



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN GEOGRAFÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA MODIFICACIÓN
EDAFO-BIÓGENA DE LOS PAISAJES DE LA
REGIÓN SIERRA-COSTA DE
MICHOACÁN, MÉXICO**

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN GEOGRAFÍA
ORIENTACIÓN: GEOGRAFÍA AMBIENTAL**

P R E S E N T A

JACKELINE MATHEWS FERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS: Dr. ANGEL G. PRIEGO SANTANDER

MÉXICO, D.F.

DICIEMBRE 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo recibido por parte de la DGEP-UNAM, por la beca de estudios de posgrado. También agradezco al PAPIIT-UNAM a través del proyecto IN306108, por la beca para culminación de la presente tesis. Sin estos apoyos no hubiera sido posible la realización de mis estudios de maestría en México, que me concedieron no solo un grado académico sino que me brindó la oportunidad de conocer a su linda gente, sus magníficos lugares, entre otras cosas, lo que ha facilitado increíblemente mi estancia en este hermoso país.

Quiero agradecer muy especial y sinceramente a mi director de tesis Dr. Angel G. Priego Santander, quien mostró sucesivas veces su voluntad, dedicación y preocupación en todo el proceso de elaboración de tesis, por siempre agradecida.

A mis sinodales: Dr. Gerardo Bocco Verdinelli, Dra. Ana Cecilia Travieso Bello, Dr. Manuel Bollo Manent y M.C. Neyra Sosa Gutiérrez, por tener la gentileza de hacer sus observaciones que enriquecieron sobremanera la presente tesis.

Al Dr. Gerardo Bocco Verdinelli, por su amistad y preocupación constante en el buen término de mis estudios de posgrado, mi gratitud siempre.

Existe una persona a quien debo un reconocimiento especial, es al Dr. Alejandro Velázquez Montes, que gracias a su confianza e incondicional apoyo pude concretar mis estudios de maestría en la UNAM, de lo cual siempre estaré muy agradecida.

A mis profesores: Dr. Narciso Barrera, Dr. Lorenzo Vázquez, Dr. Luis Miguel Morales, Dra. Cristina Siebe, Dr. Alejandro Velázquez, Dr. Jean François Mas, Dr. Diego Pérez, Dr. Mike McCall, Dra. Isabel Ramírez, Dr. Manuel Mendoza, Dr. Antonio Vieyra, Dr. Manuel Bollo, Dr. Angel Priego, Dr. Francisco Bautista y Dra. Elvira Durán. Gracias a ellos conocí temas nuevos e interesantes que me servirán en mi vida profesional y personal, ya que se siempre se esforzaron por brindarnos calidad en toda la amplitud de la palabra. Como olvidarme de mis amigos y maestros: Pedro Urquijo (mil gracias por tu cariño y estima), Alejandra Larrazábal, Carlos Troche (le debo más que las gracias, me apoyó en la primera fase de la tesis, gracias Carlitos), Azucena Pérez, Antonio Navarrete, Faustino López, Consuelito Medina, Rosaura, etc.

A mis compañeros y amigos de maestría: a mi “tocaya” Jackeline por su valiosa y sincera amistad, a Sonia por su confianza y cariño, a Daniel por su calidez y agradable compañía, a Nachín por su especial forma de ser, a Nubia por su tiempo y afabilidad demostrada, a Rodolfo por su singular afecto, a Carlos por su compañerismo y cordialidad; a todos ellos los tendré en mis mejores recuerdos de estancia de maestría.

Naturalmente, necesito agradecer a mi gran amiga, aliada e inseparable Alejandra Acosta, a ella le debo muchas cosas, como su paciencia, su cariño, su tiempo, su familia (entre ellos a: Pizitta, Vero, Diana, Chava, Luis, Carmen, Luis Gilberto, Toñito, Julissa, etc. etc. y a sus lindos papás: Luis y Oliva), todo ello ha facilitado que mi estancia en México sea agradable día con día. Gracias mi Ale!

A Juan Pulido, un gran amigo, que estuvo en todos los momentos que lo necesité, muchas gracias mi querido Juan. A mi amigo Gustavo Ramírez, por su confianza y motivación constante para perseguir mis más anhelados sueños. Gracias Gust.!

A mis amigas y amigos: Minerva Campos, Rocío Aguirre, Janik Granados, Gaby Cuevas, Yuri Quiroz, José Luis Villa, José Luis Navarrete, siempre los tendré presente.

A Alejandra Diaz, por su grata y generosa amistad y agradables momentos compartidos; A Lupita Cazares, me sirvió de mucho su constante motivación para finalmente llegar a México. A Penélope Márquez, por colaborar siempre conmigo.

A mis amigos y amigas en Perú quienes a lo largo de este tiempo no los sentí lejos, sino todo lo contrario, estaban allí, conmigo y a todo momento: Dr. César López-López, Lic. Adm. Ivonne Saboya, M.Cs. Genaro Yarupaitán, M. Cs. Wendy Cubas, Dr. César Flores, Ing. Margot González, a ellos mi especial consideración y cariño sincero. Gracias por demostrándome en todos estos años su lealtad, afecto y cálida amistad. Los quiero mucho.

A mi adorada madre: Marisela Fernández, no alcanzarían palabras para agradecerle lo mucho que ha hecho por mi. A quienes fueron y serán mi impulso y motivación de ser mejor cada día, mis hermanos: Diego, Mónica y Danny, los extrañé mucho en todo este tiempo, pero el amor que les tengo hizo que los tenga muy cerca.

Agradezco a mis tíos: Inés, Willy, Melita, Edison, Elmer, Hilda y mis primitos: Linda, Renzo, Fredd, Lauri, Loli, por el cariño que siempre me han tenido. Los quiero a todos.

DEDICATORIA

A mi adorada madre:
Marisela Fernández
Por su gran amor, comprensión y
por ser la fuerza que estimula
mi superación constante.

