencia inmediata, en la presión a los ecosistemas circundantes y en la generación de impactos ambientales, que propician una mala calidad del bosque y el cambio de uso del suelo, de forestal a agropecuario, urbano o industrial. Para ello se aplicó una novedosa metodología que permitió evaluar la relación entre estos factores socioeconómicos y el grado de deterioro ambiental dado en los geosistemas, estableciéndose en qué regiones se concentra la mayor influencia directa y en qué magnitud lo hacen y, del mismo modo, cuáles son las localidades en donde el impacto se deriva de factores externos.

Palabras claves: Medio ambiente, impacto ambiental, geosistema, sistema de información geográfica, Parque Nacional Nevado de Toluca.

* Departamento de Sociología, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). E-mail: rafael_candeanu@hotmail.com

** Centro de Investigaciones en Ciencias Agropecuarias (CICA), UAEM, Instituto Literario 110, Colonia Centro, 50000, Toluca, Estado de México. E-mail: serfm@uaemex.mx

Dynamics and living conditions of the population of the Nevado de Toluca National Park (PNNT) in the generation of pressure to the surrounding ecosystems and environmental impacts across a geographical information system

Abstract. The present work has as an objective to know as influences the dynamics and living conditions of the population of the localities inside the Nevado de Toluca National Park and of their area of immediate influence, in the pressure to the surrounding ecosystems and in the generation of environmental impacts, that favor a poor quality of the forest and the change of use of forest to farm, urban or industrial. For it, I apply itself a novel methodology that permitted to evaluate the relation between these socioeconomic factors and the degree of environmental deterioration given in the geosystems, being established in which regions concentrate direct the greater influence and in what magnitude they do it and in the same way, which localities the impact drifts of external factors.

Key words: Environment, environment impact, geosystem, geographical information system, National Park, Nevado de Toluca.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) una de las áreas protegidas más significativas del país, está ubicado en el Estado de México, específicamente en el suroeste del valle de Toluca y fue establecido como tal en 1936, con la finalidad de proteger una región de bosques templados en torno al volcán Nevado de Toluca o Xinantécatl, su superficie es aproximadamente de 52 000 ha. Sin embargo, su función se ha dificultado seriamente porque el decreto de creación nunca fue ejecutado y tampoco se llevó a cabo un programa de indemnización a los propietarios originales de los predios. En la actualidad, el 59% de su territorio pertenece a diversos ejidos, el 29% forma parte de propiedades privadas, el 10% es zona federal y el 2% restante corresponde a propiedades no identificables (SARH, 1992). Existe, por tanto, una importante contradicción entre una situación de jure (la necesidad de acatar el decreto y las regulaciones inherentes a la categoría de Parque Nacional) y una situación de facto (la existencia de un grupo de posesionarios de la tierra que tratan de obtener el mayor beneficio posible de las regiones bajo su control). En

estas circunstancias, el área natural protegida presenta diversos problemas ambientales, entre los que destacan:

- Sobreexplotación de los recursos forestales. La tala clandestina para la extracción de leña y madera ha significado la pérdida de importantes superficies de bosque. Se ha calculado que desde la época de su decreto, el parque ha perdido más del 50% de su masa arbórea (GEM, 1999).
- Extracción selectiva de madera. El corte de los mejores árboles ha implicado la disminución en la densidad del arbolado e inducido la regeneración de los árboles mal conformados, lo que ha afectado la biodiversidad genética del bosque.
- Manifestación de plagas y enfermedades forestales. El deterioro genético y ecosistémico de los bosques ha propiciado un incremento en la presencia de muérdagos e insectos descortezadores.
- Cambios en el uso del suelo, de forestal a agrícola. La población local ha inducido dichos cambios con la finalidad de introducir algunos cultivos básicos como el maíz y el haba y, en menor medida, promover

algunos cultivos de alto rendimiento económico como flores de ornato o papa.

- Incidencia de incendios forestales. La crianza extensiva de ganado bovino y ovino ha estado acompañada por la ocurrencia inducida de incendios forestales, esto con la finalidad de promover el desarrollo de los pastos nativos, lo cual ha afectado negativamente en la estructura y regeneración de los ecosistemas forestales.

El deterioro del entorno natural provocado por la población regional no ha representado, sin embargo, una mejora significativa en sus condiciones de vida. Los beneficios económicos derivados de la extracción de recursos naturales o de la sustitución del bosque por actividades agropecuarias son bajos y se encuentran distribuidos en forma desigual entre la población. En este contexto, los habitantes de las comunidades no cuentan con recursos económicos que les permitan realizar actividades de recuperación y conservación del bosque ni de control de plagas e incendios forestales.

De acuerdo con Franco y otros (2006), el deterioro de las zonas forestales en el PNNT en los últimos años ha estado vinculado a dos causales principales: la proximidad de algunos núcleos de población que presentan un acelerado crecimiento poblacional y la existencia de factores exógenos que fomentan el desarrollo de actividades ilegales dentro del parque. En el primer caso, la presencia o proximidad de localidades, cada vez de mayores dimensiones, ha acelerado los procesos de cambio de uso del suelo por la necesidad de abrir nuevas tierras al cultivo y a la urbanización, y ha representado un aumento de la demanda de recursos naturales para el autoconsumo, tal es el caso de la extracción de leña o la colecta de hongos silvestres.

En el segundo caso, la situación político-administrativa de la región y la falta de mecanismos de vigilancia y control, han propiciado la aparición de individuos o grupos organiza-

dos dedicados a la tala clandestina, la crianza de ganado a gran escala y la extracción ilegal de productos forestales no maderables.

Si bien es cierto que el deterioro del entorno natural del Parque Nacional Nevado de Toluca guarda una estrecha relación con la presencia de una población regional cada vez mayor, las características y la dinámica poblacional en las diversas localidades incide de manera diferenciada en la afectación al entorno natural. Existen algunas localidades donde la población ha venido creciendo de manera significativa, incluyendo el incremento y recomposición de la Población Económicamente Activa (PEA). En dichas localidades la presión a los ecosistemas naturales se manifiesta por la tendencia al cambio de uso del suelo, forestal a agrícola, urbano o industrial. Es importante destacar que el incremento de la población ha estado aparejado por el aumento de la población de 15 años y más que no sabe leer ni escribir, lo que implica un mayor número de habitantes que no tienen una educación escolar básica y tampoco cuentan con una adecuada educación ambiental.

Por otra parte, existen en la región algunas localidades con un decrecimiento importante. La población total ha venido disminuyendo y se manifiesta una sostenida conversión de la PEA, del sector primario, al sector secundario o terciario. Esto se debe a que un alto porcentaje de los hijos de los ejidatarios y comuneros dejan de trabajar en el campo para establecerse en las cabeceras municipales aledañas, principalmente, en las zonas del corredor industrial de Toluca y del parque industrial de Tenango del Valle.

En general, las condiciones de vida de la población regional, no son de pobreza extrema, pero existen localidades cuyos habitantes se encuentran en condiciones muy precarias y que encuentran en la sobreexplotación de los recursos naturales, una alternativa para subsanar en parte sus carencias.

Con la finalidad de explorar la posible relación existente entre la presencia de una

creciente población regional y el deterioro de los recursos naturales del Parque Nacional Nevado de Toluca, se plantearon algunas preguntas de investigación:

- ¿Influye la dinámica y condiciones de vida de la población de las localidades dentro del PNNT y de su área de influencia inmediata, en la presión a los ecosistemas circundantes y en la generación de impactos ambientales, que propician una mala calidad del bosque y el cambio de uso del suelo, de forestal a agropecuario, urbano o industrial?
- ¿En qué regiones de la zona en estudio, la dinámica poblacional y condiciones de vida de la población, inciden en mayor medida en el deterioro ambiental del parque nacional?

UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El Parque Nacional Nevado de Toluca (PNNT) forma parte de la provincia fisiográfica montañosa Sistema Volcánico Transversal, está ubicado entre los 18°59' y 19°13' de latitud norte y entre los 99° 37' y 99° 58' de longitud oeste, tiene como límite físico y hace las veces de lindero, la cota de los 3 000 msnm, presentando un rango altitudinal que incluye al cono volcánico y otras geoformas que se extienden hacia el noroeste, incluyendo los cerros de San Antonio y el Calvario, su superficie abarca 53 913 ha (GEM, 1999b). El Nevado de Toluca es un volcán extinto y constituye la elevación más destacada de esta gran sierra, representa la cuarta montaña más alta del país, alcanzando su mayor elevación en el Pico del Fraile, a 4 660 msnm. El parque tiene climas del tipo *frío de altura*, *semifrío* y *templado*, los tipos de vegetación natural que cubren la zona, muestran la herencia de evento glaciales ocurridos hace miles de años, hay influencias, en las partes más elevadas, de procesos periglaciales activos hoy en día. Entre sus comunidades vegetales se destacan los bosques de coníferas de oyamel,

oyamel-pino, pino y pino-cedro; bosques de latifoliadas de aile, encino; también pastizales naturales alpinos y con bosque de coníferas o de latifoliadas y vegetación secundaria de matorral inerme asociados a pastizales inducidos o a restos de bosques. Es interesante hacer notar que en el PNNT existe la población de pinos a mayor altitud en el mundo. Centenares de manantiales y cerca de 50 arroyos permanentes descienden del parque en las cuatro direcciones de sus vertientes, los cuales contribuyen al origen de la cuenca del río "Lerma-Chapala-Santiago" por el norte y oriente y a la cuenca del río "Balsas", por el sur y occidente.

En el 2000 se localizaban 73 asentamientos dentro del PNNT y en su área de influencia inmediata (a su alrededor y por encima de los 2 800 msnm). De éstas, 40 localidades tenían una población menor o igual a 500 habitantes, 23 localidades contaban con una población entre 501 y hasta 2 500 habitantes, ocho localidades contaban con valores entre 2 501 y 5 000 habitantes y, finalmente, dos localidades se encontraban por encima de los 5 000 habitantes, que son Zaragoza de Guadalupe con 6 196 y San Juan de las Huertas con 10 718.

De acuerdo con los datos censales del 2000, la población total de la región ascendía a 80 272 habitantes, la Población Económicamente Activa (PEA) era de 21 279, de los cuales, 20 005 representaba la población ocupada; la población ocupada que trabajó en el sector primario fue de 6 655 (33%); la que trabajó en el sector secundario ascendió a 6 462 (32%) y la que trabajó en el sector terciario fue de 6 888 (35%).

