

El Estado del Medio Ambiente en Michoacán de Ocampo. México

MANUEL BOLLO MANENT¹ | WILFRIDO ENRIQUE VELASCO MÉNDEZ²

Recibido: 31/10/2017 | Aceptado: 14/06/2018

Resumen

El presente artículo es resultado de varios años de trabajo en la formulación de una metodología para establecer el Estado del Medio Ambiente de un territorio, se aplica al estado de Michoacán, México. Se establece un diagnóstico ambiental, bajo un enfoque integrador u holístico. El análisis espacial se realiza desde el enfoque geocológico a partir de los fundamentos teórico-metodológicos de la Geoecología del Paisaje; toma como base las unidades de la tipología físico-geográfica. El diagnóstico ambiental se realiza a partir de la integración de indicadores e índices de degradación biofísica, modificación antropogénica y socio-económicos y demográficos que fueron calculados, categorizados y espacializados con la aplicación de sistemas de información geográfica y técnicas de estadística multivariada y procesos de análisis jerárquico. El 19.1% de la superficie de Michoacán se encuentra en estado ambiental crítico e inestable a crítico y el 40% está ocupada por paisajes en estado ambiental inestable, lo que indica que la situación ambiental es preocupante. El diagnóstico integrado de la situación ambiental sirve como instrumento de planeación ambiental en programas de ordenamiento ecológico-territorial o para cualquier acción que esté encaminada en el uso sostenible y en la conservación, protección y preservación del medio ambiente del territorio.

Palabras clave: Diagnóstico ambiental; geosistema; indicadores ambientales; estado del medio ambiente

Abstract

The State of the Environment in Michoacán de Ocampo. Mexico

This paper is the outcome of an effort of several years to formulate a methodology for determining the State of the Environment over a territory. The case study is the State of Michoacan in Southern Mexico. The methodology establishes an environmental diagnostic with an integral, holistic, approach. A geocological approach, following theoretical and methodological principles of Landscape Geoecology, serves to guide the spatial analysis of spatial units defined with a typology based on physical geography. The environmental diagnostic is done with the integration of indicators describing biophysical degradation, anthropogenic modification and socioeconomical and demographic conditions. The indicators were calculated, classified and spatialized employing Geographical Information Systems, multivariate statistics and techniques, specifically using the Analytical Hierarchy Process. The results for the case study show that 19.1% of the territory of Michoacan is under states 'critical' and 'unstable to critical', and another 40% corresponds to landscapes in a state categorized as 'unstable'. This speaks of an environmental state that can be categorized as worrisome. The integrated diagnostic of the state of the environment is very useful

1. Universidad Nacional Autónoma de México. mbollo@ciga.unam.mx

2. Instituto de Ecología, A. C. wvelasco@outlook.es

as an instrument of planning within the framework of land planning policy at any government level, but also to support any protection, conservation, preservation or sustainable action on the environment of a territory.

Key words: environmental diagnostic; geosystem; environmental indicators; state of the environment.

Résumé

L'état des lieux de l'environnement dans le Michoacán de Ocampo, Mexique

Cet article est le résultat de plusieurs années de travail de formulation d'une méthodologie destinée à établir un état des lieux de l'environnement d'un territoire, il s'applique à l'état de Michoacán, au Mexique. Un diagnostic environnemental est établi à partir d'une perspective intégratrice ou holistique. L'analyse spatiale est réalisée depuis une approche géo-écologique à partir des principes théorico-méthodologiques de la Géo-écologie du paysage, et s'appuie sur les unités de la typologie physico-géographique. Le diagnostic environnemental est établi à partir de l'intégration d'indicateurs et d'indices de dégradation biophysique, de modifications anthropogéniques, et de caractères socio-économiques et démographiques, calculés, classifiés et précisés avec l'emploi de système d'information géographique et de statistiques multivariées et de méthodes d'analyse hiérarchisée. 19,1% de la surface de l'état de Michoacán est catégorisée dans un état environnemental « critique » et « instable à critique » et 40% est occupée par des paysages en état environnemental « instable », indiquant ainsi une situation environnementale préoccupante. Le diagnostic intégré de la situation environnementale sert d'instrument de planification dans le cadre de programmes d'aménagement écologique ou pour toute action tournée vers un usage durable ou la conservation, la protection et la préservation de l'environnement du territoire.

Mots-clés: Diagnostic environnemental; géosystèmes; indicateurs environnementaux; état de l'environnement

1. Introducción.

Establecer un diagnóstico ambiental es una forma de evaluación del medio ambiente de un territorio y sus resultados pueden ser aplicados en temas de ordenamiento y planificación del paisaje. El diagnóstico o evaluación ambiental se puede realizar desde distintos enfoques, con diferentes metodologías y a partir de diferentes unidades espaciales.

Entre los enfoques utilizados para realizar diagnósticos ambientales, están los relacionados con la Ecología del Paisaje y la Geoecología. Según Bastian (2001) existen dos puntos de vista diferentes en relación a la Ecología del Paisaje, un enfoque más biológico desarrollado en Norteamérica y en algunas escuelas de Ecología del Paisaje en Europa (ej. Forman y Godron, 1986; Naveh y Lieberman, 1984; Naveh, 2000, 2001, en sus inicios) y un enfoque más geográfico, que es el que adopta este trabajo, desarrollado en Europa Central y Europa del Este (ej. Neef, 1967, 1984; Hasse, 1990, 2002; Richling, 1983, 1994; Preobrazhenskiy, 1983; Zonneveld, 1989; Rougiere y Beroutchachvili, 1991, Moss, 2001, en sus inicios), y también en Latinoamérica (Mateo, 1984; Salinas, 2001, entre otros). Según Bastian (2001), en los años subsiguientes, con el desarrollo de investigaciones aplicadas en ambas direcciones, en particular en la planeación del uso de suelo y en la planeación del paisaje, se consideró, por ambas, incluir el factor antropogénico como parte de estos enfoques.

A partir de los años 90, bien con énfasis en investigación básica o con énfasis en investigación aplicada, son muy variadas las propuesta metodológicas derivadas de estas primeras escuelas, aunque algunos confunden estas ciencias con sus procedimientos o herramientas. En el presente siglo, destacan publicaciones en diversas escuelas, como ejemplos, en Latinoamérica, Mateo et al., 2004; Mateo y Da Silva, 2007; Salinas, 2009, en Europa; Jiménez y Moreno, 2006; Bastian et al., 2006; Antrop, 2000, 2006; Frolova, 2006; Dobroliubov et al., 2006; Bertrand, C y Bertrand, G, 2006; Dyakonov, 2007; Kolejka y Lipský, 2008; Cullotta y Barbera, 2011; Jorgensen, 2015; Gailing y Leibenath, 2015; Stenseke 2016; Olwig et al., 2016; Primdahl y Kristensen, 2016, entre muchos, los cuales aplican diferentes metodologías y utilizan diferentes unidades espaciales en las evaluaciones ambientales relacionadas con la planeación del paisaje.

La investigación, parte de que la Geoecología del paisaje es una ciencia geográfica que estudia los paisajes físico-geográficos, o naturales (geosistemas), natural-antropogénico (geotecsistemas) y antropogénicos (geoeosistemas), al nivel global, regional y local, en calidad de medio de vida del hombre por una parte y el medio de la actividad socio- económica por otra, para establecer los principios teóricos, las normas de gestión medioambiental, el desarrollo sostenible de la sociedad y la optimización de su utilización (Andreiev, 2012). En esta ciencia, el paisaje se concibe como una categoría científica general de carácter transdisciplinario, definida como un sistema espacio-temporal complejo, que se origina y evoluciona en la interfase naturaleza-sociedad, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socio-culturales (Bollo, 2017)

Una metodología para establecer un diagnóstico ambiental, es el cálculo del estado del medio ambiente (EMA), tomando como base de la diferenciación del territorio a las unidades de paisajes físico-geográficos. El estado ambiental de un paisaje se refiere al nivel de conservación de su potencial tanto de recursos naturales, como ambientales, necesarios en la actividad productiva y el desarrollo satisfactorio de las necesidades humanas. Conocer el estado del medio ambiente de un territorio, implica conocer el tipo y grado del efecto antropogénico sobre sus sistemas ambientales, es decir, sus efectos en el sistema natural y las consecuencias socio-económicas que experimenta la población que les habita (Mateo, 2011). Por tanto, es una forma de diagnóstico ambiental integrado de un territorio.

En México existen diversos problemas ambientales resultado de la fuerte presión que el hombre ha ejercido sobre los espacios geográficos y sus recursos naturales a lo largo de la historia, «impidiendo el aprovechamiento de los bienes y servicios ambientales que ofrecen los geosistemas» (Bocco et al., 2010:13). Los problemas ambientales se entienden como la combinación de acciones que inciden en los procesos que desarticulan la estructura y el funcionamiento de los geosistemas naturales, dificultando el cumplimiento de las funciones socio-económicas, y las deficiencias generales de sustentabilidad en los grupos sociales (Mateo, 2011). Bajo este contexto, se hace importante realizar evaluaciones de la situación ambiental a diversas escalas, bajo un enfoque integrador u holístico que muestre un diagnóstico de las diferentes condiciones, afectaciones y procesos que se desarrollan en un espacio geográfico. El análisis espacial se aborda en esta investigación desde el enfoque geoecológico, a partir de los fundamentos teórico-metodológicos de la Geoecología del Paisaje, el cual toma como base a las unidades de paisajes físico-geográficos, es decir, el resultado de la clasificación, delimitación y caracterización de unidades que muestran la diferenciación espacial del territorio.