A mi súper abuelo:
Víctor Mathews
que me ha demostrado siempre y
en cada momento su amor, cariño y confianza,

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos de la Investigación	5
1.1.1 Objetivo General	5
1.1.2 Objetivos Específicos	5
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	10
3.1 Ubicación Geográfica	10
3.2 Caracterización del Área de Estudio	11
3.2.1 <i>Características Biofísicas</i>	12
3.2.1.1 El Relieve	12
3.2.1.2 El Clima	13
3.2.1.3 Los Suelos	13
3.2.1.4 La Vegetación y Uso del Suelo	14
3.2.2 <i>Paisajes Físico-Geográficos</i>	15
3.2.3 <i>Características del Sistema Socio-Económico de la Región</i>	20
3.2.3.1 Características Poblacionales	20
3.2.3.2 Características Socio-Económicas	21
3.3 Diseño General y Metodología de la Investigación	22
3.3.1 <i>Antropización de la Cobertura Vegetal de los Paisajes</i>	23
3.3.2 <i>Degradación del Suelo</i>	25
3.3.3 <i>Modificación Edafo-Biógena de los Paisajes</i>	29
3.3.4 <i>Representación Cartográfica</i>	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Antropización de la Cobertura Vegetal de los Paisajes	32
4.2 Degradación del Suelo	39
4.3 Evaluación de la Modificación Edafo-Biógena de los Paisajes Físico-Geográficos	46
4.3.1 <i>Algunas peculiaridades de la degradación edafo-biógena de los paisajes en la región Sierra-Costa de Michoacán</i>	54
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
VI. BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXO FOTOGRÁFICO	65

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Localización de la región Sierra-Costa de Michoacán, México.	11
2. Mapa de paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán.	19
3. Histogramas de frecuencia de los grados de antropización de la cobertura vegetal.	34
4. Histogramas de composición de los grados de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes en la región Sierra-Costa de Michoacán.	38
5. Histograma de la distribución de la degradación de suelos.	46
6. Histograma de la distribución de la modificación edafo-biógena.	47

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Niveles jerárquicos de vegetación y uso del suelo en Sierra-Costa, Michoacán.	15
2. Paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán.	16
3. Ponderación de los tipos de vegetación o uso del suelo para el cálculo del IACV.	24
4. Ponderación de los tipos de procesos de degradación de suelos para el cálculo del IDS.	26
5. Definición de los grados de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes.	33
6. Composición (%) de los distintos grados de antropización de la cobertura vegetal del paisaje.	35
7. Procesos de degradación de suelos encontrados en Sierra-Costa de Michoacán, México.	41
8. Distribución de los procesos de degradación de los suelos en Sierra-Costa, Michoacán.	43
9. Correspondencia espacial entre antropización de la cobertura vegetal (IACV) y degradación de los suelos (IDS).	48

LISTA DE MAPAS

	Pág.
1. Grado de Antropización de la Cobertura Vegetal de la Región Sierra-Costa de Michoacán.	36
2. Degradación de los Suelos en la Región Sierra-Costa de Michoacán.	44
3. Modificación Edafo-Biógena de la Región Sierra-Costa de Michoacán.	53

RESUMEN

Entre las múltiples bases de datos que se recomienda incluir como insumo para orientar las políticas de uso del territorio, una imprescindible es el análisis de su dinámica. La presente investigación tiene como objetivo conocer las peculiaridades de la modificación edafo-biógena de los paisajes físico-geográficos en la región Sierra Costa de Michoacán a escala 1:250 000, esto con el propósito de ser utilizado como herramienta para definir las áreas prioritarias de restauración ecológica en el territorio. Para lograr esto y sobre la base del mapa de paisajes físico-geográficos, se adaptó el índice propuesto por Shishenko (1988) para el cálculo de la antropización de la cobertura vegetal, agregándole información edáfica, de modo que se pueda obtener una valoración biofísica más integral del estado actual de modificación de los componentes del paisaje en cada geocomplejo, mediante aplicaciones de sistemas de información geográfica, se obtuvo una categorización de cinco clases por intervalos iguales, lo cual permitió construir un cartograma para cada proceso. Así, se obtuvo un índice de modificación edafo-biógena que muestra información sobre el estado actual de la cobertura vegetal y la degradación de los suelos. Los resultados indican que el territorio se encuentra en adecuado estado de conservación, ya que la mayoría de los complejos territoriales presentan muy bajo o bajo grado de asimilación socioeconómica. Las áreas más modificadas se localizan alrededor de los principales centros urbanos (Lázaro Cárdenas y Coahuayana). Finalmente se sugiere que esta información podría ser de utilidad en la propuesta de prioridades de ecorehabilitación de los paisajes.

I. INTRODUCCIÓN

La región Sierra-Costa de Michoacán comprende territorios de los municipios de Coahuayana, Chinicuila, Aquila, Coalcomán, Aguililla, Tumbiscatío, Arteaga y Lázaro Cárdenas, con una extensión total de algo más de 13 000 km². Abarca toda la irregular franja de llanuras costeras del Pacífico Michoacano, comprendiendo desde la desembocadura del río Balsas (Boca de San Francisco), hasta el río Coahuayana (Boca de Apiza) con una longitud aproximada de 208 km en línea recta y de 261.5 km siguiendo las sinuosidades de la costa.

Sierra-Costa pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur y algunos municipios como Arteaga, Chinicuila y parte de los restantes municipios que la forman, pertenecen a la subprovincia Cordillera Costera del Sur. Es una región cuyo relieve es muy accidentado y a su vez es una de las áreas más significativas del estado, por las condiciones de conservación de su cubierta vegetal, así como por su diversidad biológica y cultural (PRODER, 2006). La altitud va desde el nivel del mar hasta los 2600 m s.n.m. en las cumbres más altas. Como región, es la más grande del estado, con algo más del 20 % de la superficie de Michoacán.