En cuanto a ingresos, la población ocupada que no percibió salario mensual alguno fue de 2 483 (11%), la que recibió menos de un salario mínimo mensual fue de 2 937 (12%); aquella que percibió entre uno y hasta dos salarios mínimos mensuales por trabajo fue de 7 704 (33%), la que recibió más de dos y hasta cinco salarios mínimos mensuales por trabajo fue de 5 449 (24%). Finalmente, la población que recibió más de cinco salarios mínimos fue de 4 663 para un 20% de la población total ocupada.

La población de cinco años y más que hablaba lengua indígena y español fue de 1 190 (2%). En cuanto al analfabetismo, había 7 862 habitantes de 15 años y más que no sabían leer ni escribir (10%) y 8 034 habitantes de 15 años y más sin instrucción (10%). El total de viviendas particulares habitadas fue de 14 816, de las cuales, 449 (3%), carecían de los servicios de agua entubada, drenaje y electricidad. Finalmente, en relación al grado de marginación, el 14% de las localidades (diez localidades) tenían un grado de marginación Alto o Muy Alto, el 86% restante (63 localidades) presentaban niveles medios de marginación (COESPO, 2000).

POSICIONES TEÓRICAS

El estudio de la población de un territorio constituye una cuestión esencial de cualquier investigación ambiental, al ser ésta un elemento significativo del subsistema socioeconómico, donde se desarrollan las fuerzas productivas y constituye, a la vez, una fuente de presión e impactos ambientales sobre la naturaleza.

En el estudio de la población-medio ambiente se deben analizar las principales características demográficas de la población, así como su dinámica a través del tiempo; las actividades productivas que desarrollan y sus condiciones de vida para interrelacionarlas, con los niveles actuales de deterioro ambiental y, de esta forma, sustentar propuestas viables de manejo ambiental. Los grupos territoriales de población se pueden caracterizar por medio de indicadores censales demográficos, de fuerza de trabajo y de condiciones de vida, en un período dado de tiempo.

La teoría asume las siguientes condiciones para las localidades rurales, urbanas o mixtas próximas a zonas forestales:

1. A mayor población a través del tiempo, mayor es la presión sobre los recursos naturales y mayor es la tendencia al deterioro ambiental. El incremento de la población

suele estar acompañado por una recomposición de las actividades productivas, hacia los sectores secundario y terciario de la economía. Esto implica una reducción de las actividades agropecuarias y, consecuentemente, una disminución de la demanda de suelo para actividades agrícolas y pecuarios. Sin embargo, tal como lo mencionan Franco y otros (2006), el incremento poblacional tiene aparejados otros fenómenos que repercuten negativamente en el ambiente. Aumenta la presencia de personas y grupos organizados para la extracción de productos maderables y se incrementa la demanda local y regional de diversos productos como leña, setas y tierra de monte. En las localidades que presentan decremento poblacional a través del tiempo, se crea un gran desaliento para el desarrollo de las actividades del campo y se da una pérdida de una mano de obra local especializada y con una cultura de explotación de los recursos naturales en condiciones de sustentabilidad.

2. El aumento de la PEA a través del tiempo significa mayor población, lo que trae aparejado las anteriores consecuencias y, por el contrario, su disminución expresa pérdida de fuerza laboral que se pueda dedicar a labores forestales, lo que también propicia el cambio de uso de forestal hacia el urbano o industrial.
3. La población ocupada de 12 años y más que trabajó en la semana anterior al Censo de referencia, refleja la relación entre los que participan directamente en la producción de bienes materiales y los que no lo hacen. Si se reduce en el tiempo con respecto a la PEA, significa aumento del desempleo, es decir, disminución de las ofertas y disponibilidad de trabajo, lo que conduce a la emigración de la población.
4. Si se reducen a través del tiempo, los valores de la PEA ocupada del sector primario con respecto a la PEA ocupada de los sectores secundario y terciario, se evidencia un cam-

bio de uso de suelo de forestal y agrícola al urbano o industrial.

5. Si crece la población de más de 15 años que no sabe leer y escribir, se incrementa la dificultad de implementar de forma efectiva, programas de educación ambiental.
6. Si decrece en el tiempo la población de más de cinco años que habla lengua indígena y español, significa una disminución de la mano de obra especializada en actividades forestales, que posee una tradición y una cultura de explotación de los recursos naturales en condiciones de sustentabilidad.
7. Si crece en el tiempo el total de viviendas particulares habitadas, significa mayor presión a los recursos de los ecosistemas circundantes, lo que propicia el deterioro ambiental y favorece el cambio de uso forestal al urbano o industrial.
8. Finalmente, las localidades con los mayores grados de marginación están identificadas como zonas de pobreza extrema y problemas sociales consecuentes, en donde su población tiende a emigrar, hecho que no propicia ni incentiva los proyectos de desarrollo local. Por el contrario, aquéllos que tienen los menores valores de grado de marginación presentan problemas ambientales de diversa magnitud y génesis, debido al desarrollo de geosistemas antrópicos, los cuales traen aparejado, grandes demandas de recursos de los ecosistemas circundantes, transformaciones, impactos y consecuencias.

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO Y RESULTADOS OBTENIDOS

La metodología general se basó en la integración de un proyecto de sistema de información geográfica (SIG) y, en este sentido, se dividió en siete fases que, a su vez, incluyeron el cumplimiento de diferentes etapas de trabajo (Figura 1). Para efectos de la publicación, muchos de los resultados obtenidos fueron resumidos en algunos cuadros y figuras.

Fase 1. Integración de la base de datos geográfica del PNNT

Esta fase se dividió en tres etapas de trabajo. La primera tuvo como objetivo, integrar la base de datos cartográfica (BDCarto) del proyecto, utilizando el *software* Autodesk Map. Primeramente se unieron, en un solo archivo, los insumos digitales del INEGI a escala 1:50 000 correspondientes a las hojas E14A37, E14A47 y E14A48. Para garantizar su integración con exactitud y precisión cartográfica, fue necesario aplicar diferentes procesos de depuración y limpieza, como por ejemplo, la simplificación de polilíneas, la disolución de pseudo nodos, la eliminación de objetos duplicados, o la extensión de segmentos colgantes. El proceso incluyó la asignación de identificadores únicos a los rasgos y su georreferenciación en la proyección cartográfica UTM, con *Datum* NAD27. Para la cobertura de uso de suelo y vegetación del 2000, se utilizó un archivo ya preparado a partir de fotografías aéreas digitales del IIIGECM, escala 1:370500 (Regil, 2005). También se utilizaron las ortofotos digitales del IIIGECM del 2000, a escala 1:100000, con ancho y alto de *pixel* de 6000 por 6000 y una resolución horizontal y vertical de 96 *ppp*.

Para el trabajo de fotointerpretación se realizó un trabajo interactivo en pantalla, aplicando los criterios tradicionales de tamaño, forma, tono, textura y patrón.

La clasificación de los elementos identificados se basó en la leyenda de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI de 1972. Una vez digitalizados los rodales, se aplicaron los procesos de limpieza y construcción de topología de polígonos. El mapa fue validado mediante el levantamiento de 279 puntos de verificación de campo ubicados en el terreno con un *GPS* (Sistema Global de Posicionamiento).

En la segunda etapa, se creó la base de datos de atributos descriptivos (BDD) utilizando para ello el *software* Access 2000. Esto permitió almacenar la información de los Censos Generales de Población y Vivienda del INEGI

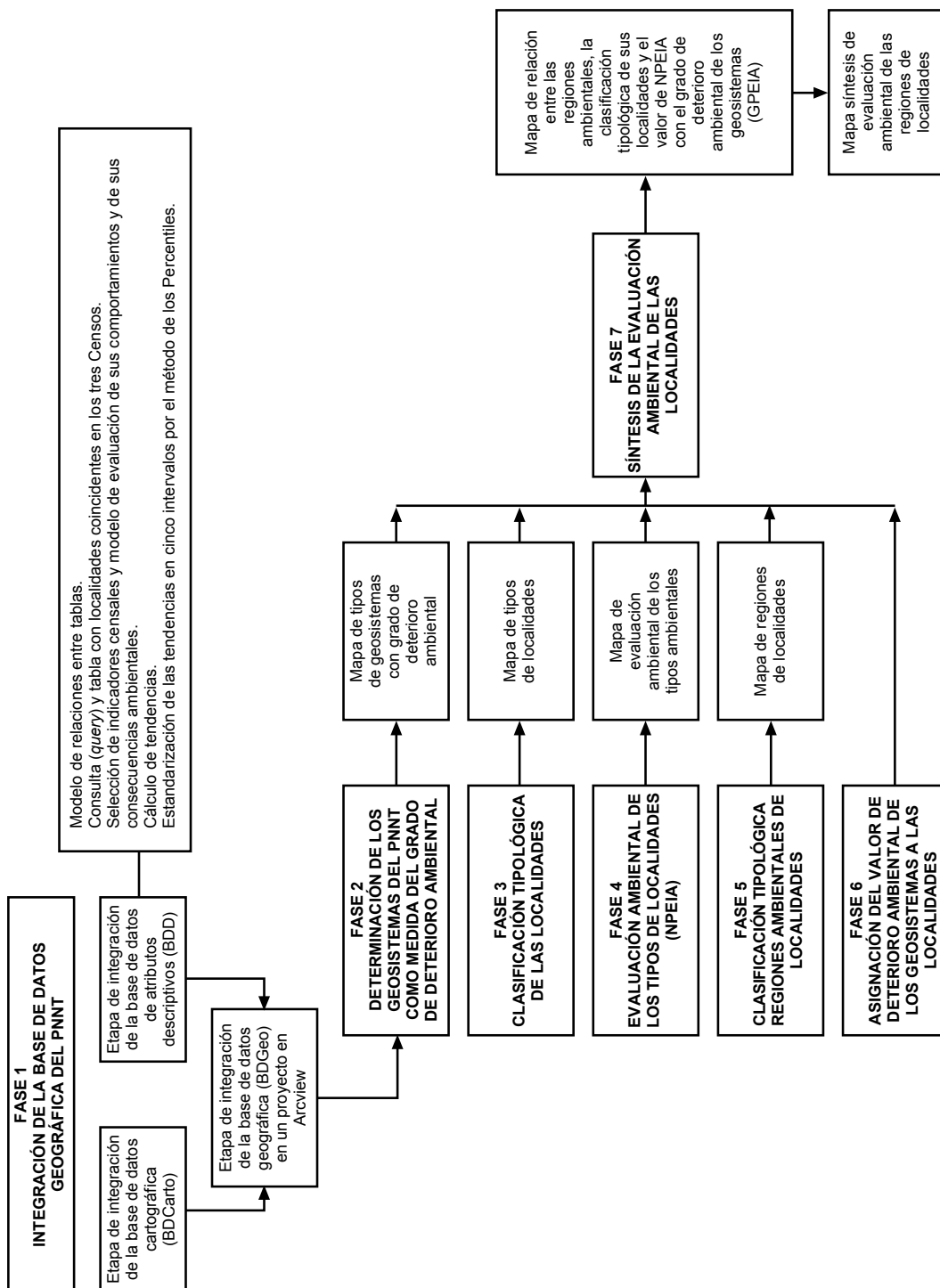


Figura 1. Metodología para el desarrollo en ambiente SIG de la regionalización socioeconómica y su relación con el grado de deterioro ambiental.

de 1980, 1990 y 2000, correspondientes a 73 localidades ubicadas dentro del PNNT y en el área de influencia inmediata.