El objetivo ha sido determinar, el EMA del paisaje michoacano para el año 2010, tomando como unidad de análisis las localidades físico-geográficas del territorio (geotecsistemas). Estas unidades fueron evaluadas a partir de un conjunto de indicadores e índices de degradación biofísica, de modificación antropogénica y de carácter socio-económico y demográfico. Los indicadores fueron calculados, categorizados y espacializados con la aplicación de sistemas de información geográfica y el apoyo de técnicas estadísticas (métodos matriciales, estadística multivariada, ponderaciones y procesos de análisis jerárquico (AHP)). Los resultados obtenidos, constituyen un diagnóstico integrado de la situación ambiental del estado de Michoacán, México, los cuales son útiles como instrumentos de planeación ambiental en programas de ordenamiento ecológico o para cualquier tipo de acción que esté encaminada en el uso sostenible y en la conservación, protección y preservación del medio ambiente del territorio. El uso de indicadores ambientales para realizar diagnósticos ambientales o al estudiar la degradación ambiental de un territorio ha sido también estudiado desde diferentes enfoques (O'Neill et al., 1988; Jongman, et al., 2006; Chuman y Romportl, 2010; Franca y Dalla Villa ,2011; Albuquerque, et al., Fernández y Jianguo, 2016; entre otros)

Los trabajos precedentes a este, con un enfoque geoecológico, surgen en 1996, cuando un comité especial de la International Geographical Union (UGI) comenzó un proyecto basado en la creación de un mapa mundial sobre el estado del medio ambiente (Glazovsky et al., 1998). Con ello, se pretendía dar respuesta a la falta de un informe internacional, normas y metodologías relacionados con tareas de evaluación ambiental. Para 1997 un equipo inicial de trabajo se reunió en Moscú para elaborar un documento en el cual se plantearía el enfoque y metodología de dicho proyecto, no pudo ser concluido por el fallecimiento de su coordinador.

Mateo y Martínez (1999), aplicaron una metodología de evaluación del EMA, basada en el enfoque geoecológico, determinaron el estado y la situación medio ambiental de Cuba, a partir de la regionalización físico geográfica del país. En 2005, Priego et al., (2005) determina cinco grados de modificación geoecológica en la cuenca Lerma-Chapala, a partir de la tipología de sus paisajes físico-geográficos, aplicó índices de modificación geoecológica que dan información sobre el estado de la cobertura vegetal; el deterioro del recurso agua y la degradación de los suelos. Durante el 2008 se realizó, a escala pequeña, la evaluación del estado del medio ambiente (EMA) del territorio mexicano, tarea contemplada en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). Dicho estudio se basó en el enfoque geoecológico, y arrojó como resultado que el 47% del país está en un estado ambiental entre inestable y crítico a muy crítico (Bollo et al., 2014). Los autores utilizaron para el análisis espacial del territorio mexicano, 145 unidades ambientales biofísicas (UAB), de las cuales nueve comprenden el estado de Michoacán, y en las que, como resultado, predominan los paisajes con estado ambiental inestable e inestable a crítico, con una UAB en estado crítico a muy crítico. Estos resultados muestran, que a escala general, el estado del medio ambiente en Michoacán presenta una situación preocupante respecto a los problemas ambientales que afectan su territorio, de ahí la necesidad de profundizar en este tema aplicando metodologías de análisis espacial en sistemas complejos a escalas más detalladas.

El paisaje se puede considerar como: «un sistema que contiene y reproduce servicios y recursos naturales; un medio de vida de la actividad humana; fuente de percepciones estéticas y de valores éticos y culturales; un fondo genético; un laboratorio» (Mateo, 2002: 38). En la presente investigación, el paisaje físico - geográfico, es un espacio de la realidad objetiva, no un sujeto de la percepción. El paisaje se utiliza entonces, como un sistema antroponatural formado por el conjunto de elementos naturales (suelo, agua, aire, clima, vegetación, etc.) y antropogénicos (actividades

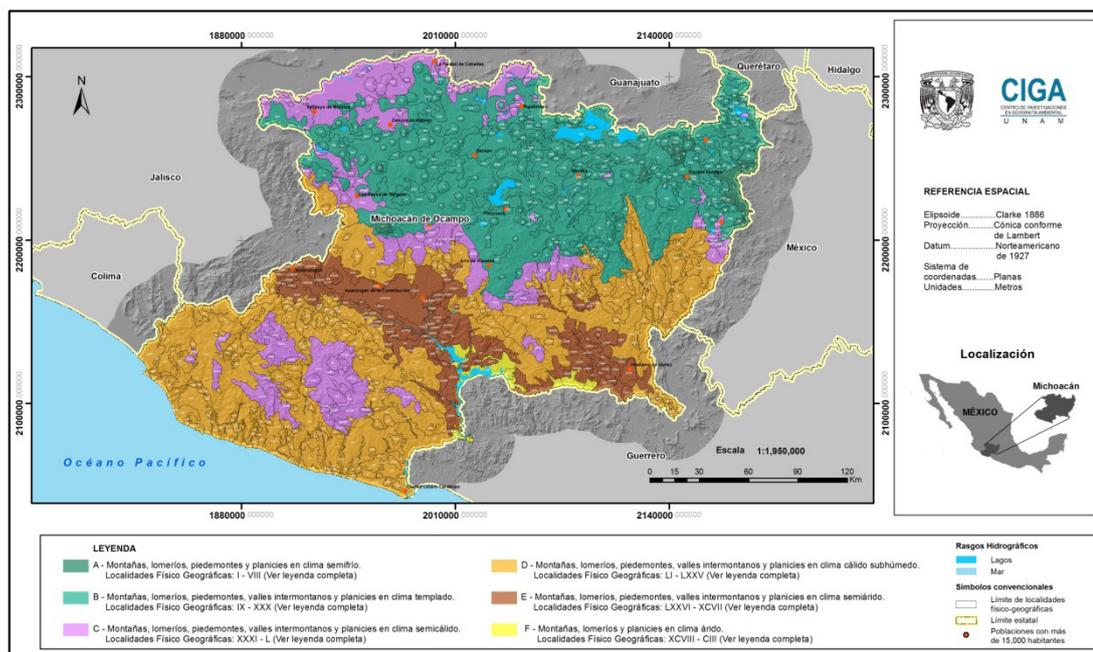
productivas, económicas y sociales) que se encuentran en un espacio geográfico delimitado, en constante interacción, lo cual determina su estructura, funcionamiento y organización como sistemas complejos (ambientales) (Mateo, 2002)

2. Metodología

Como base espacial de la investigación se utilizó el «Mapa tipológico de los paisajes físico-geográficos de Michoacán, escala 1:250000» (Ramírez et al., 2012), el cual presenta en su clasificación cinco niveles taxonómicos; de los cuales se tomó como unidad taxonómica de análisis a la localidad físico-geográfica, diferenciada en el territorio en 103 unidades con un total de 799 polígonos. La localidad físico-geográfica se identifica como un espacio que se delimita por un complejo de mesoformas del relieve de similar origen y fundamento geológico y un tipo dado de clima, lo cual resulta en determinada asociación de grupos de suelos y de tipos de vegetación, con diferentes usos asignados por el hombre.

Una vez obtenido el mapa de las localidades físico-geográficas, se rectificaron los límites de las mismas a partir del modelo digital de elevación (continuo de elevación mexicano CEM 2.0) y 5 imágenes satelitales Landsat 5 del año 2013 conformadas en un mosaico; se actualizó la cobertura y uso de suelos (INEGI 2013, Serie V) y se estableció una nueva leyenda para este nivel taxonómico. Así quedó constituido el «Mapa de las localidades físico-geográficas de Michoacán», base para el diagnóstico ambiental (Mapa 1)

Mapa 1.-Mapa de las localidades físico -geográficas de Michoacán



Fuente: elaboración propia

Las fuentes de información estadística de los índices e indicadores estudiados fueron el Censo de Población y Vivienda 2010 (INEGI, 2011), el II Conteo de Población y Vivienda 2005 (INEGI, 2006), y las estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010 (CONEVAL, 2010). Otras fuentes de información en el cálculo de indicadores como carreteras,

canales, vías férreas, líneas eléctricas, presas, zonas urbanas, etc., fueron el formato SHP de la carta topográfica 1:250,000 de Michoacán (INEGI, 2004) pero se hizo necesaria su actualización por medio del servicio de mapas web, bing maps roads (<https://www.bing.com>), que ofrece datos de vías de comunicación e imágenes aéreas y de satélite actualizadas al 2013.