A pesar de su adecuado estado de conservación, esta región ha experimentado en los últimos años un fuerte impulso para el desarrollo de infraestructura y una profundización del uso agroforestal de sus paisajes. Sin embargo, lo anterior no ha estado basado en un estudio de ordenamiento ecológico y menos aún, se han considerado los potenciales naturales para la toma de decisiones sobre los tipos

de desarrollo, su ubicación espacial y las cargas antrópicas sobre los ecosistemas (Priego-Santander y Bocco, 2008). Relacionado con esto, se plantea que es necesario conocer el estado de degradación o modificación geocológica actual de las unidades territoriales, con el propósito de lograr una distribución de las actividades productivas que asegure la recuperación ambiental de paisajes degradados y el aprovechamiento óptimo de aquellos que no han sido perturbados (Cancer, 1999).

De acuerdo con Franklin (1993) desarrollar enfoques de investigación y manejo a nivel de paisaje es el único camino para conservar las capacidades y potencialidades del territorio. En este sentido, los análisis de modificación de los suelos y la cubierta vegetal por unidades de paisajes, podrían apoyar la toma de decisiones sobre las prioridades de ecorehabilitación de los paisajes, porque para cualquier territorio, resulta importante comprender la dinámica con que se genera la modificación de sus geocomplejos, sobretodo cuando la misma se subordina a las actividades antropogénicas que allí se manifiestan. La misma idea es compartida por López-Bermúdez (2002), quien menciona que primero hay que comprender y explicar los componentes de las realidades complejas, para después hallar la relación e interferencias entre ellas. Por ejemplo, la degradación de los suelos tiene sus inicios con la alteración de la cubierta vegetal, de modo que conocer las cadenas de alteración en ambos componentes es esencial, pues el subsistema edafo-biógeno es el “espejo” por excelencia del paisaje (Priego-Santander *et al.* 2004b).

En el área de estudio, las actividades antrópicas de los últimos años han dado lugar a cambios importantes en la cobertura vegetal y por ende en los suelos, planteándose la necesidad de un análisis actualizado que proporcione información científica adecuada en relación a los efectos provocados por el hombre sobre la dinámica natural del territorio.

Para el área de la región Sierra-Costa de Michoacán, se cuenta con la información cartográfica del Grado de Modificación de la Cobertura Vegetal (Pérez-Damián y Priego-Santander, 2006), así como el estudio de Evaluación de la Degradación de Suelos Causado por el Hombre en la República Mexicana (SEMARNAT-Colegio de Postgraduados, 2002). Sin embargo, ambos productos permiten tener una idea muy general del estado de conservación de la zona y de los problemas ambientales de la misma, debido a que fueron diseñados para todo el territorio nacional y por ende, sus leyendas no son específicas para ninguna porción del territorio en particular.

La cubierta del suelo es un elemento del paisaje cuyos cambios son apreciados a escala humana, es decir en cuestión de años o décadas. Para identificar estos procesos, es necesario conocer los patrones de distribución espacial y así tener la posibilidad de poseer un conocimiento detallado del territorio, para proponer medidas de ordenamiento adecuadas y eficaces. Es así que, en el análisis realizado por Troche *et al.* (2008) de la evaluación de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo en Sierra-Costa, determinaron que de la comparación entre los periodos 1976 y 2003, se presentan procesos de cambios de cobertura o

uso del suelo en un 48% del mismo, mientras 52% presentan permanencia de coberturas.

En este sentido, la presente investigación pretende proporcionar parte de las bases técnicas de la fase de diagnóstico del ordenamiento ecológico. La información cartográfica a generarse es de vital importancia porque permitirá examinar los patrones actuales de uso del suelo que se reflejan en los geocomplejos y de esta forma, se obtendrán las bases para una planeación ambiental a futuro, que permita el desarrollo de un ordenamiento territorial con visión holística.

La importancia teórica del trabajo radica en que profundiza en los estados actuales de conservación de los componentes suelo y cobertura vegetal, así como en la nomenclatura de los grados de modificación edafo-biógena, para esta región del estado de Michoacán. Su importancia práctica pudiera ser mayor, pues la investigación aporta información valiosa para la toma de decisiones acerca de proyectos de conservación y restauración ecológica en el corto plazo, lo cual es un insumo básico en cualquier ordenamiento territorial.

1.1- Objetivos de la Investigación

1.1.1- Objetivo General

1. Determinar el estado de modificación edafo-biógena de los paisajes de la región Sierra-Costa del Estado de Michoacán.

1.1.2- Objetivos Específicos

1. Determinar el grado de antropización de la cobertura vegetal actual de los paisajes de la región Sierra-Costa de Michoacán a escala 1:250 000.
 2. Adecuar el mapa de degradación de los suelos de la República Mexicana a escala 1:250 000, al área de la región Sierra-Costa de Michoacán.
 3. Integrar la información de modificación de suelo y vegetación de los paisajes para obtener el mapa de modificación edafo-biógena del territorio.
-

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los procesos que se desarrollan en la naturaleza son múltiples y complejos, por consiguiente es de gran importancia abordarlos desde la perspectiva de las unidades de paisaje que integran el espacio geográfico, dado que son unidades integrales que funcionan como ecosistemas (Priego-Santander, 2004).

Golley (1993) señala que el enfoque ecológico se ha caracterizado por ser puntual y específico, calificándolo de incompleto o poco exitoso, de allí destaca la importancia de la ecología del paisaje, con una perspectiva holística. Puesto que las clasificaciones parciales de los componentes naturales (agua, suelo, vegetación, clima, relieve, geología, etc.) no permiten una visión integradora de la naturaleza.

Urban *et al.* (1987) plantean que la ecología del paisaje surge por la necesidad de comprender el desarrollo y dinámica de patrones geográficos en los fenómenos ecológicos.