Para garantizar el trabajo con las mismas localidades en los tres tabulados, se estableció, en cada una de las tablas, una columna o campo común llave, denominado como código de la localidad (*MUNLOC*), resultado de la concatenación de la columna *Mun* (clave de municipio) con la columna *Loc* (clave de la localidad) y luego se creó un modelo de relaciones entre dichas tablas con la propiedad de unión (*join property*) y la variante de sólo inclusión de filas con códigos de localidades coincidentes en los tres tabulados censales. De esta forma, a partir de una consulta (*query*) y siguiendo este modelo, se generó una nueva tabla resultante denominada como Dinámica, la cual sólo contiene 36 localidades presentes en los tres Censos Generales de Población y Vivienda del INEGI (Figura 2).

La selección de los indicadores censales responde a la necesidad de conocer la dinámica poblacional y las condiciones de vida de la población que, por su desarrollo a través del tiempo, se consideraron responsables en cierta medida de generar deterioro ambiental e impactos en los ecosistemas naturales de su entorno. El conjunto de indicadores seleccionados y las consecuencias ambientales de su comportamiento ha sido definido como el modelo de evaluación ambiental de la dinámica poblacional y de las condiciones de vida de la población de las localidades (Cuadro 1).

A continuación, se realizó el cálculo de la tendencia de los indicadores en los tres períodos según la siguiente expresión:

$$T_i = \text{Sum} [(I_{1990} - I_{1980}) + (I_{2000} - I_{1990})]$$

Donde:

T_i Es la tendencia del indicador censal I a través del tiempo.

I_n Es el valor del Indicador seleccionado en el Censo n (1980, 1990 o 2000).

En caso de que la tendencia T_i para cualquier indicador I alcance un valor positivo, significa crecimiento a través de los años, en caso contrario, que sea un valor negativo, significa decremento a través del tiempo.

Para normalizar los valores calculados de tendencias T_i y que fueran comparables, se clasificaron en cinco intervalos determinados por el método de análisis de frecuencia de los percentiles (igual amplitud de los intervalos), según se muestra en el Cuadro 2. Estos rangos agrupan valores de tendencia que van desde los negativos con decrecimientos muy bajo y bajo (rangos 1 y 2, respectivamente), hasta los que tienen valores de tendencia positivos con crecimientos bajo-medio, alto y muy alto (rangos 3, 4 y 5, respectivamente).

El Cuadro 3 muestra los valores tendencia de los indicadores seleccionados ya estandarizados en cinco rangos para las 36 localidades coincidentes en los tres censos.

Para finalizar, en la tercera etapa de Integración de la base de datos geográfica, los archivos cartográficos ya preparados, fueron exportados al formato *shp* y las tablas al formato *dbf*, para unirlos en un proyecto de *ArcView* y proseguir con su manipulación y análisis.

Fase 2. Determinación de los geosistemas del PNNT como medida del grado de deterioro ambiental

El enfoque geosistémico del estudio del medio ambiente es una herramienta para medir el grado de deterioro ambiental de los paisajes naturales y productivos. Se sustenta en la asimilación de la teoría sistémica en la investigación geográfica y parte de la definición del medio ambiente como sistema abierto, de formación histórica, conformado como producto de relaciones bilaterales entre el medio natural, la sociedad y las propias interacciones que se dan dentro de ella (Bucek, 1979, 1981, 1983).

Los geosistemas, desde el punto de vista geográfico, son las unidades espaciales en donde se dan los tipos permanentes de me-

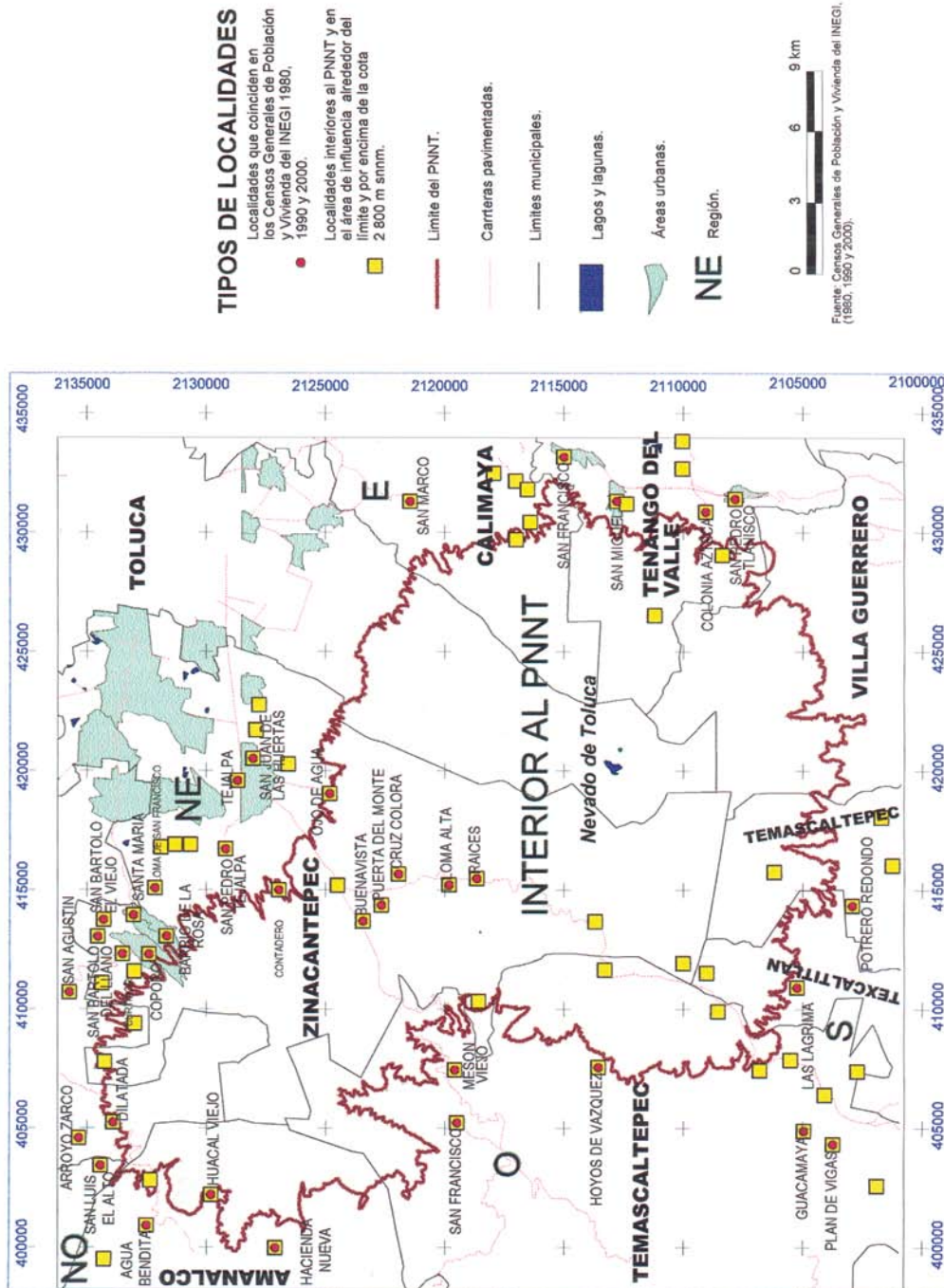


Figura 2. Total de localidades interiores al PNNT y en el área de influencia alrededor del límite y por encima de la cota 2 800 msnm (73) y aquellas que coinciden en los Censos Generales de Población y Vivienda del INEGI de 1980, 1990 y 2000 (36).

Cuadro 1. Modelo de evaluación ambiental de la dinámica poblacional y de las condiciones de vida de la población de las localidades

Nombre de los indicadores de los censos 1980, 1990 y 2000	Descripción	Comportamiento y consecuencias ambientales
1. PTN 2. PECOACTIVN 3. VIVPARHABN	Población Total. Población Económicamente Activa (PEA). Total de viviendas particulares habitadas.	Al aumentar, se incrementa la presión a los recursos de los ecosistemas, se genera deterioro ambiental y se favorece el cambio de uso forestal hacia el agrícola, urbano o industrial.
4. POCUPADA	Población Ocupada de 12 años y más que trabajó en la semana anterior a los censos de referencia.	Refleja la relación de los que participan directamente en la producción de bienes materiales y los que no. Si disminuye con respecto a la PEA, significa disminución de las ofertas y disponibilidad de trabajo lo que conlleva a la emigración de la zona.
5. POCUSECPN	PEA ocupada del sector primario que trabajó en la agricultura, ganadería, silvicultura, caza o pesca.	Si decrece significativamente en el tiempo, refleja la disminución de la mano de obra dedicada a este sector, abandono de las labores forestales, de los cuidados, vigilancia, uso racional del bosque y esto favorece los cambios de uso al agrícola, industrial y urbano.
6. POCUSECSN 7. POCUSECTN	PEA ocupada sector secundario que trabajó en la minería, generación y suministro de electricidad y agua, construcción o industria manufacturera. PEA Ocupada sector terciario que trabajó en el comercio, en el transporte, los servicios financieros, ofreciendo servicios profesionales, en el gobierno u otros servicios.	Si aumenta significativamente en el tiempo con respecto a la del sector primario, implica disminución a la mano de obra especializada en actividad forestal o agrícola, lo cual propicia el cambio de uso al urbano o industrial.
8. P15-ANALFN	Población de más de 15 años que no sabe leer y escribir.	Si crece en el tiempo, significa aumento en el número de habitantes sin preparación incapaces de adquirir una adecuada educación ambiental que propicie la explotación de los recursos naturales en condiciones de sustentabilidad.
9. P5-HLIYEN	Población de más de cinco años que habla lengua indígena y español.	Si decrece en el tiempo la población de más de cinco años que habla lengua indígena y español, significa una disminución de la mano de obra especializada en actividad forestal que posee una tradición y una cultura de explotación de los recursos naturales en condiciones de sustentabilidad.
10. Grado de marginación	Se trata de un indicador sintético de varias variables censales.	Localidades con los mayores grados de marginación están identificadas como zonas de pobreza extrema y problemas sociales consecuentes, en donde su población bajo condiciones de carencias, tiende a emigrar, hecho que no propicia ni incentiva los proyectos de desarrollo local ni el desarrollo de una agricultura en condiciones de sustentabilidad. Por el contrario, aquéllos que tienen las mejores condiciones y menores valores de Grado de Marginación, presentan problemas ambientales de diversa magnitud y génesis, debido al desarrollo de geosistemas antrópicos los cuales traen aparejado grandes demandas de los recursos de los ecosistemas circundantes, transformaciones, impactos y consecuencias