A partir de esta información se definieron cinco indicadores, cinco índices y dos tasas (conformados por 28 variables), reunidos en tres grupos: biofísicos y de modificación antropogénica, socio-demográficos y económicos; son indicadores e índices de estado, los cuales permitieron realizar un análisis de las consecuencias de las modificaciones de los sistemas ambientales que integran el territorio y el nivel de su degradación. Todos los indicadores, índices y tasas se calculan para cada polígono del mapa de paisajes y se clasifican en cinco rangos o categorías con el uso del SIG (ArcGis 10.0) por medio del método de clasificación natural breaks y se edita un mapa resultado para cada indicador. Los indicadores se reúnen en tres grupos

Grupo I. Indicadores e índices biofísicos y de modificación antropogénica. Este conjunto de indicadores reflejan las características del subsistema físico y permiten conocer (Palacio, et al., 2004) las características naturales del territorio, las potencialidades y aptitudes de uso del territorio, comprender las formas de utilización del mismo y de sus recursos naturales, conocer la fragilidad o vulnerabilidad del paisaje por las diferentes actividades humanas, incluyendo la degradación y amenazas que actúan sobre el mismo, conocer el estado y calidad de sus recursos.

El Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal (IACV), propuesto por Shishenko (1988), expresa la intensidad de la modificación del paisaje según el tipo de cobertura y uso de suelos e un momento dado

$$IACV = \frac{\sum_{i=1}^n ri * Aij}{ATj}$$

IACV = Índice de antropización de la cobertura vegetal, r_i = Valor de ponderación según el tipo i de utilización o cobertura de suelo en el paisaje. A_{ij} = Área dedicada al tipo de utilización o cobertura i en el paisaje j . AT_j = Área total del paisaje j .

El Índice de Antropización por Elementos Antrópicos al Paisaje (IAEA), propuesto por Bollo y Espinoza (Espinoza et al., 2013); se calcula a partir de variables que expresan la intensidad o grado con el cual se introducen diferentes elementos antropogénicos al paisaje, expresa la presión de los elementos antropogénicos sobre el paisaje:

Densidad de carreteras: longitud de carreteras (km) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la construcción de vías de transporte automotor. - Densidad de canales: longitud de canales (km) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la construcción de obras hidrotécnicas. - Densidad de vías férreas: longitud de vías férreas (km) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la construcción de vías de transporte ferroviario. - Densidad de líneas de transmisión eléctrica: longitud de líneas eléctricas (km) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la construcción de líneas de transmisión eléctrica. - Densidad de población: Población total por localidad físico-geográfica / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la concentración de la población. - Densidad de zonas urbanas: superficie de zonas urbanas (km²) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la expansión de la man-

cha urbana. - Densidad de presas: superficie del embalse (km²) / superficie de localidad físico-geográfica (km²). Expresa el grado de modificación por la construcción de obras hidrotécnicas.

Para determinar el indicador, a cada rango o categoría obtenidas se le asigna un valor de ponderación entre 1 y 5 en donde los valores más bajos de cada densidad representan menor grado de antropización y viceversa, se suman los valores de cada densidad en cada unidad de paisajes y con los valores obtenidos se realiza una nueva recategorización en cinco rangos, la cual se representa cartográficamente

El Índice del grado de naturalidad de los paisajes es resultado de la suma total de las superficies de vegetación primaria que presenta cada polígono de las unidades del paisaje, expresada en % de superficie del polígono, se agrupan en 5 categorías o rangos.

La Degradación de Suelo se establece según el tipo y grado en cada polígono de paisaje, a partir del «Mapa de Degradación del Suelo en la República Mexicana» (SEMARNAT, 2012) se obtiene para cada polígono de paisaje por el cruce con el «Mapa de las localidades físico-geográficas de Michoacán», se expresa en cinco categorías.

Grupo II- Indicadores e índices socio-demográficos. Con los indicadores seleccionados en este grupo, se pretende conocer la aptitud de la población como fuerza de trabajo para el desarrollo de actividades económicas, así como, las carencias sociales de la población, que se asocian al concepto de calidad de vida (Palacio, et al., 2004). Se toman en cuenta los siguientes ámbitos de la estructura social del territorio: Acceso a la educación, Acceso a los servicios de salud, Acceso a los servicios básicos de la vivienda y Calidad y espacios de la vivienda.

El grado de urbanización de los paisajes indica qué proporción de la población total vive en ciudades, es el peso relativo de la población urbana con relación a la población total. Permite describir las condiciones de vida de una población. Se calcula para cada polígono de paisaje. (Población urbana localidades de más de 2500 habitantes). Los resultados se clasifican en cinco rangos.

El Índice de rezago social establece las carencias sociales que adolece la población, es una medida que agrega en un solo índice variables de educación, acceso a servicios de salud, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y activos en el hogar (CONEVAL, 2010). Se calcula por polígono de paisaje, y se establecen cinco categorías.

El Índice de rezago educativo muestra el nivel de preparación de la población en edad productiva, ya que mide la proporción de población de 15 años y más sin instrucción básica completa (Palacios et al., 2004). Refleja la limitación del desarrollo personal, familiar y social de la población en cada polígono de paisaje. Se clasifica en 5 rangos

La Densidad de población es la relación entre el número de habitantes por unidad de superficie de cada polígono de paisaje; permite evaluar el grado de ocupación del espacio geográfico, se puede entender como la presión que el hombre ejerce sobre los recursos naturales (Palacios et al., 2004). Se clasifica en 5 rangos.

Grupo III - Indicadores e índices económicos. El objetivo de este conjunto de indicadores es identificar y describir los elementos, características y procesos del subsistema económico, es decir, se pretende detectar a nivel de unidad o polígono de paisaje la situación laboral y el desarrollo económico.

La tasa de dependencia económica expresa la relación entre la población económicamente activa ocupada y aquella que no cuenta con empleo, por polígono de paisaje. Expresa el número de habitantes que económicamente dependerían de cada 100 trabajadores, es decir, mide el grado de dependencia o carga que, en promedio, tiene que soportar cada persona que dispone de un empleo. Los valores bajos son deseables, ya que, se asume que mientras mayor es el grado de dependencia o carga económica, menor es el nivel de desarrollo socioeconómico porque hay mayor proporción de personas que no cuentan con un salario. Se clasifica en 5 rangos.

La proporción de la población inmigrante reciente se refiere a la población de 5 años y más residente en otra entidad (fuera de Michoacán) en junio de 2005, es decir, el número de personas que en el momento de levantamiento del censo residían en fuera del territorio o en otra parte de él, diferente a la de su nacimiento. Según Palacio (2004) permite conocer el lugar de origen, la capacidad de atracción que tiene un paisaje sobre otro, la temporalidad del arribo de los inmigrantes a un territorio determinado y facilita el análisis de los flujos migratorios. Pretende observar la capacidad de atracción de población que tienen ciertas localidades fisco-geográficas. Se clasifica en 5 rangos.

La Tasa bruta de actividad económica (TABE) indica la importancia de la población trabajadora dentro del marco económico de cada paisaje. Se asume que mientras mayor es la tasa calculada de actividad económica, mayor es el nivel de desarrollo socioeconómico de un territorio. Se clasifica en 5 rangos.

El Índice de suficiencia vial muestra la capacidad que tiene la red vial de cada territorio para garantizar los servicios de transporte, considerando su población y superficie; así mismo, permite analizar el impacto social, económico y ambiental generado por las relaciones socioeconómicas (flujos de pasajeros y mercancías) con territorios vecinos. Los valores bajos del índice representan menor capacidad de la infraestructura vial para solventar la circulación de bienes y servicios, los valores altos indican lo contrario (Palacio et al., 2004). Se clasifica en 5 rangos.

Síntesis y ponderación de Indicadores. Análisis estadístico.

La depuración de los indicadores e índices se realizó básicamente en el análisis de su información cartográfica; al notar que varios de ellos no aportaban información relevante y que no existía relación espacial o algún patrón que ayudara a determinar el estado ambiental del paisaje, se decidió excluirlos del proceso de evaluación, disminuyendo a seis los indicadores e índices (conformados por 25 variables) a evaluar (IACV, IAEA, degradación de suelos, rezago educativo, rezago social y TABE). De tal manera se reducen a dos grupos, sistema antroponatural y sistema socio-económico.

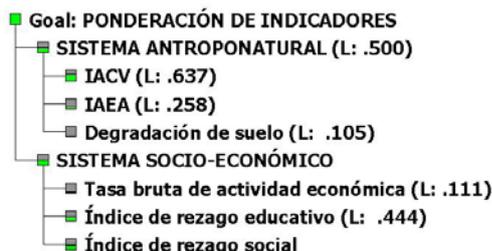
Para determinar la relevancia (ponderación) de los indicadores se decidió aplicar un método de evaluación y decisión multicriterio (Proceso Analítico Jerárquico), el cual permite hallar soluciones posibles a un problema que puede ser evaluado de forma objetiva o subjetiva por las preferencias de un agente decisor, en función de los criterios (atributos cuantitativos o cualitativos) a evaluar (Toskano, 2005).