Esta concepción, fruto de la integración del enfoque ecológico (típicamente más funcional) y del enfoque físico geográfico complejo (típicamente más estructural) en una perspectiva holística, proporciona una sólida base teórico-metodológica para la comprensión del funcionamiento ecológico del paisaje (Priego-Santander, 2004, García-Romero y Muñoz, 2002).

Mateo (2002) sostiene que los paisajes¹ son sistemas territoriales y complejos de diferentes rangos taxonómicos, formados bajo la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora de la sociedad humana, que se encuentran en permanente interacción y se desarrollan históricamente.

Cada paisaje es la expresión de una fase específica en la dinámica del geosistema y, en consecuencia, tiene una vida limitada, que concluye debido a transformaciones impulsadas por cambios que afectan la estructura general del territorio. La posibilidad de que esto ocurra depende de su estructura, es decir, de la firmeza de los lazos de interrelación entre los elementos del territorio, como del tipo y la intensidad de la fuerza que lo altera (Rebele, 1994, García-Romero y Muñoz, 2002).

El grado potencial de amenaza de los geosistemas naturales es definido como la presión que ejercen las diferentes actividades antropogénicas limítrofes con aquellos geocomplejos que aún se encuentran en estado natural o muy cercano al natural², y cuya expansión pueden ampliar el ámbito de fragmentación de los

¹ En geografía se reconocen distintas acepciones del concepto paisaje. Por una parte, algunos conciben como la imagen del territorio que es percibida y valorada por el hombre, y por otra, el paisaje es entendido como un hecho complejo y dinámico, cuya naturaleza y caracteres son independientes del significado que le atribuyan los grupos humanos (García-Romero, A. y Muñoz, J., 2002). Sin embargo, la visión técnica del paisaje se fortalece a partir de los años 1960 con los trabajos de Neef (1963) y retomando a Troll ([1938] 2003). Ambos proporcionan aspectos importantes para la planeación territorial (Aguilar, 2006). Para una revisión histórica del paisaje se puede consultar Urquijo (2008). También se conocen como paisaje a los complejos territoriales naturales (CTN), geosistemas, geocomplejos, ecosistema geográfico y complejos físico-geográficos.

² También se tiene la acepción antro-natural del paisaje, que se considera como un sistema territorial constituido por componentes naturales y antro-tecnógenos condicionados socialmente, que modifican o transforman las propiedades de los paisajes naturales originales (Mateo, 2002). Aquí se incorpora la dimensión socio-económica, que es una variante de las acepciones anteriores.

mismos o simplemente causar su paulatina degradación hasta llegar a su extinción total (Chiappy y Gama, 2004).

Además, Medina *et al.* (2008) señalan que la caracterización del estado actual de las coberturas vegetales y de uso de suelo es un elemento esencial en el proceso de planificación para el desarrollo del territorio, esto debido a que se considera un indicador clave para cuantificar, en un primer momento, el capital natural de un territorio. Es por otra parte insumo base para, en un paso posterior, realizar el análisis de procesos de cambios, mismos que se transforman a su vez en indicadores de la tendencia que tienen las transformaciones en el territorio tanto las biofísicas como las sociales subyacentes.

En tanto que el grado de antropización de la cobertura vegetal, es considerado como la alteración del paisaje que refleja con mayor claridad el estado de conservación o perturbación de un geosistema. El estudio de los grados de antropización de la cobertura de uso actual nos facilita el conocimiento de cuáles unidades están más modificadas en su composición vegetal y su localización espacial. Este es un argumento válido en la elaboración de los planes de restauración ecológica (Priego-Santander *et al.* 2004a).

Los procesos de degradación geoecológica (Mateo y Ortiz, 2001) son aquellos originados por la ineficiencia y/o insuficiencia del uso de los recursos y de los procesos antrópicos involucrados en la utilización de los paisajes.

Mateo y Ortiz (2001) definen la degradación de los paisajes como la pérdida de atributos y propiedades sistémicas que garantizan el cumplimiento de determinadas funciones, incluidas las socioeconómicas y el potencial, los mecanismos de autorregulación y regeneración, así como la capacidad productiva de los paisajes, por medio de la aparición y/o intensificación de los procesos de degradación geoecológica.

Como antecedentes metodológicos de esta investigación, se puede señalar el trabajo realizado en la cuenca Lerma-Chapala (Priego-Santander *et al.* 2005), donde se analizó el grado de modificación geoecológica de la zona. Otro estudio relevante es el mapa de Antropización del Noroeste del País (Instituto de Ecología-AC, 1999), donde la entidad principal de evaluación también lo son las unidades de paisajes.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Esta Investigación se apoya teóricamente en los principios de la Geografía Física Compleja (Mateo 1984, 2002) y en particular, en los postulados expuestos por Mateo y Ortiz (2001) sobre el enfoque geocológico como fundamento del análisis de la modificación antrópica de los paisajes.

Es importante resaltar que, la ecología del paisaje o su expresión análoga de geocología (Hasse, 1986), parte de una concepción integradora del sistema territorial natural. Es así que los componentes naturales, llámese vegetación, suelo, agua, etc. y su interconexión con las unidades de paisaje, son sin duda una clara aproximación de las relaciones que coexisten entre la naturaleza y la sociedad.

Sin embargo, la acepción que se asume en el presente trabajo de investigación corresponde a una simplificación del concepto geocológico como tal. Se reconoce como el enfoque edafo-biógeno aquel que concentra su análisis al estudio unísono de las modificaciones que ocurren en la vegetación y el suelo, lo que permite explicar de manera objetiva las peculiaridades de la cobertura vegetal en su base edáfica de los distintos geocomplejos.

3.1- Ubicación Geográfica

La región Sierra-Costa se encuentra localizada en el sur-oeste del estado de Michoacán. Abarca desde el parteaguas de la cuenca del río Tepalcatepetl hasta

la línea de costa del pacífico. Comprende los municipios de Aguililla, Aquila, Arteaga, Coahuayana, Coalcomán, Chinicuila, Lázaro Cárdenas y Tumbiscatío, los cuales poseen una superficie mayor a 13 000 km² (Priego-Santander *et al.* 2008) (ver Figura 1).