Cuadro 2. Valores de tendencias calculadas y estandarizadas en cinco rangos por el método de análisis de frecuencia de los percentiles

Rangos	TPT	TPECOACTIV	TPOCUPADA	TPOCUSECP	TPOCUSECS	TPOCUSECT	TP15_ANALF	TP5_HLIYE	TVIVPARHAB
1	-28, 1022	-263, 69	-218, 244	-378, -269	-37, 183	-9, 236	-216, -109	-198, -138	-97, 160
2	1023, 2073	70, 402	245, 707	-268, -159	184, 404	237, 481	-108, -1	-137, -77	161, 418
3	2074, 3123	403, 734	708, 1170	-158, -48	405, 625	482, 727	0, 1080	-76, -16	419, 675
4	3124, 4774	735, 1067	1171, 1635	-47, 62	626, 846	728, 972	109, 216	-15, 45	676, 933
5	4775, 5225	1068, 1400	1634, 2096	63, 172	847, 1067	973, 1218	217, 324	46, 106	934, 1191

dio ambiente, es decir, son los marcos de la ocurrencia de las afectaciones al medio natural por las actividades socioeconómicas y a la vez, la referencia para implementar las medidas requeridas de corrección, conservación y protección, en otras palabras, son las unidades territoriales en donde se localizan los resultados de los complejos mecanismos de interacción impacto-cambio-consecuencia. Los tipos de geosistema se determinan en función de la influencia socioeconómica que en ellos se ejerce de manera predominante, por ejemplo, la extensión que abarca un tipo de uso (geosistemas antropizados) o, por el contrario, la extensión ocupada por un ecosistema que prevalece (grado de naturalidad) en los naturales y seminaturales.

La delimitación de los geosistemas está de acuerdo con los límites de los intercambios de sustancias y energía necesarios para contribuir a los mecanismos naturales autorreguladores de los ecosistemas o, en caso contrario, para mantener su funcionamiento de manera artificial a través de un uso específico, y por eso reflejan el grado de modificación o cambios, lo que significa, el grado de deterioro ambiental resultante y sus consecuencias tanto en la economía como en la sociedad.

Los geosistemas dependen, fundamentalmente, del tipo de uso actual e histórico y la intensidad de los procesos socioeconómicos que se dan y se han dado, las condiciones naturales que éste posee para el desarrollo de

dichas actividades y que condicionan los tipos y la intensidad de los cambios de sus propiedades naturales (impactos) y las consecuencias o repercusiones derivadas de dicha interacción en la economía y la sociedad.

El establecimiento de los geosistemas es a partir de una clasificación tipológica del territorio en donde se definen aquellas zonas con similares tipos e intensidades de actividades socioeconómicas predominantes actuales y pasadas, con igualdad de condiciones naturales para el desarrollo de dichas actividades y con similares problemas ambientales derivados. Estos polígonos expresan la similitud de cambios y consecuencias ante la igualdad de influencias socioeconómicas.

Para la determinación de los geosistemas del PNNT como medida del grado de deterioro ambiental fueron evaluadas y re-clasificadas las categorías del mapa de uso de suelo ya integrado en el proyecto SIG. Dicha evaluación y posterior reclasificación se realizó siguiendo la estructura de la leyenda del mapa del *Atlas Nacional de México* a escala 1:4 000 000 denominado "Síntesis del Medio Ambiente" (Oropeza *et al.*, 1991) y adecuada a la escala de trabajo, especificidad de la zona en estudio y a la información disponible. Estas categorías fueron ordenadas para los geosistemas de la Clase *Antrópicos*, de mayor a menor requerimiento de sustancias y energía suministrada artificialmente para el funcionamiento o mantenimiento de su uso y los cambios e impactos resultantes

Cuadro 3. Valores estandarizados de tendencia de los indicadores seleccionados de los Censos Generales de Población y Vivienda del INEGI 1980, 1990 y 2000 para las 36 localidades coincidentes

No.	MUN	LOC	MUNLOC	NOMLOC	TPTN	TPOCUPAD AN	TPOCUSEC PN	TPOCUSEC SN	TPOCUSE CTN	TP15AN ALFN	TP5HLIYEN	TVIVPAR HABN	Grado Marginación
1	005	0010	0050010	Dilatada	2	2	2	2	2	3	4	2	2
2	005	0137	0050137	Arroyo Zarco	1	1	2	1	1	1	4	1	2
3	005	0027	0050027	San Agustín	2	1	2	2	2	3	3	3	2
4	007	0007	0070007	Huacal Viejo	1	2	4	1	1	3	4	2	3
5	007	0002	0070002	Agua Bendita	1	2	3	2	1	2	4	2	1
6	007	0006	0070006	Hacienda Nueva	1	2	4	1	1	2	4	2	2
7	018	0007	0180007	San Marco de la Cruz	2	2	4	2	2	2	3	2	1
18	021	0022	0210022	Potrero Redondo	1	2	4	1	1	2	4	2	1
9	086	0015	0860015	Mesón Viejo	1	2	4	1	1	2	4	2	1
10	086	0029	0860029	San Fco. Oxtoltilpan	1	1	2	2	1	2	1	2	1
11	086	0043	0860043	Hoyos de Vázquez	1	2	4	1	1	3	3	2	1
12	086	0011	0860011	Guacamaya	1	2	4	1	1	2	4	2	1
13	086	0019	0860019	Plan de Vigas	1	2	4	1	1	2	4	2	1
14	090	0036	0900036	San Pedro Tlanisco	4	3	4	3	2	5	2	4	1
15	090	0047	0900047	Colonia Azteca	3	2	5	1	1	4	4	3	1
16	090	0027	0900027	San Francisco Putla	3	3	5	3	2	2	3	3	1
17	090	0035	0900035	San Miguel Balderas	4	3	4	3	3	4	4	4	1
18	097	0051	0970051	Lágrimas, las	1	2	4	1	1	2	4	2	1
19	114	0030	1140030	San Luís el Alto	1	1	2	1	1	3	4	2	3
20	118	0006	1180006	Buenavista	2	2	4	1	1	3	4	2	1
21	118	0013	1180013	Contadero	2	2	3	3	2	2	4	3	1
22	118	0039	1180039	Ojo de Agua	3	3	4	2	3	2	4	3	1
23	118	0030	1180030	Loma Alta	1	2	4	1	1	2	4	2	1
24	118	0047	1180047	Puerta del Monte	1	2	4	1	1	3	4	2	1
25	118	0090	1180090	Cruz Colorada	1	2	4	1	1	3	4	2	1
26	118	0096	1180096	Raíces	2	2	4	1	1	3	4	2	1
27	118	0014	1180014	Coporo, el	4	3	2	4	3	4	1	4	1
28	118	0017	1180017	Curtidor, el	3	2	3	3	2	3	3	3	1
29	118	0031	1180031	Loma de San Fco.	2	2	3	3	2	3	4	3	1
30	118	0058	1180058	San Juan de las Huertas	5	5	1	5	5	1	3	5	1
31	118	0062	1180062	San Pedro Tejalpa	4	4	5	4	3	4	2	4	1
32	118	0075	1180075	Tejalpa	3	3	4	3	3	3	4	3	1
33	118	0082	1180082	San Bartolo del Llano	2	2	2	3	2	2	3	3	1
34	118	0085	1180085	San Bartolo el Viejo	4	4	3	4	3	4	3	4	1
35	118	0087	1180087	Barrio de la Rosa	3	2	1	4	2	2	1	3	1
36	118	0067	1180067	Santa Ma. del Monte	5	4	4	4	4	5	5	4	1

que se generan en el medio natural, mientras que los de las Clase *Naturales y Seminaturales*, fueron ordenados de menor a mayor grado de naturalidad, en otras palabras, de mayor a menor alteración y presencia de actividades humanas.

El procedimiento se realizó en *Arcview* y consistió en construir consultas (*queries*) según varios tipos de uso. Una vez seleccionados y agrupados los polígonos con los tipos de uso especificados en un nuevo conjunto (*New Set*), se pasaron a una nueva cobertura para re-simbolizarlos de forma independiente, asignándole un valor de deterioro ambiental relativo.

La Clase de geosistemas *Antrópicos*, incluye a las Subclases *Tecnógenos y Agrarios*; éstas a su vez se subdividen en los Grupos *Urbanos e Industriales y Agrarios* y de *Zonas de Erosión*, respectivamente. Dentro de cada Grupo se establecieron los Subgrupos y Tipos que van desde las zonas urbanas e industriales, hasta los cultivos de roturado periódico con riego, cultivo de cereales, leguminosas y hortalizas de temporal y con vegetación secundaria con restos de bosque; también las variantes de pastizales inducidos con matorral inerme y con restos de bosque. De forma gradual, a estos tipos de geosistemas se les asignó su correspondiente valor de deterioro ambiental, alcanzando el máximo igual a 49, en el Tipo de *Área urbana e industrial* y el mínimo igual a 35, en el Tipo de *Erial*.

Para la Clase *Naturales y Seminaturales*, sólo se contempla la Subclase de *Terrestre* y dentro de ella a los Grupos según su nivel de perturbación, empezando por el de *Vegetación secundaria* con los Subgrupos y Tipos de matorral inerme y combinaciones de pastizales y bosques; los pastizales naturales y variantes de combinaciones; los bosques de coníferas y de latifoliadas con combinaciones y finalmente los lagos y lagunas. De forma similar a los geosistemas anteriores, también se les asignó de forma gradual su correspondiente valor de deterioro ambiental, alcanzando el máximo igual a 34 en el Tipo de matorral inerme con

erosión hídrica moderada y el mínimo igual a uno en las lagunas del cono volcánico.