El método permite resolver un problema multicriterio planteado, bajo un proceso de toma de decisiones, donde los actores involucrados evalúan sus preferencias sobre los atributos (cualitativos o cuantitativos) que permiten alcanzar un objetivo. «Se apoya en un método de base matemática que facilita la estructuración de un problema y la construcción de su modelo jerárquico; divi-

diendo una decisión compleja en un conjunto de decisiones simples, facilitando su comprensión y solución» (Arquero *et al.* 2009:101). La aplicación del AHP se desarrolló con el software Expert Choice 11.0v.

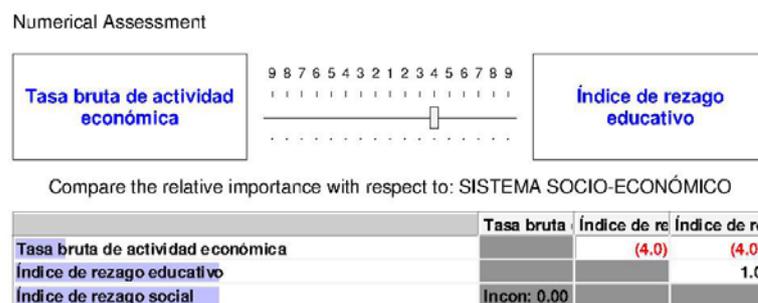
Los pasos dados en la aplicación fueron la generación de la estructura del modelo jerárquico del problema en cuestión (Gráfico1), es decir, se organiza la información en objetivo principal y los criterios, que en este caso son los indicadores, mismos que ayudaran en la solución del problema.

Gráfico 1 .- Modelo jerárquico de la ponderación de indicadores.



La comparación pareada se realiza entre los dos grupos de indicadores y entre los indicadores que componen cada uno de los grupos; en esta etapa del análisis se asignan valores numéricos a las preferencias o juicios dados por los expertos, de esta manera se puede medir la contribución de cada elemento en la obtención del objetivo o meta principal (Gráfico 2). De forma simultánea a las comparaciones pareadas se realizó un análisis comparativo entre los mapas de cada indicador y las relaciones; bajo el análisis visual y estadístico de dichos mapas se establecieron los valores de preferencia sobre cada atributo (indicadores). Fue determinante en esta etapa del proceso de análisis jerárquico el conocimiento previo y la experiencia adquirida en trabajos relacionados a la evaluación del estado del paisaje por parte del experto.

Gráfico 2 . Ejemplo de comparaciones pareadas entre indicadores.



Los valores de juicio dados durante las comparaciones pareadas, se basan en escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, tomando como base la escala numérica propuesta por Saaty que va desde 1 hasta 9 (Toskano, 2005).

Una vez elaboradas las comparaciones pareadas se calcula la prioridad que adquiere cada elemento (indicador) en términos de la meta global, que en este caso es la ponderación de los indicadores. Este paso se conoce como la síntesis de los juicios (ver Gráfico 3), obteniendo como resultado la prioridad de cada atributo expresado en porcentaje, es decir, se obtiene la importancia o peso que adquieren los indicadores considerados en la evaluación del estado ambiental del paisaje.

Gráfico 3 .- Ponderación de indicadores del sistema antroponatural y socioeconómico

*Grados de intensidad por indicador y valores asignados*

Los indicadores fueron previamente clasificados en cinco grados de intensidad (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) y a cada uno se le asignó un valor entre uno y cinco. Debido a que ciertos indicadores representan un impacto positivo y otros un impacto negativo, es necesario homogeneizar los valores por grado de intensidad, por lo tanto, se decidió asignar los valores como se describe a continuación. Los indicadores: IACV, IAEA, degradación de suelo, rezago educativo y rezago social expresan en grados de intensidad altos, significan un impacto negativo al medio ambiente, por lo que sus valores quedaron distribuidos, Muy alto 5, Alto 4, Medio 3, Bajo 2, Muy bajo 1; en el indicador Tasa bruta de actividad económica, los grados de intensidad altos representan un impacto positivo, y los valores bajos un impacto negativo, por lo tanto, sus valores por grado de intensidad se valoran a la inversa: Muy alto 1, Alto 2, Medio 3, Bajo 4, Muy bajo 5. (Cuadro 1). Una vez que se obtuvieron los valores numéricos se pasa al cálculo del índice sumario que permitirá establecer los estados del EMA,

Calculo del Estado del Medio Ambiente (EMA)

El cálculo del índice sintético que define al EMA, se realizó utilizando matrices de doble entrada en las cuales se incorporan las unidades del paisaje (filas) y el resultado de multiplicar los valores ponderados por indicador, (Gráfico 3) por el valor calculado para cada índice; el resultado es multiplicado por 10 para trabajar con valores no decimales. Los resultados de la multiplicación se ubican en las columnas en cada paisaje y se suman en el sentido horizontal (Σ puntos, Cuadro 2), lo que permite obtener el índice sumario. A partir de los valores obtenidos resultado de la sumatoria, con el valor del índice sumario se establecen 5 rangos o categorías que representan las categorías del estado ambiental del paisaje michoacano (Cuadro 2, columna Estado Ambiental). Para determinar los rangos del estado ambiental se calculó la media de los valores sumados, a partir de la media se estimó la diferencia entre esta y el valor máximo y se dividió entre tres niveles: inestable (22.67 – 28.70), inestable a crítico (28.71 – 34.75) y crítico (34.76 – 40.80); así mismo, la diferencia entre la media y el valor mínimo se dividió entre dos, originando el nivel estable a inestable (14.94 – 22.66) y estable (7.2 – 14.93)

Cuadro 1. Matriz de Grado o categoría de los indicadores biofísicos, de modificación antropogénica, socioeconómico y demográficos, en 799 polígonos repartidos en 103 localidades físico geográficas (fragmento de matriz) (MB: Muy bajo, B: Bajo, M: Medio, A: Alto, MA: Muy Alto)

LFG	NP	IAEA	IACV	DS	RS	RE	TBAE
LXXXV	1	MB(1)	M(3)	M(3)	M(3)	M(3)	M(3)
LXXXV	2	MB(1)	M(3)	M(3)	M(3)	M(3)	M(3)
IV	3	MB(1)	M(3)	B (2)	s/p	s/p	MB(5)

LFG	NP	IAEA	IACV	DS	RS	RE	TBAE
IV	4	MB(1)	M(3)	B (2)	s/p	s/p	MB(5)
XLIX	5	M (3)	MA(5)	M (3)	s/p	s/p	MB(5)
LXXX	6	MB(1)	B (2)	M(3)	B (2)	M(3)	A (2)
LXXX	7	MB(1)	B (2)	M(3)	M(3)	A (4)	A (2)
LXXXI	8	MB(1)	B (2)	Sin (0)	s/p	s/p	MB(5)
LXXXII	9	MB(1)	B (2)	M(3)	M(3)	s/p	MA (1)
LXXXII	10	B (2)	M(3)	M(3)	B (2)	A (4)	M(3)
LXXXII	11	MB(1)	B (2)	M(3)	s/p	s/p	MB(5)
LXXXII	12	MB(1)	B (2)	M(3)	s/p	s/p	MB(5)
Hasta							
LII	799	MB(1)	B (2)	M(3)	M(3)	A (4)	B (4)

Fuente: elaboración propia

LFG: localidades físico-geográficas; NP: número de polígono; IAEA: índice de antropización por elementos antrópicos al paisaje; IACV: índice de antropización de la cobertura vegetal; DS: degradación de suelo; RS: índice de rezago social; RE: índice de rezago educativo; TBAE: tasa bruta de actividad económica. s/p = sin población, (valor) intensidad asignada a las categorías según impacto positivo o negativo

3. Resultados

Descripción general de los componentes naturales y paisajes de Michoacán

Por su extensión, en Michoacán predominan los climas cálidos subhúmedos con el 35% del área total del estado; templado típico subhúmedo con el 26 % y el clima templado semicálido subhúmedo con el 15%. El relieve michoacano está constituido en su mayoría por montañas de origen volcánico y tectónico, las cuales cubren el 47% de su territorio; en un 24% de la superficie encontramos lomeríos de origen volcánico, y compartiendo el mismo porcentaje de área, se encuentran las planicies y llanuras de origen volcánico, marino-eólicas y fluviales. Michoacán mantiene el 23% de su territorio con vegetación primaria, el 35% presenta vegetación secundaria, mientras que, la agricultura, el pastizal y la zona urbanizada cubren en conjunto el 42% del territorio, ello indica que existe una modificación importante de la cobertura vegetal original por las actividades socioeconómicas asignadas al paisaje.

Cuadro 2. Índice sumario y Estado ambiental de Michoacán. Matriz de Ponderación de los indicadores biofísicos, de modificación antropogénica y socioeconómicos y en 799 polígonos repartidos en 103 localidades físico-geográficas (fragmento de matriz).