Figura 1. Localización de la región Sierra-Costa de Michoacán, México.

3.2- Caracterización del Área de Estudio

Sierra-Costa constituye una importante singularidad en el conjunto de la Sierra Madre del Sur, con un relieve abrupto y de contrastes en su bloque. Su ámbito territorial queda repartido entre el estado de Colima al noroeste y al sureste del estado de Jalisco.

3.2.1- Características Biofísicas

3.2.1.1- El Relieve

La región Sierra-Costa de Michoacán pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur. El territorio se caracteriza por la fuerte energía del relieve, predominando ampliamente las montañas en 59% (7,939.4 km²) y lomeríos en 30% (3,967.7 km²) aproximadamente, donde dominan fuertes pendientes y la amplia disección vertical del relieve. En segundo término se encuentran las colinas, planicies y valles, lo que representa el 11.5% (1,551.2 km²) del territorio, estos últimos muy limitados a los alrededores de los cauces, salvo el caso del río Coahuayana, que constituye un caudaloso sistema fluvial. Los piedemontes ocupan algo menos de 8 km² (0.07%) y no poseen un gran desarrollo, debido quizás a la juventud y energía del relieve, que apenas está comenzando los procesos de degradación del mismo (Priego-Santander *et al.* 2008).

En cuanto al relieve costero, cabe destacar el hecho de que abundan las planicies marino-eólicas, a veces con desarrollo de campos de dunas. Las superficies acumulativas marino-biógenas poseen una distribución limitada. Esta última observación, quizás ha condicionado la inexistencia de lagunas costeras de trampas de postbarra o postacantilado, pues las lagunas de Mezcala y Colorada, las más grandes del área, parecen ser más bien paleoesteros que cuerpos lacustres como tal (Priego-Santander *et al.* 2008).

3.2.1.2- El Clima

En el área de estudio predominan ampliamente los climas del grupo húmedo, representados por el cálido subhúmedo y por los templados semicálidos. Los climas del grupo de los secos, ocupan zonas limítrofes en los sectores noreste y noroeste. En la zona montañosa, la temperatura media anual es de 26°C y las lluvias ocurren en verano. Esta temperatura desciende en las áreas ocupadas por los climas templados, pero la precipitación sigue siendo estacional. En la zona costera, el clima presenta influencia marítima del Océano Pacífico y la temperatura media anual asciende a 29°C, sin embargo, las precipitaciones siguen siendo estacionales (Priego-Santander *et al.* 2008).

Los climas secos se presentan, principalmente, alrededor de la presa Infiernillo y los mismos se caracterizan por una disminución drástica de la humedad, aunque conservando elevadas temperaturas.

3.2.1.3- Los Suelos

Correspondiendo a sus características geomorfológicas y climáticas, en el área predominan los suelos típicos de zonas de montañas, como los Leptosoles y Regosoles (38% del área total aproximadamente), así mismo, la amplia distribución de Luvisoles (28%) se basa en la abundancia de rocas ígneas. Los Phaeozems (16%) se presentan donde el clima es menos cálido y más húmedo, es decir, en las zonas de montañas con clima templado, caracterizadas por una mayor humedad condicionada por la abundancia de nieblas.

En las montañas y lomeríos predominan los suelos someros (10-30 cm), de texturas medias y finas, con pendientes moderadas a fuertes (5°-45°) y poco fértiles, en tanto que en los valles y llanuras son medianamente profundos (30-50 cm) a profundos (50-100 cm), de texturas medias, finas y gruesas, y más fértiles.

Otro aspecto a destacar es la fuerte presencia de Leptosol réndzico (3.5%) en zonas donde abundan las calizas. Este hecho limita ampliamente el posible uso de estos cuerpos edáficos con fines agrícolas. Estos suelos húmicos calcimórficos, abundan en las áreas de superficies carsificadas y se caracterizan por su débil espesor y por la elevada pedregosidad superficial e interna del perfil. Los Fluvisoles (0.6%), Gleysoles (0.1%) y Solonchak (0.01%) son los de distribución más limitada, el primero siempre asociado a las planicies aluviales y los otros a la zona costera (Priego-Santander *et al.* 2008).

3.2.1.4- La Vegetación y Uso del Suelo

En general, la vegetación se encuentra distribuida en un gradiente que va de la sierra, con dominancia de bosques de coníferas y latifoliadas hasta la costa, donde se encuentran más comúnmente zonas de selvas y vegetación hidrófila, las coberturas antrópicas están dispersas en toda el área.

De acuerdo con Medina *et al.* (2008), la cobertura vegetal y el uso del suelo en la región Sierra-Costa corresponde a ocho grandes formaciones, a su vez, cada formación se divide en distintos tipos de vegetación y usos de la tierra, tomando en cuenta los niveles jerárquicos, de acuerdo al Inventario Nacional Forestal

(Palacio-Prieto *et al.* 2000), lo que se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Niveles jerárquicos de vegetación y uso del suelo en Sierra-Costa, Michoacán.

Formación	Tipos de Cobertura y Uso de Suelo	Área %
I Cultivos	Agricultura (riego y humedad)	2.0
	Plantación forestal	1.0
II Bosques	Bosque de coníferas	15.5
	Bosque de coníferas y latifoliadas	15.5
	Bosque de latifoliadas	4.0
	Bosque mesófilo de montaña	1.0
III Selvas	Selva perennifolia y subperennifolia	8.0
	Selva caducifolia y subcaducifolia	37.0
IV Matorral	Matorral xerófilo	1.5
V Pastizal	Pastizal	13.3
VI Veg. Hidrófila	Vegetación hidrófila	0.1
VII Otros tipos de vegetación	Otros tipos de vegetación	0.4
	Áreas sin vegetación aparente	0.1
VIII Otras Coberturas	Asentamiento humano	0.1
	Cuerpos de agua	0.5

Mediante el diagnóstico del proceso de deforestación en las principales formaciones vegetales de la región, se obtuvo una tasa de deforestación de 0.45 % anual, para bosques primarios o secundarios. El porcentaje de vegetación natural presente en 2003 disminuyó en aproximadamente 15% con relación a la existente en 1976 (Troche *et al.* 2008).