Finalmente, se procedió a la elaboración de un mapa temático, utilizando como método de representación cartográfica el de fondo cualitativo de color y achurado, en tonos de negro, gris, café oscuro y naranja para los geosistemas de la Clase *Antrópica* y de tonos de verde y azul para las de la Clase *Naturales y Seminaturales* (Figura 4A y 4B). En la vertiente noroeste, predominan los geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo VI, bosques de coníferas de oyamel con grado de deterioro ambiental de 22 y oyamel con vegetación secundaria y pastos inducidos con grado de deterioro ambiental de 23. En segundo lugar, hacia su periferia y próximo a las localidades, hay geosistemas de la Clase *Antrópicos*, Subclase *Tecnógenos y Agrarios*, Grupo II, Agrarios, Tipo A1, de agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y hortalizas y grado de deterioro ambiental de 48. En tercer lugar, también se localizan hacia su periferia, geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, vegetación secundaria, Tipo IV.30 de matorral inerme y grado de deterioro ambiental de 30 y Tipo IV.34 de matorral inerme con pastos inducidos y grado de deterioro ambiental mayor a 34.

En la región noreste, próximo a su periferia, predominan los geosistemas de la Clase *Antrópicos*, Subclase *Tecnógenos y Agrarios*, Grupo II, Agrarios, Tipo A1, de agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y hortalizas y grado de deterioro ambiental de 48; también geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, Vegetación Secundaria y Tipo IV.30 de matorral inerme y grado de deterioro ambiental igual a 30. Más a las cimas, están los geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo VI, bosques de coníferas de oyamel con grado de deterioro ambiental de 22; también hay geosistemas del Grupo Agrario, Subgrupo sin roturado de periódico, del Tipo A1.42 pastizales cultivados e inducidos y varios de los Tipo A2, de pastizales

inducidos con vegetación secundaria y restos de bosques y grado de deterioro ambiental de 41 hasta 38. Se observan además pequeñas áreas de geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo VI, bosques de latifoliadas con vegetación secundaria y pastizales y grado de deterioro ambiental de 7, en valles o bosques en galerías.

En la vertiente este, predominan geosistemas de la Clase *Antrópicos*, Subclase *Tecnógenos y Agrarios*, Grupo II, Agrarios, Tipo A1, de agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y hortalizas y grado de deterioro ambiental de 48; también geosistemas del Grupo Agrarios, Subgrupo sin roturado de periódico, del Tipo A1, pastizales cultivados e inducidos, con matorral inerme y erosión hídrica fuerte y grados de deterioro ambiental de 44 hasta 42. También áreas muy fragmentadas de geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, bosques de latifoliadas con vegetación secundaria y pastizales y grado de deterioro ambiental de 9.

Para el sur se observa mayor fragmentación del territorio y muchos más tipos de geosistemas pero en pequeñas áreas. En general son de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, bosques de coníferas y variantes de Tipos, que incluyen desde los bosques de oyamel, oyamel con pinos, pinos y cedros y algunos con vegetación secundaria y pastizales y grados de deterioro ambiental que van desde los 22 hasta los 10. Hay geosistemas en pequeñas áreas del Grupo Agrarios, Subgrupo sin roturado de periódico, del Tipo A1, pastizales cultivados e inducidos, con matorral inerme y grado de deterioro ambiental de 44 hasta 42 y del Tipo A2, pastizales con resto de bosques y grado de deterioro ambiental de 41 hasta 38.

En el oeste, predominan los geosistemas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, bosques de coníferas y variantes de Tipos, que incluyen desde los bosques de oyamel, oyamel con pinos, pinos con oyamel y otros con grados de deterioro ambiental de 22 hasta 12. Hay algunas pequeñas áreas con geosiste-

mas agrícolas y grado de deterioro ambiental de 48 y de pastizales con grado de deterioro ambiental de 42.

Finalmente, en la zona del interior del PNNT y coincidiendo con los asentamientos, existen geosistemas de la Clase *Antrópicos*, Subclase *Tecnógenos y Agrarios*, Grupo II, Agrarios, Tipo A1, de agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y hortalizas y grado de deterioro ambiental de 48. De forma contigua aparecen geosistemas del Tipo A2, cultivos agrícolas pero con restos de bosques de coníferas y latifoliadas y pastizales alpinos con grado de deterioro ambiental de 45 a 46. También hay geosistemas de bosques de coníferas de la Clase *Naturales y Seminaturales*, Grupo IV, Tipo VI.22, bosques de oyamel y grado de deterioro ambiental de 22.

Fase 3. Clasificación tipológica de las localidades: tipos ambientales de localidades

Esta fase consistió en aplicar el método de análisis jerárquico de cluster (*Hierarchical Cluster Analysis*) para identificar grupos homogéneos de localidades a partir del cálculo de una medida de similaridad y utilizando un método de agrupamiento determinado.

Este proceso permitió establecer el comportamiento tipológico de las localidades al definir grupos relativamente coherentes y homogéneos, según el comportamiento de las tendencias calculadas de los indicadores censales y estandarizados por el método de los percentiles. En este caso se seleccionó, como procedimiento de agrupamiento, el de liga entre grupos y como medida de similaridad, el cuadrado de la Distancia Euclidiana por ser los que revelaron la mejor expresión territorial de sus resultados.

La propuesta de agrupamiento para este trabajo incluye su determinación tomando como base el dendograma, a partir del valor 8 de similaridad. De esta forma se crearon para las localidades, las Clases Generales I y II, las

Subclases A, B, C, D y los Tipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 (Figura 3).

En las columnas A, B, C, D y E del Cuadro 4, se aprecian, respectivamente, las localidades clasificadas en sus correspondientes Clases Generales, Subclases y Tipos, así como su nombre y la descripción del comportamiento de los valores ya estandarizados en los cinco rangos, de las tendencias calculadas de cada indicador. Las localidades de la Clase I son las que tienen los más altos valores de tendencias, lo que significa crecimientos importantes a través del tiempo. Al nivel de Subclase, se observa que los valores de tendencias en las localidades de la A, oscilan entre 4 y 5, lo que significa el mayor crecimiento de los indicadores a través del tiempo. Ésta, a su vez, agrupa a los Tipos de localidades 1 y 2.

La Subclase B tiene valores de tendencias también altos pero relativamente menores que la anterior, mayormente son valores de cuatro, excepto en la población ocupada, población de más de 15 años que no sabe leer y escribir y población de más de cinco años que habla lengua indígena y español. Aquí se incluyen los Tipos de localidades 3 y 4. El grado de marginación de las localidades de esta Clase I es de medio.

Por otro lado, las localidades de la Clase II, tienen valores de tendencia de los indicadores seleccionados igual a tres o entre uno y dos, lo que significa, crecimientos bajos o decrecimientos en los indicadores a través del tiempo. Sus grados de marginación son de medios, altos y muy altos.

A nivel de Subclase, la C tiene valores de tendencias calculadas de los indicadores

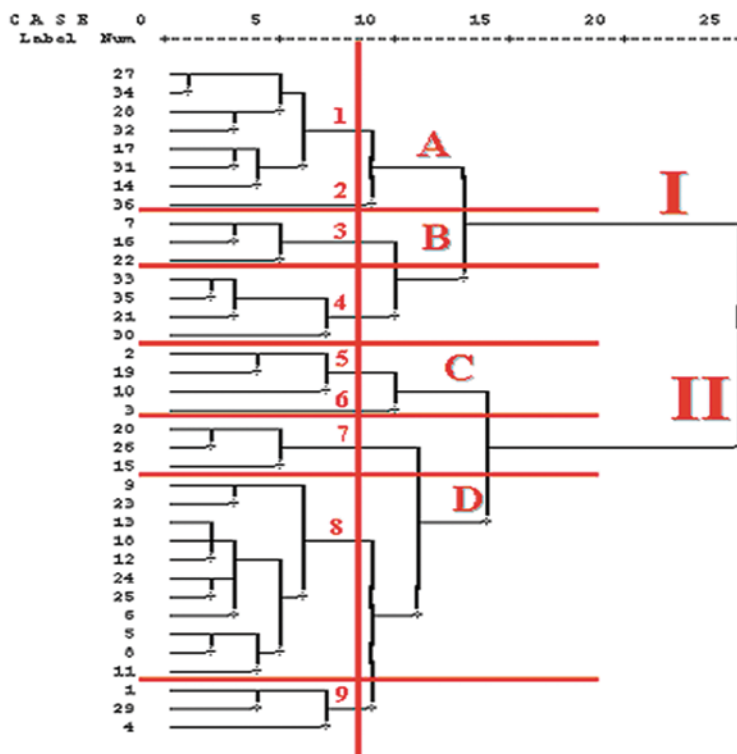


Figura 3. Agrupamiento tipológico de las localidades a partir del valor 8 de similitud, en Clases Generales I y II, las Subclases A, B, C, D y los Tipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

seleccionados entre los niveles mínimos de uno hasta los medios igual a tres, tiene las localidades con los mayores decrecimientos o crecimientos muy bajos, sus grados de marginación alcanzan valores altos y se agrupan los Tipos de localidades 5 y 6.

Para las localidades de la Subclase D, los valores de tendencia calculados de los indicadores seleccionados son bajos, pero relativamente mayores a la anterior, lo que significa menos decrecimientos o crecimientos de bajos a medios, están mayormente entre los niveles de dos hasta los medios igual a tres aunque ocasionalmente, hasta cuatro o cinco; sus promedios oscilan entre dos y tres mayormente, excepto para la población de más de 15 años que no sabe leer y la población de más de cinco años que habla lengua indígena y español, que alcanzan valores de entre tres y cuatro, respectivamente. Sus grados de marginación son de medios a altos, una localidad tiene muy alto.

Fase 4. Evaluación de los tipos de localidades desde el punto de vista ambiental: NPEIA

En esta etapa se evaluaron los Tipos de localidades ya obtenidos, desde el punto de vista ambiental, siguiendo el modelo establecido en el Cuadro 1. Para reflejar el resultado de dicha evaluación, se estableció un indicador que mide de forma conjunta en cada tipo, el Nivel de Presión a los Ecosistemas circundantes y de generación de Impactos Ambientales que la dinámica de la población y las condiciones de vida propician (NPEIA por sus iniciales). De esta manera, la anterior clasificación tipológica quedó evaluada según este modelo, como se observa en la columna F del Cuadro 4. Dicho indicador alcanzó valores que van desde nueve, como el de máxima presión a los ecosistemas y de generación de impactos ambientales en la Clase I, Subclase A y Tipo 1, debido a que tiene los valores de las tendencias estandarizadas con mayor significación ambiental para la generación de presión e impactos y hasta el nivel

mínimo igual a 1, en la Clase II, Subclase D y Tipo 8, por tener la mayor cantidad de valores de las tendencias estandarizadas con menor significación ambiental para la generación de presión e impactos.