LFG	NP	IAEA	IACV	DS	RS	RE	TBAE	∑ puntos	Estado Ambiental
LXXXV	1	1.06	7.86	1.29	7.86	7.86	1.95	27.88	inestable
LXXXV	2	1.06	7.86	1.29	7.86	7.86	1.95	27.88	inestable
IV	3	1.06	7.86	0.86	0	0	3.25	13.03	estable
IV	4	1.06	7.86	0.86	0	0	3.25	13.03	estable
XLIX	5	3.18	13.1	1.29	0	0	3.25	20.82	estable a inestable
LXXX	6	1.06	5.24	1.29	5.24	7.86	1.3	21.99	estable a inestable

LFG	NP	IAEA	IACV	DS	RS	RE	TBAE	Σ puntos	Estado Ambiental
LXXX	7	1.06	5.24	1.29	7.86	10.48	1.3	27.23	inestable
LXXXI	8	1.06	5.24	0	0	0	3.25	9.55	estable
LXXXII	9	1.06	5.24	1.29	7.86	0	0.65	16.1	estable a inestable
LXXXII	10	2.12	7.86	1.29	5.24	10.48	1.95	28.94	inestable a crítico
LXXXII	11	1.1	5.24	1.29	0	0	3.25	10.88	estable
LXXXII	12	1.1	5.24	1.29	0	0	3.25	10.88	estable
Hasta									
LII	799	1.1	5.24	1.29	7.86	10.48	2.6	28.57	inestable

Fuente: elaboración propia

LFG: localidades físico-geográficas; NP: número de polígono; IAEA: índice de antropización por elementos antrópicos al paisaje; IACV: índice de antropización de la cobertura vegetal; DS: degradación de suelo; RS: índice de rezago social; RE: índice de rezago educativo; TBAE: tasa bruta de actividad económica; Σ puntos: sumatoria del puntaje dado a los indicadores, índice sumario

De las 103 unidades del paisaje, 10 localidades tienen una superficie de 31311 km² para el 54% de la superficie total del territorio michoacano, es decir, solo el 9.7% de las 103 localidades cubren la mitad del área total del estado. Otras 7 localidades, ocupan aproximadamente 10184 km², para un 17% del territorio, es decir que 17 localidades ocupan el 70% del territorio, de ellas, son localidades de montaña un total de 246 polígonos que cubren una superficie de 22975 km² para el 39% de la superficie total de Michoacán; las localidades de planicies suman un total de 61 con un área de 7280 km², para el 12% del área total del territorio, las localidades de lomeríos con un total de 55, ocupan una superficie de 9631 km², para el 16.5% del área total de la entidad, y 8 localidades de piedemonte poseen una superficie de 1610 km², para el 3% del área total del territorio michoacano. (Mapa 1)

Índices e Indicadores utilizados para la Evaluación del Estado del Medio Ambiente.

El 96% del área de Michoacán, (Cuadro 3), está sometido a diferentes niveles de degradación de los suelos (DS), predominan los territorios con degradación media en un 76% del estado; con degradación de suelo baja y muy baja cubren en conjunto el 20% de la superficie.

Cuadro 3.- Superficie por grado de degradación de suelo en Michoacán.

Categoría de Degradación de Suelo	Área (km ²)	Área (%)	Categoría de Degradación de Suelo	Área (km ²)	Área (%)
Sin degradación	2261	3.87	Media	44237	75.80
Muy baja	7572	12.97	Alta y muy Alta	213	0.36
Baja	4074	6.9	Área total	58359	100

Fuente: elaboración propia

Respecto al grado de alteración que presenta la cubierta vegetal por los distintos usos de suelo), los resultados arrojan que un 45% del área de estudio presenta valores bajos y muy bajos del IACV; una cuarta parte del territorio presenta valores medios, y el 28.5% de su área manifiesta altos y muy altos grados de alteración en la cobertura original (ver Cuadro 4).

Los valores obtenidos en la modificación del paisaje por la densidad de introducción de elementos antropogénicos introducidos en cada localidad físico-geográfica, expresada por el IAEA, muestra que en más del 60% de la superficie de Michoacán no existe o es muy baja la presencia y alteración por causa de estos elementos, es decir, la densidad de carreteras, vías férreas, canales, presas, zonas urbanas etc., parece no impactar de forma importante en la situación ambiental del paisaje a nivel regional; solo un cinco por ciento de su área presenta valores altos a muy altos de IAEA (ver Cuadro 5)

El rezago social (RS) parece manifestarse de dos formas en el área de estudio, por un lado, más de la mitad de su territorio (56%) presenta bajo y muy bajo rezago social, por otro lado, el 37% de su área presenta rezago social con grados medios a muy altos, el 7 % restante de la superficie no cuenta con datos de dicho índice, esencialmente por no estar habitadas (ver Cuadro 6). Ello señala lo que ya se ha expresado del territorio de Michoacán, donde es característico la existencia de marcadas diferencias sociales. Esta situación, al combinarse con otros elementos negativos puede influir de manera importante en un estado ambiental desfavorable del territorio.

Cuadro 4. Superficies por grado de intensidad del IACV en Michoacán

Grado del IACV	Área (km ²)	Área (%)
Muy baja	10578.13	18.13
Baja	16314.07	27.95
Media	14831.14	25.41
Alta	7291.23	12.49
Muy alta	9344.64	16.01
Total	58359	100

Fuente: elaboración propia

Cuadro 5. Superficie por grado de intensidad del IAEA en Michoacán.

Grado del IAEA	Área (km ²)	Área (%)
Muy baja	38558.44	66.07
Baja	10290.75	17.63
Media	6338.94	10.86
Alta	2608.22	4.47
Muy alta	562.88	0.96
Total	58359	100

Fuente: elaboración propia

El rezago educativo (RE) muestra un comportamiento contrario al del rezago social (RS) en Michoacán, es decir, los grados bajos y muy bajos del nivel de preparación de la población en edad productiva, cubren el 37% de su territorio y el 56% tiene grados de medios a muy altos, el 7% restante de la superficie no cuenta con datos de tal indicador (ver Cuadro 7). Esto puede mostrar que en parte de la entidad no existe mano de obra con alto nivel de escolaridad suficiente para el desempeño de actividades productivas que requieren de preparación técnica, este déficit de

personal calificado contribuiría de forma negativa en el nivel de vida de la población, ya que no puede incorporarse a trabajos mejor pagados, empeorando la situación ambiental del entorno donde habitan.

Cuadro 6.- Superficie por grado de rezago social en Michoacán.

Grado de Rezago Social	Área (km ²)	Área (%)	Grado de Rezago Social	Área (km ²)	Área (%)
Muy baja	9633.48	16.51	Alta	6803.03	11.66
Baja	23132.86	39.64	Muy alta	1704.70	2.92
Media	13066.07	22.39	Sin dato	4019.08	6.89

Los grados de la tasa bruta de actividad económica (TBAE), presenta una distribución muy equilibrada, ya que, los grados bajos y muy bajos cubren en conjunto el 35% del territorio michoacano, mismo porcentaje de área que suman los valores altos y muy altos, dejando los valores medios con un 23% de superficie (ver Cuadro 8). Todo ello indica que la población trabajadora tiene un impacto medio en el desarrollo económico de Michoacán, no hay una tendencia marcada que indique bajos o altos niveles de dicho desarrollo por los resultados obtenidos en este indicador. Ello también es índice de grandes diferencias económicas en el territorio y de una actividad económica alta por sobreexplotación de los recursos naturales

Cuadro 7.- Superficie por grado de tasa bruta de actividad económica

Grado de TBAE	Área (km ²)	Área (%)
Muy baja	4746.69	8.13
Baja	15697.45	26.90
Media	13396.326	22.95
Alta	14778.255	25.32
Muy alta	5721.436	9.80
Sin dato	4019.083	6.89

Fuente: elaboración propia Fuente: elaboración propia

Cuadro8.- Superficie por grado de rezago educativo.

Grado de Rezago Educativo	Área (km ²)	Área (%)
Muy baja	5299.59	9.08
Baja	16056.07	27.51
Media	19990.43	34.25
Alta	10955.86	18.77
Muy alta	1832.87	3.14
Sin dato	4224.40	7.24

Fuente: elaboración propia Fuente: elaboración propia

Estado Ambiental de Michoacán (EMA). Categorías del estado ambiental del paisaje.

La evaluación del estado o situación ambiental, en los 799 polígonos de las 103 localidades físico-geográficas, se realizó a partir de la valoración integral de dos índices de modificación antropogénica (IACV e IAEA), un indicador biofísico (degradación de suelo), y tres índices de carácter socioeconómico (Tasa bruta de actividad económica, índice de rezago social e índice de rezago educativo), tal y como se explicó en la metodología. Los resultados se generalizan en cinco categorías de estado ambiental, las cuales se nombran y describen a continuación:

Estable: esta categoría presenta valores desde muy bajos a bajos en los indicadores de modificación antropogénica (IACV e IAEA) y valores medios en degradación de suelo, es decir, las localidades físico-geográficas no han sido modificadas de forma importante en su componente natural por las funciones socioeconómicas asignadas; la degradación del suelo se manifiesta en mayor medida por erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, en menos del 30% de su territorio, y la degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica con el 15% de superficie. Los indicadores asociados a carencias sociales como el acceso a servicios de educación, salud y vivienda (rezago social), así como, el nivel de preparación de la población en edad productiva (rezago educativo) presentan valores en la categoría de muy bajos a bajos, lo cual indica, que la población mantiene un nivel y calidad de vida aceptable, sin embargo, los valores de la tasa bruta de actividad económica son también muy bajos.