3.2.2- Paisajes Físico-Geográficos

La importancia del enfoque físico-geográfico radica en que ofrece una visión integradora de la naturaleza en la superficie terrestre, que incluye las modificaciones antrópicas. De acuerdo con los resultados de Priego-Santander *et al.* (2008) las características principales de los paisajes del área se aprecian en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán.

Unidades Superiores	km²	Unidades Superiores	km²
I	7.6	XXIX	37.7
II	4.8	XXX	15.4
III	4.1	XXXI	122.0
IV	51.7	XXXII	28.6
V	569.4	XXXIII	42.9
VI	247.0	XXXIV	29.4
VII	41.1	XXXV	192.5
VIII	301.8	XXXVI	2.4
IX	252.8	XXXVII	49.8
X	902.6	XXXVIII	7.3
XI	569.8	XXXIX	4.9
XII	3.1	XL	310.9
XIII	6.4	XLI	16.4
XIV	1.5	XLII	5.4
XV	36.5	XLIII	5.8
XVI	2051.1	XLIV	45.2
XVII	7.9	XLV	2.9
XVIII	1532.3	XLVI	1.5
XIX	123.1	XLVII	3.1
XX	183.2	XLVIII	6.8
XXI	362.9	XLIX	7.9
XXII	2931.3	L	21.8
XXIII	2046.6	LI	2.9
XXIV	57.2	LII	134.5
XXV	133.5	LIII	29.0
XXVI	7.2	LIV	2.8
XXVII	117.5	LV	4.4
XXVIII	7.7	LVI	11.5

Desde el punto de vista morfogenético, se diferenciaron 16 tipos de paisajes, predominando en superficies las montañas y lomeríos tectónicos, tectónico-intrusivos y volcánicos. Las planicies tienen una distribución restringida, siendo más comunes las de origen fluvial, como en la zona de emisión del Coahuayana y del Balsas. Mención particular merecen las montañas tectónicas formadas por calizas y caliza-lutitas, las cuales están en parte carsificadas.

Las planicies marino-eólicas ocupan casi por completo la franja litoral, pero poseen diferencias significativas en el desarrollo de los campos de dunas. Las planicies acumulativas fluviales poseen bosques de mangles en sus porciones costeras, así como selvas inundables y tulares. Estas áreas están muy limitadas espacialmente y por esa razón y por el importante papel que juegan en la regulación de los acuíferos superficiales deben ser manejadas bajo regímenes especiales que garanticen su conservación.

El Cuadro 2 presenta las áreas para todas las unidades superiores encontradas, que como se puede observar, resultaron 56 en total, y dentro de éstas se encuentran distribuidos en 1070 polígonos de unidades de paisajes (ver Figura 2).

La diversidad de unidades inferiores es notoria, debido sobre todo a las montañas y lomeríos de distinta génesis, que garantizan colecciones completas de geoformas específicas. En las montañas abundan los complejos cumbrales que agrupan a cimas, puertos, parteaguas y cornisas. Las laderas poseen una amplia diversidad de formas, incluyendo cóncavas, convexas, planas y complejas.

Entre las peculiaridades de los paisajes físico-geográficos del área se pueden mencionar (Priego-Santander *et al.* 2008):

- La amplia diversidad climática que incluye climas húmedos y secos. Entre los primeros, el gradiente es más amplio, abarcando desde los templados hasta los cálidos, con influencia marítima en la línea costera.

- La elevada heterogeneidad genética de los paisajes, pues se pueden encontrar geocomplejos de 16 tipos morfogenéticos diferentes, donde predominan los tectónicos y volcánicos.
- En relación con lo anterior, la alta riqueza de unidades inferiores de diversa génesis y morfología, incluyendo cársicas, volcánicas, marino-eólicas, fluviales, etc.
- El alto contraste entre paisajes de la faja templada y geosistemas de la faja tropical, pues el territorio abarca unidades de montañas templadas subhúmedas hasta planicies costeras marino-eólicas y acumulativas con humedales tropicales. Así mismo, la coexistencia de paisajes del grupo seco y de los húmedos.
- La abundancia de suelos de origen volcánico (Luvisoles) y húmicos calcimórficos (Leptosoles réndzicos), así como el contraste de la presencia de suelos en condiciones de aridez y otros en condiciones de extrema humedad.
- La gran riqueza ecológica del territorio, pues condicionado por todo lo anterior, se pueden encontrar formaciones vegetales (y sus consiguientes agrupaciones faunísticas) de zonas semiáridas, hasta bosques mesófilos de montaña, así como manglares y matorrales costeros de dunas, los cuales se encuentran como áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Michoacán (Villaseñor, 2005).

3.2.3- Características del Sistema Socio-Económico de la Región

3.2.3.1- Características Poblacionales

La región Sierra-Costa se caracteriza por presentar una densidad poblacional muy baja, respecto a la densidad que registran otros municipios en el Estado. Se observa que de los ocho municipios de la región Sierra-Costa, siete (Aguililla, Aquila, Arteaga, Chinicuila, Coahuayana, Coalcomán y Tumbiscatío) muestran una densidad de población muy baja que va de 5 a 39 hab/km². El único municipio que presenta un cambio en el nivel de su densidad de población es Lázaro Cárdenas ya que en los años 1950 a 1970 tenía un nivel muy bajo (5 a 39 hab/km²), en 1980 incrementó a una densidad baja (40 a 67 hab/km²), para 1990 pasó a media (68-99 hab/km²) y de 1995 a 2005 se ha mantenido en un nivel de densidad alto (100 a 1820 hab/km²). Esto se relaciona con la alta tasa de crecimiento que ha mostrado este municipio desde 1970 lo cual se debe a la creación del puerto Lázaro Cárdenas en el año de 1974 y al establecimiento de grandes empresas, tal es el caso de la siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas (SICARTSA) en el año de 1979 (Acosta, 2008).