Fase 5. Clasificación topológica de las localidades: regiones ambientales de localidades

La siguiente fase consistió en lograr la clasificación topológica de las localidades, analizando las relaciones espaciales de contigüidad y de ubicación geográfica respecto a las vertientes del PNNT. De esta forma, las localidades quedaron agrupadas en zonas bien definidas y orientadas según se presenta en el mapa de la Figura 4A, por medio de la forma exterior de los símbolos geométricos fuera de escala. Estas bandas quedaron establecidas como las regiones de localidades del noroeste, noreste, este, oeste, sur e interior del PNNT.

En la Región Noroeste, las localidades pertenecen tipológicamente a la Clase II, Subclase C, Tipo 5 y Subclase D, Tipos 8 y 9; desde el punto de vista de la presión a los ecosistemas circundantes y la generación de impactos ambientales (NPEIA) alcanzan niveles medios de cinco y tres en cuatro localidades y muy bajos igual a uno en dos de ellas. Muy diferente se ven las localidades agrupadas en la Región del Noreste, ya que seis de ellas pertenecen tipológicamente a la Clase I, Subclase A, Tipo 1 y NPEIA máximo igual a nueve, una al Tipo 2 y valor de NPEIA alto igual a ocho; cuatro al Tipo 4 y NPEIA de medio a alto igual a siete y una sola a la Subclase B, Tipo 3 y valor de NPEIA de medio a alto igual a seis. Las localidades de la Región Este también se caracterizan por pertenecer tipológicamente a la Clase I, Subclase A, Tipo 1; Subclase B, Tipo 3, que alcanzan los niveles de NPEIA de altos y muy altos, entre seis y nueve, aunque está la localidad Colonia Azteca, que es de la Clase II, Subclase D, Tipo 7 y con valor de NPEIA bajo e igual a dos.

Cuadro 4. Localidades clasificadas en Clases Generales, Subclases y Tipos, así como sus nombres y la descripción del comportamiento de los promedios de los valores estandarizados de las tendencias en cada indicador

A	B	C	D	E											F		
Tetendencias calculadas y estandarizadas de los indicadores seleccionados																	
Clases	Subclases	Tipos	Nombre localidades	Indicadores	TPT	TPECOAC	TPOCUPA	TPOCUSEP	TPOCUSECS	TPOCUSECT	TP15_AN	TP15_HLI	TVIVPAR	GRADOMARGN	NPEIA		
I	A	1	San Miguel, Coporo, Curtidor,	Max	5	5	5	5	5	5	5	3	5	1	9		
			San Pedro Tejalpa, Tejalpa,	Min	4	4	4	2	4	4	4	1	4	1			
			San Bartolo	Media	5	5	5	3	4	5	5	2	5	1			
	B	2	Santa María		5	5	3	3	5	5	5	5	5	1	8		
			San Marco,	Max	4	4	5	5	4	5	5	1	3	4		1	
			San Francisco., Ojo de Agua	Min	3	4	4	3	3	3	3	1	2	3		1	
II	C	4	Contadero,	Max	5	5	5	2	5	5	2	2	5	1	6		
			San Juan de las Huertas, San Bartolo el Viejo,	Min	3	3	3	1	4	4	4	1	1	3		1	
			Barrio de la Loma	Media	4	4	4	1	5	4	4	2	2	4		1	
	D	5	6	Arroyo Zarco,	Max	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	5	
				San Francisco,	Min	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1		1
				San Luis el Alto	Media	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2		2
III	E	7	Colonia Azteca,	Max	4	4	5	2	3	5	4	4	4	1	3		
			Buenavista,	Min	3	3	5	1	1	3	3	3	3	1			
			Raíces	Media	3	3	5	1	1	4	3	3	3	1			
	F	8	8	Agua Bendita,	Max	3	3	4	3	3	3	4	2	2	1		
				Hacienda Nueva,	Min	1	1	2	1	1	1	2	1	1		1	
				Potrero Redondo, Meson Viejo,	Media	2	2	3	2	2	2	4	1	1		1	
IV	G	9	Hoyos de Vázquez,														
			Guacamaya,														
			Plan de Viga,														
	H	10	9	Lágrimas,													
				Loma Alta,													
				Puerta del Monte, Cruz Colorada													
V	I	11	Dilatada,	Max	3	3	4	4	3	4	5	3	3	2			
			Huacal Viejo,	Min	2	1	2	2	2	2	4	5	2	1			
			Loma de San Francisco	Media	3	2	3	3	3	4	5	3	3	2			
	J	12	10	San Juan de los Rios,	Max	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
				San Juan de los Rios,	Min	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	
				San Juan de los Rios,	Media	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	

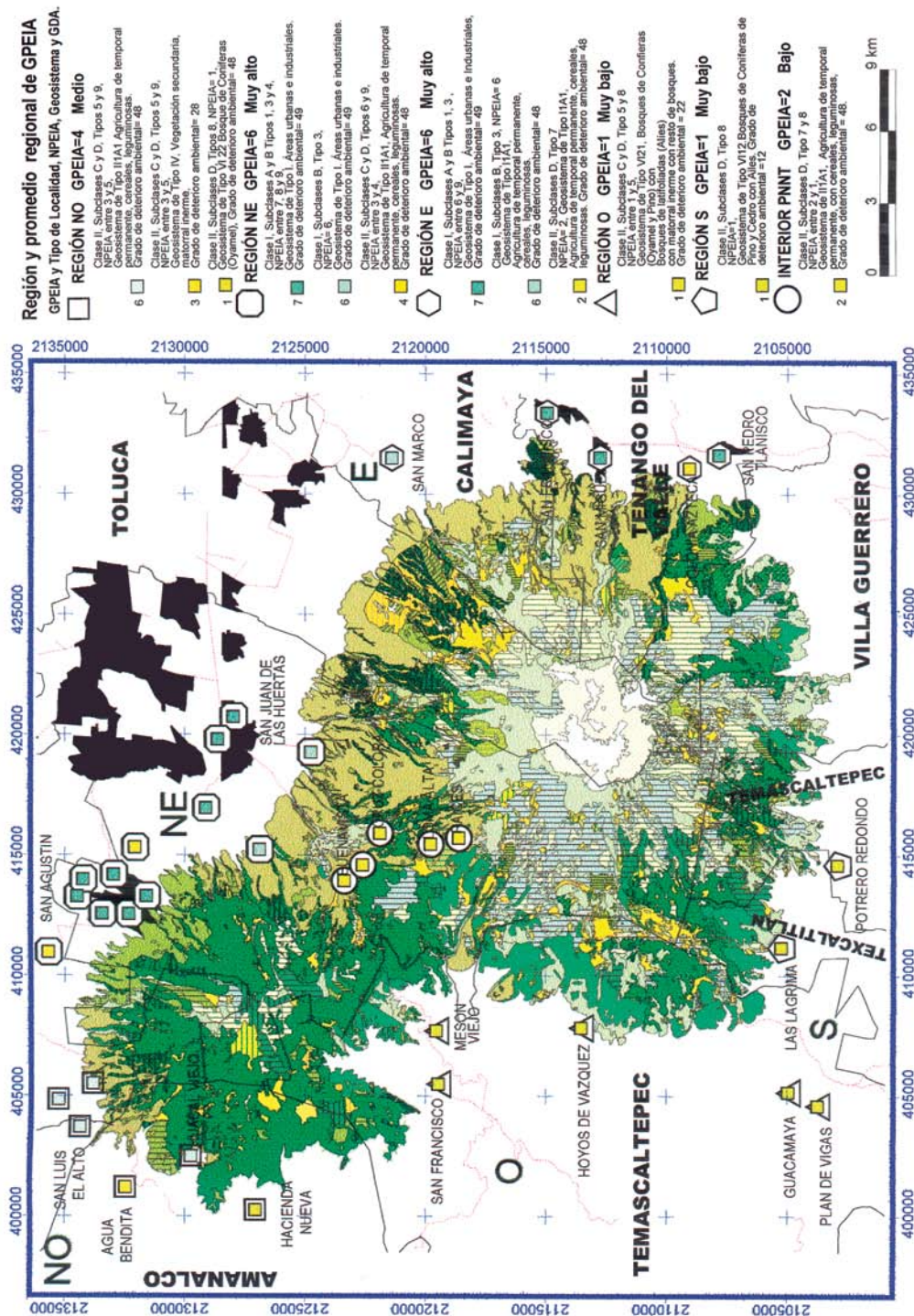


Figura 4A. Tipos de localidades por regiones, con su correspondiente valor de NPEI y el geosistema al que se relaciona con su grado de deterioro ambiental (GDA).