Estable a Inestable: las unidades del paisaje que se encuentran bajo este estado o situación ambiental, se caracterizan por tener valores de muy bajos a medios en los indicadores IAEA e IACV, la degradación del suelo tiene un grado medio, ocurre como erosión hídrica con pérdida del suelo superficial y degradación química por declinación de la fertilidad, en conjunto afectan menos del 50% de su área. El rezago social tiene valores bajos, el rezago educativo muestra valores bajos a medios y la tasa bruta de actividad económica es alta a muy baja, ello sugiere que las funciones socioeconómicas asignadas en el paisaje contribuyen en un mejor nivel de vida de la población dependiente de este territorio.

Inestable: en esta categoría, los niveles de alteración en la cubierta vegetal (IACV) van desde bajos a muy altos con predominio de estos últimos, así mismo, presenta valores de IAEA desde muy bajos a bajos, pero alcanzan porcentajes de superficie urbanizada superiores al 2% como rasgo distintivo de esta categoría de estado ambiental. La degradación del suelo se mantiene en niveles medios, ocurre principalmente en forma de degradación química por declinación de la fertilidad y erosión hídrica con pérdida del suelo superficial abarcando valores cercanos o mayores al 50% de su territorio; es decir, el componente natural resulta modificado por las actividades económicas y la presencia de infraestructura. Presentan valores de rezago educativo medio; y rezago social bajo a medio con predominio de este último, con una tasa bruta de actividad económica alta.

Inestable a crítico: las localidades físico-geográficas bajo esta categoría del estado ambiental, presentan un aumento en la tendencia de degradación del componente natural; tienen valores muy altos a altos del IACV, es decir han sido muy modificadas por la actividad humana; los valores del IAEA van de muy bajos a medios con predominio de estos últimos y la superficie urbanizada está entre el 1 y 2% de la superficie total de su territorio. La degradación del suelo es media, se presenta como degradación química por declinación de la fertilidad y erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, cercanos o mayores al 50% del territorio. La alteración en la estructura y funcionamiento del componente natural de los geosistemas parece disminuir la calidad y nivel de vida de la población que depende de ellos en gran medida, ya que presentan niveles de rezago

social medios a altos, niveles de rezago educativo medios a muy altos y valores altos a medios de tasa bruta de actividad económica.

Crítico: en esta categoría se encuentran las unidades del paisaje con degradación evidente en el componente natural, presenta valores muy altos del IACV, los valores referentes al IAEA son bajos a medios pero con predominio de este último. La degradación del suelo se encuentra en categoría media, ocurre en forma de erosión hídrica con pérdida del suelo superficial y afecta más del 70% de su área. El índice de rezago social referente al acceso a servicios de educación, de salud y de vivienda presenta valores medios a muy altos; el rezago educativo tiene valores altos a muy altos, lo cual muestra la falta de capacitación de la población para insertarse en actividades económicas mejor remuneradas, situación que se ve reflejada en los valores medios a bajos de la tasa bruta de actividad económica.

Michoacán presenta el 6% de sus paisajes en categoría estable, es decir, se trata de geosistemas o paisajes con cierto grado de naturalidad, baja problemática social, pero baja actividad económica; se encuentra principalmente en localidades de montañas volcánicas, formadas por basaltos, brechas volcánicas básicas y tobas básicas en clima templado húmedo, pendientes fuertemente inclinadas (10°-30°), con vegetación de selvas y bosques de pino, encino y oyamel, agricultura de temporal y de riego, pastizal inducido, sobre suelos Andosoles y Phaeozem.

El estado ambiental estable a inestable, ocupa el 34% de la superficie de Michoacán; estos paisajes presentan sus coberturas naturales parcialmente degradadas aunque la problemática social aun no es grave y la actividad económica va en ascenso, pero de acuerdo a las tendencias de estos procesos de degradación podrán pasar a las categorías de inestables o mantener su condición, e incluso con una gestión adecuada mejorar su estado ambiental. Destacan por su extensión las localidades de lomeríos volcánicos, formados por brechas volcánicas básicas, basaltos y tobas básicas en clima templado subhúmedo, con pendientes medianamente inclinadas (5°-10°), con agricultura de temporal y de riego, pastizal inducido, selvas y bosques de pino y encino, de oyamel y bosque mesófilo de montaña, sobre suelos Andosoles y Vertisoles.

La categoría del estado ambiental que predomina en la entidad es el inestable con un 40% de su superficie, aunque se encuentra en localidades de montañas y lomeríos, se extiende en superficies importantes de planicies volcánicas (en ocasiones acolinadas), formadas por basaltos, brechas volcánicas básicas y tobas básicas en clima templado húmedo, con pendientes ligeramente inclinadas (3°-5°), con agricultura de temporal, de riego y humedad, pastizal inducido y halófilo, selvas y bosques de encino y pino, sobre suelos Vertisoles, Luvisoles y Andosoles, paisajes muy importantes en la actividad agropecuaria. En ellos han ocurrido importantes pérdidas de coberturas naturales, están perdiendo sus potenciales para la actividad económica, aunque la misma es alta, la alta urbanización mantiene niveles de rezago educativo y social medios; son paisajes que necesitan de una gestión ambiental adecuada y urgente, de regulación de las diferentes funciones asignadas, pues se encuentran en los límites de su capacidad de carga con relación a las actividades productivas y bajo cualquier presión pueden pasar a una categoría de peor estado ambiental. Esta situación es indicativa de que en estos paisajes se están deteriorando los recursos naturales, que producen riqueza momentánea con una situación económica aceptable, pero no de manera sustentable y que su estado ambiental puede empeorar de continuar el mal uso de los recursos, en particular de los suelos.

El estado ambiental inestable a crítico, ocupa el 17% del territorio michoacano, mientras que el estado crítico ocupa un 3%, lo que significa que el 20% del estado tiene problemas ambientales

preocupantes con relación a su situación ambiental. Estos paisajes presentan intensidades muy altas y altas de antropización de la cubierta vegetal, alta superficie urbanizada (entre el 1 y 2% de la superficie total de su superficie), manifiestan degradación de suelo en el 50 a 70% de su superficie y valores variables, desde medios a muy altos de rezago social y valores medios a muy altos de rezago educativo, la actividad económica decrece, con indicadores en descenso, son resultado de una sobre explotación de los recursos, tanto forestales como de los suelos, por lo que necesitan de una gestión urgente e intensa de mejoramiento, e incluso de restauración, en ellos se sobrepasa ya la capacidad de carga con relación a las funciones o usos asignados. Se identifican principalmente en paisajes de montañas tectónicas, formadas por complejo de rocas meta-volcánicas, complejo de rocas meta-sedimentarias y complejos metamórficos, en clima cálido subhúmedo, con pendientes fuertemente inclinadas (10°-30°), con selvas y bosques de pino y encino, pastizal inducido y agricultura de temporal, sobre suelos Luvisoles, Acrisoles y Leptosoles. Los paisajes en estado crítico presentan muy alta o total pérdida de las coberturas de vegetación, han sido deforestados, los suelos degradados esencialmente por erosión hídrica, la actividad económica tiende a desaparecer, hay abandono por la población en ocasiones o son poco poblados, han perdido sus capacidades para diferentes actividades productivas y necesitan una intensa gestión con medidas esencialmente de restauración debido a que estas actividades sobrepasaron su capacidad de carga. En el Cuadro 9 se presentan las superficies que ocupa cada categoría del EMA en el estado de Michoacán

Cuadro 9.- Superficies del estado ambiental en Michoacán (2014).

Estado ambiental	Área (km ²)	Área (%)	Estado ambiental	Área (km ²)	Área (%)
Estable	3684.76	6.31	Inestable a crítico	9581.85	16.42
Estable a inestable	19991.69	34.26	Crítico	1562.67	2.68
Inestable	23538.24	40.33	Total	58359	100

Fuente: elaboración propia

A partir de la evaluación del estado del medio ambiente en Michoacán (Cuadro 2) se elaboró el Mapa del Estado del Medio Ambiente del Estado de Michoacán (Mapa 2)

Del Mapa se puede observar la distribución de las diferentes categorías del estado ambiental, a grandes rasgos, los paisajes en estado crítico se distribuyen al sur de la entidad en la Sierra Madre del Sur, en territorios conocidos como Sierra Costa. Los paisajes en estado inestable a crítico se distribuyen también en esta parte del territorio, en el Escarpe Sur de la Meseta Purépecha y la Depresión del Tepalcatepec así como al sureste del Estado hacia Huetámo. Los paisajes en estado inestable ocupan el norte de la Sierra Madre del Sur, la Depresión del Balsas y la porción este del Estado. Los paisajes en estado estable-inestable ocupan esencialmente la Meseta Purépecha, Mil Cumbres y el Oeste de la Sierra Madre del Sur, mientras que los paisajes en estado estable están dispersos por todo el territorio michoacano.