A nivel de la región Sierra-Costa de Michoacán, el municipio de Lázaro Cárdenas abarca más de la mitad de la población del territorio. Dicho municipio tiene un comportamiento de carácter urbano (48% de su población total) lo cual no refleja la realidad de la región, que es predominantemente mixta y rural. Por lo anterior,

se considera que las estrategias para el desarrollo de éste se deben manejar de manera diferente al resto de las entidades municipales.

La proporción de población urbana dentro de una unidad de referencia espacial, en este caso el municipio, es conocido como índice de urbanización. De acuerdo con este indicador, en el año 2005 (INEGI, 2006) en la región de Sierra-Costa de Michoacán, siete de los ocho municipios presentan un nivel bajo de urbanización, mientras que Lázaro Cárdenas presenta un nivel alto de urbanización, ya que cuenta con localidades mayores a 15,000 habitantes.

3.2.3.2- Características Socio-Económicas

Para el año 2000, se tiene que los municipios de la región se caracterizan por tener un grado de marginación muy alto (Tumbiscatío y Aquila) y alto (Aguililla, Coalcomán, Chinicuila y Arteaga). Solo los municipios de Coahuayana y Lázaro Cárdenas presentan un grado de marginación medio y muy bajo respectivamente. Es importante resaltar que el municipio de Aquila ocupa el primer lugar de marginación a nivel estatal, como lo indica INEGI (2006) (En Acosta, 2008).

En los municipios de Lázaro Cárdenas y Coahuayana se distinguen con claridad el uso que dan al territorio, caracterizándose por la presencia de actividades agropecuarias, turísticas e industriales; dado que sus condiciones físico-geográficas así lo permiten. Además, sus centros urbanos se interconectan directamente con los estados de Guerrero y Colima respectivamente.

3.3- Diseño General y Metodología de la Investigación

El presente trabajo se inició con una fase de gabinete en la cual se llevó a cabo la recopilación y homogenización de la información biblio-cartográfica de interés para el área de estudio y sobre el tema a tratar. Así mismo, se realizó trabajo de campo para verificar el mapa de modificación edafo-biógena actual de los paisajes, cuya hipótesis fue elaborada mediante aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Durante la fase de trabajo de campo, se realizaron nutridos recorridos de los cuales se intentó recoger toda la variabilidad de cambios de uso actual del suelo en el territorio, sobre todo en aquellas zonas de mayor influencia de actividad humana, como por ejemplo centros poblados, principales infraestructuras viales, sitios potenciales de actividad turística, etc. Éstas se ubican mediante GPS y se tomaron fotografías (ver Anexos).

La unidad mínima cartografiable según la escala de trabajo definida corresponde a superficies igual o menores a 1 km² (100 ha), no siendo éstas consideradas para el análisis correspondiente.

Los resultados de los mapas finales se basaron en el análisis de cinco categorías correspondientes a Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy Alto, según sus valores de ponderación con rango de 0.01 a 0.99, siendo la categoría más baja aquellos valores cercanos a cero y viceversa.

3.3.1- Antropización de la Cobertura Vegetal de los Paisajes

La información cartográfica que proporciona el mapa de unidades de paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán (Priego-Santander *et al.* 2008) a escala 1:250 000, permitió conocer los tipos de vegetación y usos del suelo presentes en cada geocomplejo. Esta información constituyó la plataforma para el cálculo del índice de antropización de la cobertura vegetal (IACV) según Shishenko (1988), ya probado por Priego-Santander *et al.* (2004a) en la cuenca Lerma-Chapala, México a esta misma escala de trabajo.

El índice permite conocer el grado de transformación antropogénica que presenta la cobertura vegetal según el tipo de utilización o uso del suelo, ponderando el grado de transformación por tipos de utilización. Los valores de ponderación varían entre 0.01 y 0.99 (ver Cuadro 3). Teniendo como finalidad dar un peso relativo según grado de antropización al tipo de vegetación, que van en el siguiente gradiente: vegetación natural, vegetación secundaria, vegetación cultural e infraestructura antrópica, ponderando siempre con mayor valor, aquellos tipos de utilización que implican un mayor grado de alteración en el geosistema.

El indicador IACV permite conocer el grado de modificación que presenta la cobertura vegetal del geocomplejo, ponderando los grados de transformación por tipos de utilización. Shishenko (1998) propuso rangos de ponderación adecuados para la realidad de los paisajes rusos. Para el caso de la región Sierra-Costa de Michoacán se han adaptado tales grados de ponderación de acuerdo al Cuadro 3.

Además, se observó la experiencia de Priego-Santander *et al.* (2005) en la cuenca Lerma-Chapala, México.

Cuadro 3. Ponderación de los tipos de vegetación o uso del suelo para el cálculo del IACV.

Tipos de vegetación o uso del suelo		Ponderación (ri)
Vegetación Natural (Bosques, Matorrales y Herbazales)	Primarios	0.01
	Primarios y Secundarios	0.03
	Secundarios	0.15
Plantación Forestal		0.30
Pastizal Inducido		0.40
Pastizal Cultivado		0.50
Agricultura Permanente		0.50
Agricultura de Temporal Permanente		0.60
Agricultura de Riego		0.75
Asentamiento Humano e Infraestructura		0.99

Con los resultados del cálculo del índice IACV por unidades de paisajes, se construyó un cartograma por el método de clases iguales.