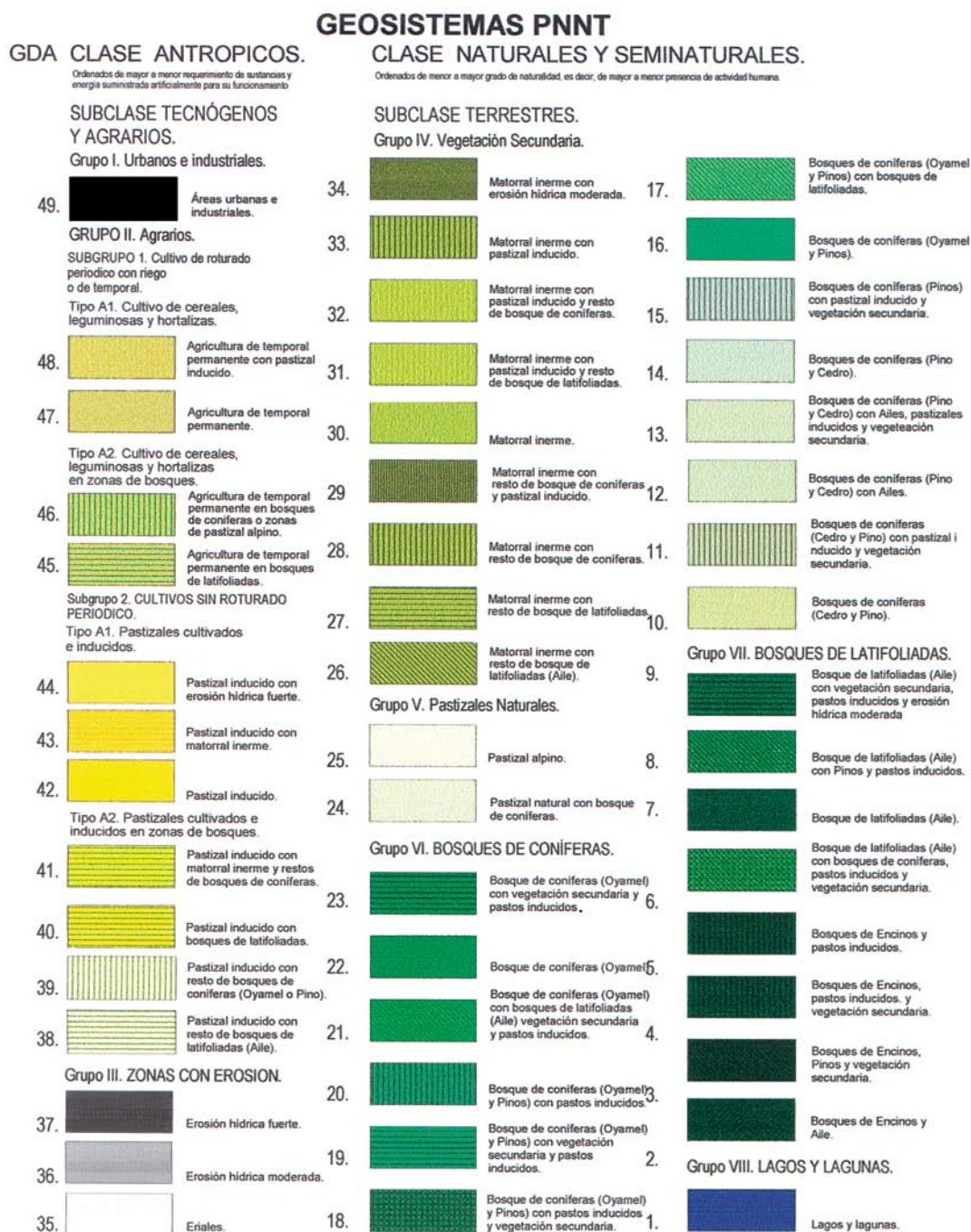


Figura 4B. Continuación. Leyenda correspondiente a los tipos de geosistemas y al grado de deterioro ambiental (GDA).

Por el contrario, la región del Oeste tiene localidades de la Clase II, Subclase C, Tipo 5 y NPEIA medio igual a cinco y también, de la Subclase D, Tipo 8, con los niveles más bajos de NPEIA igual a uno. La región del Sur, también tiene localidades de la Clase II, Subclase D y Tipo 8 con niveles bajos de NPEIA igual a dos. Finalmente, la Región del Interior del Parque, tiene localidades de la Clase II, Subclase D y Tipos 7 y 8, con los niveles bajos y muy bajos de NPEIA entre dos y uno.

Fase 6. Asignación del valor de deterioro ambiental de los geosistemas a las localidades que pertenecen o con las que se relacionan de manera inmediata

Su objetivo fue establecer la relación de las localidades con el grado de deterioro ambiental que tienen los geosistemas al que pertenecen o con lo que se interrelacionan de forma inmediata. Para ello, se estableció una operación espacial en el SIG de asignación de atributos por localización coincidente (*assign data by location*, también conocido como *Spatial Join*) entre las coberturas de las localidades y las de los polígonos de los geosistemas.

El proceso consistió en adicionarle el tipo de geosistema y su correspondiente grado de deterioro ambiental al punto de la localidad que está contenida dentro de su área. Para aquellas localidades que se encuentran fuera del PNNT, pero en el entorno inmediato ya definido, se procedió primero con un análisis de influencia o *buffer*, establecido desde el centroide de la localidad hasta 3 km en línea recta; a continuación se realizó otra operación espacial de sobreposición (*overlay*) para adicionarle el atributo descriptivo del geosistema al polígono del *buffer* y, ya con esto, efectuar la anterior operación espacial de *assign data by location* entre esta última cobertura y las localidades.

El resultado de estas operaciones espaciales en el SIG permitió la obtención de una nueva columna para la tabla de los datos de las localidades que incluye al tipo de geosistema al

que pertenece o con el que se interrelaciona de forma inmediata.

Fase 7. Síntesis de la evaluación ambiental de las localidades: grado de presión a los ecosistemas circundantes y de generación de impactos ambientales

La síntesis de la evaluación ambiental de las localidades fue el resultado final del proceso metodológico. En esta fase se estableció el indicador Grado de Presión a los Ecosistemas circundantes y de generación de Impactos Ambientales (GPEIA) para medir la coincidencia entre el NPEIA de las localidades, con el grado de deterioro ambiental de los geosistemas al que pertenece o con el que se interrelaciona de forma inmediata. Con este nuevo indicador se trató de determinar el grado de responsabilidad que tiene la dinámica poblacional y las condiciones de vida de dichas comunidades en las alteraciones, cambios desfavorables y en las repercusiones en los ecosistemas del PNNT, asumiendo una relación causa-efecto. Su asignación se define primeramente de forma individual para las localidades, para luego promediarlas a nivel de regiones.

En caso de que una localidad de cierto tipo alcance el mayor valor de NPEIA y se interrelacione con geosistemas que tengan el mayor grado de deterioro ambiental, entonces, se le asigna el máximo valor al GPEIA y, por el contrario, si la localidad alcanza el menor valor de NPEIA y se interrelaciona con geosistemas que tengan el menor grado de deterioro ambiental, entonces se le asigna el mínimo valor de GPEIA. El indicador también refleja los casos en que no se observa correlación entre la clasificación tipológica y su valor de NPEIA de las localidades con el tipo de geosistema al que pertenece o con el que se interrelaciona, concretamente, para los casos en que se observen valores bajos de NPEIA entre uno a tres, pero se relacione con geosistemas del Tipo II1A1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales y leguminosas y alto grado de deterioro am-

biental de 48. En este caso, se le asigna a estas localidades un valor de GPEIA mayor al que le correspondería por su valor de NPEIA.

Los valores del indicador GPEIA quedaron establecidos como se observa en el Cuadro 5, en forma descendente, del mayor valor igual a siete hasta el de menor igual a uno.

En el mapa de la Figura 4A se muestra este valor de GPEIA en las localidades, por medio de color de relleno de los símbolos fuera de escala, los tonos de grises coinciden con los valores muy altos y altos a partir del siete hasta el cinco, el amarillo con el valor intermedio igual a cuatro, el verde-amarillo con el valor bajo igual a dos y finalmente el verde con el valor muy bajo igual a uno.

Primeramente se observa que 80% del total de las localidades de la Clase I, Subclases A y B, Tipos 1, 2, con valor de NPEIA máximos de ocho a nueve y Subclase B, Tipos 3 y 4, con valor de NPEIA altos, entre seis y siete, se relacionan o pertenecen los geosistemas de la Clase I, Urbanos e Industriales con grado de deterioro ambiental máximo de 49. Existen otras tres localidades de esta Clase I, Subclase B, Tipos 3 y 4 y nivel alto de NPEIA entre seis y siete, que se relacionan o pertenecen al geosistema de la Clase Antrópicos, Subclase Tecnógenos y Agrarios, de Grupo II, Tipo A1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y grado de deterioro ambiental alto e igual a 48.

Dos tercios de las localidades de la Clase II, Subclase C y Tipo 5, con valor intermedio de NPEIA igual a cinco, se corresponden con el geosistema del Tipo A1, Agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y grado de deterioro ambiental de 48. Sólo hay una localidad de esta Subclase, que se corresponde con geosistema del Tipo VI, bosques de coníferas (oyamel y pino), con bosques de latifoliadas (Ailes) y matorral inerme y grado de deterioro ambiental de 21.

Para las 20 localidades de la Clase II, Subclase D, Tipos 7, 8 y 9 y valores bajos y mínimos de NPEIA de uno a tres, un total de diez locali-

dades (50%) se corresponden con geosistemas de Tipo VI, bosques de oyamel (valor de deterioro ambiental de 22), bosques de coníferas (oyamel y pino), bosques de latifoliadas (Ailes) con matorral inerme y con resto de bosques (valor de deterioro ambiental de 21), bosques de coníferas (oyamel y pino) con bosques de latifoliadas (Ailes; valor de deterioro ambiental de 17), bosques de coníferas de oyamel y pino (valor de deterioro ambiental de 16) y bosques de coníferas de pino y cedro con Ailes (valor de deterioro ambiental de 12). Existen, sin embargo, otras diez localidades de esta clase, que se corresponden con geosistemas del Tipo A1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas y grado de deterioro ambiental de 48, lo cual evidencia la falta de relación entre la dinámica poblacional y las condiciones de vida con los tipos de geosistemas a los que pertenecen o con los que se interrelacionan de forma inmediata, en otras palabras, estas transformaciones, cambios e impactos en sus ecosistemas circundantes, son ajenos al desarrollo de sus condiciones socioeconómicas a través del tiempo.

Al hacer el análisis desde el punto de vista espacial por regiones, también se observa relación entre los tipos de localidades y sus correspondientes valores de NPEIA con los geosistemas a los que pertenecen o con los que se interrelacionan de forma inmediata, medido a través del GPEIA.

Para la región del Noroeste, el promedio de GPEIA alcanza un valor medio de cuatro, esto es debido a que el NPEIA de sus localidades está entre tres y cinco y se interrelacionan con geosistemas del Tipo II1A, Agricultura de temporal permanente, con cultivo de cereales y leguminosas y alto grado de deterioro ambiental de 48.