4. Conclusiones

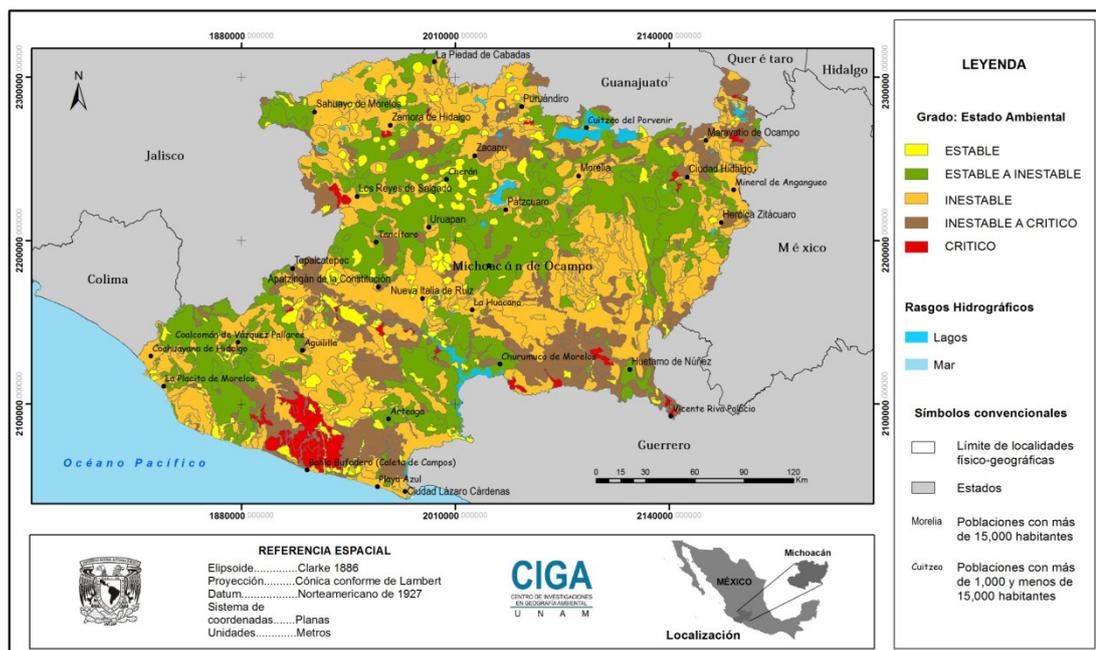
El Mapa de localidades de paisajes físico-geográficos de Michoacán contiene 103 localidades físico-geográficas representadas en 799 polígonos en el territorio del estado de Michoacán, las

cuales constituyeron las unidades para el análisis espacial que permitió la diferenciación de en categorías del EMA en el territorio.

El análisis integrado de indicadores de degradación del entorno natural, socio-demográficos y de modificación antropogénica, con el apoyo de métodos estadísticos del análisis espacial, permitieron establecer un índice sumario a partir del cual se realizó la clasificación de las unidades de paisajes físico geográficos en cinco grados o niveles del estado ambiental. La cartografía mostró la diferenciación de la situación ambiental del territorio

Michoacán tiene una situación ambiental preocupante. El 19.1% de su superficie se encuentra en estado crítico e inestable a crítico, ello significa 11144.53 km², de ellos 1562.68 en estado crítico. Los paisajes en estado crítico, en particular, necesitan de medidas de restauración en mayor o menor grado ya que en ellos el suelo y la vegetación han sido muy degradados, la población que les habita tiene problemas socio-económicos que necesitan solución urgente, hay tendencias al abandono de estos territorios por la población. Los paisajes en estado inestable a crítico, destacan por altos niveles de antropización, con concentración de la población, alta superficie urbanizada y fuertes diferencias socio-económicas de sus habitantes, presentan tendencia a un estado crítico por la sobre explotación de recursos naturales, en particular presentan degradación de suelos y vegetación.

Mapa 2.- Mapa del Estado del Medio Ambiente del Estado de Michoacán



El 40% de la superficie del Estado, 23538.24 km², está ocupada por paisajes en estado inestable, en ellos la degradación del componente natural es alta, pero las condiciones socio-económicas aún no se han deteriorado intensamente, se trata de paisajes en una situación de peligro ya que si la tendencia de los procesos ambientales en dichos territorios continua de manera negativa, podrían, en un periodo relativamente corto de tiempo, pasar a la condición de inestable a crítico, e incluso a un estado crítico, es necesario proteger el ambiente y políticas públicas que reviertan esta situación.

Los paisajes con estado estable a inestable cubren el 34.26% de la superficie de Michoacán, lo que representa una extensión de 19991.69 km²; la situación ambiental es menos preocupante, las modificaciones antropogénicas han provocado una alteración importante de las coberturas de vegetación, los suelos se encuentran menos degradados y la situación socio-económica permite cierta calidad de vida de la población. El 6.31% de los paisajes michoacanos se encuentran en la categoría ambiental de estables, ello representa una superficie de 3684.77 km²; se caracterizan por ser geosistemas con cierto grado de naturalidad y baja actividad económica, la población mantiene un nivel y calidad de vida aceptable.

Los resultados obtenidos sirven a los tomadores de decisiones, a los formadores de políticas y a los planificadores.

El enfoque geocológico muestra ser útil al integrar elementos naturales y sociales del paisaje, ya que se basa en una visión sistémica y holística de tales elementos; el diagnóstico ambiental integrado obtenido en la investigación, forma parte de las bases teóricas y metodológicas del planeamiento y la gestión ambiental del territorio estudiado.

5. Referencias bibliográficas.

- Albuquerque, Helsius y Souza, Edilson (2011). «Environmental diagnostic model to support the environmental municipality planning Case study of Inhambane municipality in Mozambique. Management of Environmental Quality: An International Journal. 22 (3), 358-373. DOI 10.1108/14777831111122923
- Andreiev, M.D (2012). *Geocología: una dirección integradora de la ciencia geográfica*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú Lomonosov (en ruso)
- Antrop, Marc (2000). «Background concepts for integrated landscape analysis». *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 17-28
- Antrop, Marc (2006). «From holistic landscape synthesis to transdisciplinary landscape management». En: Tress, B; Tress, G; Fry, G y Opdam, P (Eds.). *From landscape research to landscape planning: aspects of integration, education and application*. Springer, 27 -50
- Arquero, A; Álvarez, M. y Martínez, E (2009). «Decision management making by AHP (Analytical Hierarchy Process) through GIS data». *Latin America Transactions, IEEE* 7 (1), 101-106.
- Bastian, Olaf (2001). «Landscape Ecology – towards a unified discipline?». *Landscape Ecology*, 16, 757-766.
- Bastian, Olaf; Krönert, Rudolf y Lipsky, Zdenek (2006). «Landscape diagnosis on different space and time scales – a challenge for landscape planning». *Landscape Ecology*, 21, 359-374. DOI 10.1007/s10980-005-5224-1
- Bertrand, C y Bertrand, G (2006). *Geografía del Medio Ambiente. El Sistema GTP: Geosistema, Territorio y Paisaje*. Granada: Universidad de Granada
- Bocco, G. et al., (2010). *La cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial*. México, D.F.: INE-SEMARNAT-UNAM.
- Bollo, M; Hernández, J.R. y Méndez, A.P (2014). «The state of the environment in Mexico». *Central European Journal of Geosciences*, 6 (2), 219–228.
- Bollo M. (2017). «Los enfoques físico-geográfico y geocológico en la geografía contemporánea». En: Checa, M., Per, M., (Eds.), *Paisaje: métodos de análisis y reflexiones*. México D.F.: Ed. Ediciones del Lirio - Editorial UAM, 125-152.
- Chuman, Tomás y Romportl, Dusan (2010). «Multivariate classification analysis of cultural landscapes: An example from the Czech Republic». *Landscape and Urban Planning*, 98 (3-4), 200 - 209. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.08.003>
- CONEVAL (2010). Estimaciones de CONEVAL con base en el Censo de Población y Vivienda 2010. <http://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx> [consulta 10 de octubre del 2017]
- Cullotta, S; Barbera, G (2011). «Mapping traditional cultural landscapes in the Mediterranean area using a combined multidisciplinary approach: Method and application to Mount Etna (Sicily)». *Landscape and Urban Planning*, 100, 98-108.