La región del Noreste, alcanzó el máximo de valor promedio de GPEIA, con seis. Cuenta con nueve localidades con NPEIA alto y muy alto de siete, ocho y nueve y se interrelacionan con geosistemas de Tipo I, áreas urbanas e industriales con su grado de deterioro ambiental

Cuadro 5. Valores de GPEIA y la relación de la clasificación tipológica y la evaluación ambiental de las localidades (NPEIA) con los geosistemas y su grado de deterioro ambiental

Clase de localidad	Subclase	Tipo	Nivel de impacto de la localidad (NPEIA)	Geosistema al que pertenece o con el que se interrelaciona de forma inmediata	Grado de deterioro ambiental (GDA)	Valor de GPEIA
I	A y B	1, 2 y 4	7 y 9	I. Áreas urbanas e industriales.	49	7
I	B	3 y 4	6 y 7	II. 1A1. Agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas.	48	6
II	C y D	5 y 9	3 y 5	II. 1A1. Agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas.	48	5
II	C y D	6 y 9	3 y 4	IV. Vegetación secundaria de matorral inerme.	30	4
II	D	8	1	IV. Vegetación secundaria de matorral inerme con resto de bosques de coníferas (oyamel).	28	3
II	D	7 y 8	1 y 2	II. 1A1. Agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales, leguminosas.	48	2
II	C y D	5 y 8	1 y 5	IV. 21, 17 y 12. Bosques de coníferas (oyamel y pino) con bosques de latifoliadas (Alíes) con matorral inerme con resto de bosques	21, 17 y 12	1

también máximo de 49. Cuenta además con dos localidades con valor de NPEIA entre medio y alto de seis a siete, las cuales se interrelacionan con geosistemas de Tipo IIA1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales y leguminosas y grado de deterioro ambiental

de 48 y sólo otras dos tienen valores de NPEIA bajos entre tres y cuatro, pero se interrelacionan con geosistemas del Tipo IV, vegetación secundaria de matorral inerme y grado de deterioro ambiental de 30, lo cual muestra que no siempre estos niveles de impactos en los

ecosistemas se generan por las poblaciones de las localidades a las que pertenecen o que se relacionan de manera directa sino, más bien, por otras que pertenecen a la región y ejercen su influencia hasta ellos.

La región del Este, es otra zona con valor promedio de GPEIA muy alto igual a seis, cuenta con localidades de valor de NPEIA entre seis y nueve y que se interrelacionan con geosistemas del Tipo I, áreas urbanas e industriales con su grado de deterioro ambiental máximo de 49 y también con el geosistema de tipo II A1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales y leguminosas y grado de deterioro ambiental de 48. Tiene una localidad con valor de NPEIA bajo e igual a dos pero se interrelaciona con un tipo de geosistema similar al anterior de cultivos. En este caso, este comportamiento anómalo de la relación vuelve a mostrar la influencia de otras localidades en la región en la generación del grado de deterioro ambiental del geosistema.

La región del Oeste tiene el promedio de GPEIA muy bajo e igual a uno, con localidades que tiene valores de NPEIA 1 y se interrelacionan con geosistemas del Tipo VI 22, bosques de coníferas (oyamel) y grado de deterioro ambiental de 22. En este caso, también se observa relación entre el comportamiento de la dinámica poblacional y de las condiciones de vidas de las localidades de una región con el tipo de geosistema y su grado de deterioro ambiental.

La región Sur también tiene valor promedio de GPEIA muy bajo e igual a uno, cuenta con localidades con valores de NPEIA también muy bajos igual a uno, que se interrelacionan con geosistemas del Tipo VI, de bosques de coníferas (pino, oyamel) y latifoliadas (Aile), lo cual evidencia la relación entre el comportamiento regional de la dinámica poblacional y de las condiciones de vidas de las localidades con el tipo de geosistema y su grado de deterioro ambiental.

Y, finalmente, está la región del Interior del PNNT, con valor promedio de GPEIA bajo e

igual a dos, ya que a pesar de que sus cinco localidades tienen valores de NPEIA bajos y muy bajos entre uno y dos, se interrelacionan con geosistemas del tipo II A1, agricultura de temporal permanente, con cultivos de cereales y leguminosas y grado de deterioro ambiental de 48. En este caso, se observa que no hay relación evidente entre los tipos de geosistemas y sus grados de deterioro con la dinámica poblacional y las condiciones de vida de los asentamientos que pertenecen o que se relacionan de manera directa y por ser la totalidad de las localidades del interior del PNNT, no es posible relacionarlo con otras localidades que pertenecen a la región, más bien, se tendría que explicar por la influencia de la dinámica poblacional y las condiciones de vida de asentamientos fuera de esta zona o por otros factores socioeconómicos.

En síntesis, queda establecido para la zona en estudio, la relación causal entre los tipos de localidades y sus correspondientes valores del nivel de presión a los ecosistemas circundantes y de generación de impacto ambientales (NPEIA), así como el comportamiento homogéneo a nivel de regiones, con los tipos de geosistemas a los que pertenecen o con los que se interrelacionan de forma inmediata y su valor de deterioro ambiental.

CONCLUSIONES

La metodología empleada es novedosa en México y permitió conocer la diferenciación espacial de la dinámica y de las condiciones de vida de la población de las localidades dentro del PNNT y en su área de influencia inmediata, así como los niveles de presión a los ecosistemas circundantes y de impactos ambientales que generan, todo visto en las unidades regionales de localidades. Se pudo evaluar, además, la relación entre estos factores socioeconómicos y el grado de deterioro ambiental dado en los geosistemas, estableciéndose la responsabilidad que tienen en cuanto a la calidad del bosque y a la tendencia

de cambio de uso forestal al de cultivo agrícola, urbano, industrial, de pastizal inducido y otros que traen aparejada la disminución de sus funciones ambientales.

En este sentido, fue posible identificar aquellas localidades y regiones que concentran la mayor influencia directa en los ecosistemas a los que pertenecen o con los que se relacionan de forma inmediata y en qué magnitud lo hacen, es decir, el rol que alcanza su dinámica poblacional en el grado de deterioro ambiental de los territorios y del mismo modo, determinar en donde el impacto se deriva de factores externos.

Se puede señalar, como las regiones de localidades que más presión ejercen a sus ecosistemas circundantes del PNNT y que generan los mayores niveles de impactos ambientales, a las del Noreste y Este, ya que sus localidades presentan los mayores valores de NPEIA y se interrelacionan con los geosistemas que tienen los más elevados grados de deterioro ambiental, su promedio de GPEIA fue de muy alto igual a seis, estos núcleos están creciendo en la periferia o alrededor de la zona metropolitana de la Ciudad de Toluca y Tenango del Valle.

En segundo lugar está la región del Noroeste, ya que sus localidades tienen valores medios de NPEIA y se interrelacionan con geosistemas que tienen elevados grados de deterioro ambiental, su valor promedio de GPEIA fue medio e igual a cuatro. En tercer lugar está la región del Interior del PNNT, su valor promedio de GPEIA fue bajo igual a tres, pues a pesar de que sus localidades tienen valores bajos de NPEIA, se interrelacionan con geosistemas que tienen elevados grados de deterioro ambiental, lo cual evidencia, la influencia de la dinámica socioeconómica de localidades externas a esta zona o por otros factores socioeconómicos, en esta compleja interacción y resultado.

En último lugar están las localidades de las regiones del Sur y Oeste, sus valores de GPEIA fue muy bajo e igual a uno, ya que sus localidades son las que menos presión ejercen a sus ecosistemas circundantes y generación de

impactos ambientales con valores muy bajos de NPEIA y se interrelacionan con geosistemas de bajo deterioro ambiental.

REFERENCIAS

Arcia R., M. (1994), *Geografía del Medio Ambiente*, FAPUR, UAEM.

Bucek, A. (1979), "Utilization of biographical differentiation for projection and formation of landscape", *Research Lesná-*, pp. 329-338.

Bucek, A. (1981), *Biogeographick diferenciace krajiny*, CSAV, Praha.

Bucek, A. (1983), "Problemática de las investigaciones geográficas del medio ambiente", no. 86, pp. 17-25.

Biocenosis A.C. Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México y UAEM. Programa de Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca, Gobierno del Estado de México.

COESPO (2000), *Estadísticas del Estado de México*, Toluca, Estado de México.

Franco M., S. (2003), *Estimación de la Captura de Carbono en la zona forestal del Parque Nacional Nevado de Toluca*, CONACYT, México.

Franco, M. S., H. H. Regil, J. A. B. Ordóñez (2006), "Dinámica de perturbación-recuperación de las zonas forestales en el Parque Nacional Nevado de Toluca", *Madera y Bosques* 12(1), pp. 17-28.

GEM (1993), *Atlas Ecológico de la Cuenca del Río Lerma*, Poder Ejecutivo del Gobierno del Estado de México.

GEM (1997), *Atlas Ecológico de la Cuenca del Río Lerma*, tomo III, Gobierno del Estado de México.

GEM (1999a), "Acuerdo ejecutivo por el que se expide el Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México", *Gaceta del Gobierno* 106, 4 de junio de 1999.

- GEM (1999b), *Programa de Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca*, CEPANAF-Secretaría de Ecología/UAEM/Biocenosis.
- GEM (1999c), *Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México*, Secretaría de Ecología.
- GEM PROBOSQUE (1998), *Manejo Sustentable de los Bosques de las Áreas Naturales Protegidas*, SEDAGRO, Toluca, México.
- GEM CEPANAF (1999), *Estudio Sociopolítico, Programa de Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca (Reserva Xinantecatl)*, Secretaría de Ecología, Toluca, México.
- INEGI (1980, 1990 y 2000), *Resultados de Censos Generales de Población y Vivienda*, INEGI, México.
- Lantada, N. y M. Amparo Núñez (2004), *Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con Arcview*, AlfaOmega, Ediciones UPC, España.
- Moldes, J. (2003), *Proyectos GIS con Autodesk Map 2002*, ANAYA, Grupo ANATA, Madrid.
- Orozco H., M. E. (2003), *Organización del sistema agrario ejidal en el contexto de la globalización. El caso de la cuenca alta del Río Lerma-Chapala*, tesis Doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Propín Frejomil, E. (1989), "Regionalización socioeconómica de Cuba", *Atlas Nacional de Cuba*, Academia de Ciencias de Cuba, La Habana.
- Propín Frejomil, E. (2001), "Características básicas de la estructura territorial de la economía mexicana", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 46, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 148-163.
- Propín Frejomil, E. y Á. Sánchez (1998), "Niveles de asimilación económica del estado de Guerrero", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 37, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 598-70.
- Propín, E. y R. Thürmer (1986), "Un nuevo enfoque metodológico de la regionalización económica en la República de Cuba", *Wissenschaftliche Mitteilungen*, 18:5-18.
- Propín, E. y R. Thürmer (1992), *Antagonismo en el pensamiento geográfico regional: ¿realidad o ficción?*, inédito.
- Sánchez, Á, E. Propín y O. Reyes (1999), "Niveles de asimilación económica del estado de Coahuila al término del siglo xx", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 39, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 159-167.
- Vázquez, V. y E. Propín (2001), "Diferencias regional-económicas del estado de Guerrero, México", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 46, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 131-147.