- Dobroliubov, C. A; Jorochev, A.B; Koslov, D. N; Kotlob I. P (Eds.) (2006). *Planeación del Paisaje: conceptos generales, metodología, tecnología*. Moscú: Facultad de Geografía. Universidad Estatal de Moscú (en ruso).
- Dyakonov, Kirill N; Kasimov, Nikolay S; Khoroshev, Alexander V; Kushlin, Andrey V (Eds.) (2007). *Landscape analysis for sustainable development: Theory and Applications of Landscape Science in Russia*. Moscow: Alex Publishers. Faculty of Geography, Lomonosov State University.
- Espinoza, A; Bollo, M (2015). «La tipología de los paisajes antropo-naturales como base para el ordenamiento ecológico territorial a diferentes escalas». En: Sorani,V; Alquicira, M.L.(Eds.). *Perspectivas del ordenamiento territorial ecológico en America y Europa*. Guadalajara: Arlequín.
- Fernández, Ignacio C. y Jianguo, Wu (2016). «Assessing environmental inequalities in the city of Santiago (Chile) with a hierarchical multiscale approach». *Applied Geography*, 74, 160 - 169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.07.012>
- Forman, R.T.T. and Godron, M (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Franca, Pedro y Dalla, M. Estela (2011). «O Ambiente Geográfico e os Geoindicadores». *Revista Brasileira de Geografia Física*, 02, 337-348
- Frolova, M (2006). «Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente?». *Eria*, 70, 225-235.
- Gailing, Ludger y Leibenath, Markus (2015). «The Social Construction of Landscapes: Two Theoretical Lenses and Their Empirical Applications». *Landscape Research*, 40 (2), 123-138. DOI: 10.1080/01426397.2013.775233
- Glazovzky, N. F; Shestakov, A. S; Van der Walt, I. J; Schoenfelder, G. (1998). «Map on The State of the Environment – a Global Overview». *Bulletin of International Geographical Union (IGU)*, 48 (1), 29-34.
- Haase, G. (1990). «Approaches to, and methods of landscape diagnosis as a basis of landscape planning and landscape management». *Ekológia* (Bratislava), 9, 11–29.
- Haase, D y Haase, G (2002). «Approaches and methods of landscape diagnosis». En: Bastian, O. y Steinhardt, U (Eds.). *Development and Perspectives of Landscape Ecology*. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands, 113–122.
- INEGI (2004). Michoacán de Ocampo, carta topográfica escala 1:250000. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.[consulta 10 de octubre del 2017]
- INEGI (2006). II Censo de Población y Vivienda 2005. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [consulta 10 de octubre del 2017]
- INEGI (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER). [consulta 10 de octubre del 2017]
- INEGI (2013). Conjunto de datos vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000, Serie V (Capa Unión). México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- Jiménez, Yolanda y Moreno Juan (2006). «Los SIG en el análisis y el diagnóstico del paisaje. El caso del río Guadix. Parque Nacional La Sierra». *Cuadernos Geográficos*. 103-125
- Jongman, R.H.G; Bunce, G.H; Metzger, M.J; Muncher, C.A; Howard, D.C y Mateus, V (2006). «Objectives and applications of a statistical environmental stratification of Europe». *Landscape Ecology*, 21, 359–374. DOI 10.1007/s10980-005-5224-1
- Jorgensen, Anna (2015). «Is landscape an oxymoron? Understanding the focus of Landscape Research». *Landscape Research*, 40 (1), 1-4,
- Kolejka, Jaromír y Lipsky Zdenek (2008). «Landscape mapping and typology in the Czech Republic». *Klasifikacija krajobrazu. Teoria i praktyka. Problemy Ekologii Krajobrazu*. T. XX. 67-78.
- Mateo, J (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Habana, Cuba: Universidad de la Habana
- Mateo, J; Martínez, M. del C (1999). «Determinación de la situación ambiental de Cuba partir de la regionalización geoecológica». En: *El Caribe: Contribución al conocimiento de su geografía*. La Habana: Instituto de Geografía Tropical,184-194.
- Mateo, J.M (2002). *Geografía de los paisajes*. Habana, Cuba: Universidad de la Habana.
- Mateo, J; Da Silva, E; Cavalcanti, A.P (2004). *Geoecologia das Paisagem*. Fortaleza, Brasil: UFC.
- Mateo, J; Da Silva, E. V (2007). «La Geoecología del paisaje como fundamento para el análisis ambiental». *Revista Electrónica do Proderma, Fortaleza*, 1, 77-98.
- Mateo, J.M (2011). *Geografía de los paisajes. Paisajes Naturales* La Habana, Cuba: Félix Varela

- Moss, M (2001). «Landscape Ecology Applied in Land Evaluation». *Development and Conservation*. ITC. 81/ IALE, MM-1.
- Naveh, Z. and Lieberman, A.S. (1984). *Landscape Ecology – Theory and Application*. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Naveh, Zev (2000). «What is holistic landscape ecology? A conceptual introduction». *Landscape and Urban Planning*, 50, 7- 26
- Naveh, Zev (2001). «Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes». *Landscape and urban planning*, 57, 269 -284
- Neef, E. (1967). *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*. H. Haack, Gotha, Leipzig, Germany.
- Neef, E.(1984). *Applied landscape research*. Applied Geography and Development 24: 38–58
- Olwig, Kenneth R; Dalglish, Chris; Fairclough, Graham; Herring, Pete (2016). «Introduction to a special issue: the future of landscape characterization, and the future character of landscape – between space, time, history, place and nature». *Landscape Research*, 41 (2), 169-174. DOI: 10.1080/01426397.2015.1135321
- O’Neill, R.V; Krummel, J.R; Gardner, R.H; Sugihara, G; Jackson, B; De Angelis, D.L; Milne, B.T; Turner, M.G; Zygmunt, B; Christensen, V.H y Graham, R.L. (1988). «Indices of landscape pattern». *Landscape Ecology*, vol. 1, no. 3, 153-162
- Palacio, J.L. et al., (2004). *Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio*. México, D.F.:Instituto Nacional de Ecología.
- Preobrazhenskiy, VS (1983). «Geosystem as an Object of Landscape Study». *GeoJournal*, 7.2, 131-134
- Priego, A; Montes, A; y Guadarrama, C (2005). «El análisis de modificación geoecológica como herramienta del ordenamiento territorial: caso de estudio de la cuenca Lerma-Chapala, México». *III Congreso Internacional de Ordenación del Territorio, Guadalajara, Jalisco* (Vol. 14).
- Primdahl, Jorgen y Kristensen, Lone S. (2016). «Landscape strategy making and landscape characterisation experiences from Danish experimental planning processes». *Landscape Research*, 41 (2), 227-238. DOI: 10.1080/01426397.2015.1135322.
- Ramírez, L; Priego, A. y Bollo, M (2012). *Mapa de paisajes físico-geográficos del estado de Michoacán - Escala 1:250,000*.
- http://www.ciga.unam.mx/publicaciones/index.php?option=com_abook&view=book&id=51:mapa-de-paisajes-de-michoacan&catid=1:atlas&Itemid=3 (consultado 10/10/2017)
- Richling, A (1983). «Subject of Study in Complex Physical Geography». *GeoJournal*, 7.2, 185-187.
- Richling, A. (1994). «Landscape ecology as a discipline combining investigations on natural environment». *Landscape Research and Its Applications in Environmental Management*. Warsaw, Poland, 15-19
- Rougiere, G y Beroutchachvili, N (1991). *Geosistemas y Paisajes. Evaluación y Métodos*. Armand Colin (Ed.). Paris.
- Salinas E. (2001). «Landscape ecology as a basis for regional planning in Cuba». In D. van der Zee & I. S. Zonneveld (Eds.) *Landscape ecology applied in land evaluation development and conservation. Some worldwide selected examples*. Enschede: ITC Publication 81, 181-194
- Salinas, E. (2009). *La Geografía y el Ordenamiento Territorial: Un Enfoque Metodológico*, Libro 1. Planeamiento y Perspectivas del Territorio, Evento de Ordenamiento Territorial, Portugal, 227-251(Formato digital ISBN 97884-693-0062-2).
- SEMARNAT (2012). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mapa de Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. México: INEGI - CONABIO [consulta 10 de octubre del 2017]
- Stenseke, Marie (2016). «Integrated landscape management and the complicating issue of temporality». *Landscape Research*, 41 (2), 199-211.
- Toskano, G. B (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta de la toma de decisiones en la selección de proveedores*. Lima: Universidad de San Marcos. Monografía Sisbib
- http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/monografias/Basic/toskano_hg/contenido.htm [consultado 10 de octubre del 2017]
- Zonneveld, Isaak (1989). «The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications». *Landscape Ecology*, 3 (2), 67- 86.

Sobre los autores

MANUEL BOLLO MANENT

En 1977. Lic. en Geografía, Escuela de Geografía, Fac. de Ciencias, Universidad Habana, Cuba. 1991. Dr. en Ciencias Geográficas, Fac. de Geografía. Univ. Estatal de Moscú. Moscú. Decano Facultad de Geografía Univ. de la Habana. Cuba. Jefe de Departamento de Docencia. CIGA. Responsable CC en Manejo Integrado del Paisaje y Miembro del Comité Académico del Posgrado en Geografía de la UNAM. Más de 48 publicaciones de carácter nacional e internacional, reunidas en artículos, capítulos de libro, mapas y libros. Director de 6 tesis doctorales, 7 de maestría y 42 de licenciatura.

WILFRIDO ENRIQUE VELASCO MÉNDEZ

En 2010 Titulado de la Licenciatura en Geografía, Fac. de Economía y Geografía de la Universidad Veracruzana. Durante el 2011 laboró en el Instituto de Ecología (INECOL) como técnico de campo en distintos proyectos. 2014 Obtiene el grado de maestro en Geografía, Campo de Conocimiento de Manejo Integrado del Paisaje, por el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM. Del 2015 al 2017 laboró en USPAE – INECOL como técnico en sistemas de información geográfica y colaboró en la realización del Ordenamiento Ecológico Regional de la Región Capital de Xalapa, Veracruz, Mex.