En la nomenclatura y base de datos de los tipos de cobertura vegetal se utilizó el mismo criterio generado en el mapa de vegetación y usos del suelo (Velázquez *et al.* 2006). Con el fin de facilitar la interpretación del mapa, las unidades de vegetación más específicas se agruparon en categorías principales definidas en el mapa original.

Una vez elaborado el mapa de antropización de la cobertura vegetal, los resultados obtenidos se analizaron según el gradiente de modificación del territorio, definidos en cinco clases.

3.3.2- Degradación del Suelo

El estudio de degradación de los suelos de la región Sierra-Costa de Michoacán a escala regional se realizó con información elaborada por la SEMARNAT y el Colegio de Posgraduados (2002), mediante la metodología de *Global Assessment of Soil Degradation* (GLASOD), a nivel nacional, y a fin de obtener resultados con mayor grado de certidumbre se ajustó al área de estudio. Dicha metodología incorpora diferentes tipos de degradación de los suelos, los que se encontraron en el área de estudio se pueden observar en el Cuadro 4.

Para esclarecer el índice de degradación de suelos (IDS), se superpuso cartográficamente el mapa de degradación del suelo causada por el hombre en la república mexicana con el mapa de paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán a escala 1:250 000 y de este modo, se obtuvo la distribución en área de cada nivel de degradación de los suelos, por unidades de complejos territoriales naturales.

Cuadro 4. Ponderación de los tipos de procesos de degradación de suelos para el cálculo del IDS:

Procesos de Degradación de Suelos	Ponderación (si)
Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica	0.51
Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	0.75
Pérdida del suelo superficial por acción del viento	0.75
Salinización/Alcalinización	0.75
Erosión hídrica con deformación del terreno	0.91
Contaminación	0.91
Compactación	0.91
Pérdida de la función productiva	0.99

El Cuadro 4 ofrece la ponderación empleada para los procesos de degradación de suelos. El rango de ponderación utilizado es de 0.01 a 0.99. En el área de estudio se encontraron ocho tipos de degradación del suelo, los cuales corresponden a valores que varían entre 0.51 a 0.99. A continuación se exponen los criterios tomados en cuenta para su valoración:

Declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica, es aquel proceso que se ubica con la menor ponderación del grupo (0.51). Este proceso implica la disminución de la productividad de los suelos, caracterizada por un desbalance en las propiedades físico-químicas de los mismos, que se dan en las primeras capas superficiales. Sin embargo, estos suelos aún mantienen su condición edáfica natural y cierta productividad, susceptible de ser aumentada con insumos agroquímicos, por ejemplo.

Se tienen agrupados con la misma ponderación (0.75) a la erosión hídrica con pérdida del suelo superficial, erosión eólica con pérdida del suelo superficial y los procesos de salinización/alcalinización. Los dos primeros, corresponden a la disminución del suelo superficial (horizonte A), debido a la remoción del material del suelo por la escorrentía y a la acción del viento respectivamente. Ambos procesos de no ser controlados y/o manejados afectarían seriamente el sistema edáfico, lo que provocaría un debilitamiento sistemático en su estructura y funcionamiento. La salinización/alcalinización es un tipo de degradación, que si bien es cierto está presente en el área de estudio, éste no es relevante en términos de superficie total. Sin embargo, su aparición determina que en los suelos superficiales exista un incremento de sales que puede provocar el detrimento de los mismos, trayendo como consecuencia directa la disminución en el rendimiento de los cultivos. Dado que las zonas donde se depositan las sales marinas generalmente están en las áreas más próximas a la línea de costa, puede ser que coincidan con actividades agrícolas desarrolladas en planicies costeras.

Erosión hídrica con deformación del terreno (ponderación de 0.91), es uno de los procesos de degradación de los suelos que afectan notablemente su condición. Esto es debido a la pérdida total o parcial de los primeros horizontes (A y B) del suelo, como consecuencia de la remoción de material por erosión o movimiento de masas, que se inicia con la formación de pequeños surcos o canales en el terreno hasta alcanzar su máximo grado erosivo, conocidas como cárcavas. Las cárcavas mayormente se originan con la remoción o eliminación de la cobertura vegetal,

manejo inapropiado de áreas agrícolas, etc. La rehabilitación natural de este tipo de suelos es difícil por los largos periodos de tiempo que requieren hasta alcanzar su estado original.

Contaminación (ponderación de 0.91), significa la degradación de suelos como una consecuencia de la localización, concentración y efecto biológico adverso de una o más sustancias. Además, se considera a las fuentes, tiraderos de basura, derrames, residuos industriales, etc. También está considerada en este concepto la polución aérea, deposición de compuestos acidificantes y/o metales pesados (uso de pesticidas y fertilizantes) (SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2002).

Compactación (ponderación de 0.91), concierne en la zona de estudio claramente a las actividades pecuarias, provocando el deterioro de la estructura del suelo a causa del pisoteo del ganado. El uso de maquinaria pesada en la región Sierra-Costa es ínfima. Existen raras áreas donde se desarrolla una actividad ganadera de bajo impacto al suelo, dado que en la región se encuentran muy pocas zonas de poca pendiente. Se observa que este tipo de actividad a menudo se desarrollada en zonas de pendientes que alcanzan, aproximadamente, hasta los 45°. Debido a lo anterior, la compactación del suelo fue ponderada con valor elevado de 0.91, pues implica en primer término una disminución considerable de la infiltración en el suelo, pasando posteriormente a la “erosión en pie de vaca” y finalmente a la formación de grandes cárcavas.

Pérdida de la función productiva con ponderación de 0.99, atañe a las áreas con procesos de urbanización, actividades industriales, infraestructura minera y canteras. Está designado con el mayor valor en la jerarquía de degradación porque implica la pérdida por sepultación del recurso edáfico, o bien su destrucción total con fines de minería superficial. En cualquier caso, la pérdida de la función productiva se refiere a la destrucción o pérdida del recurso suelo como tal (incluyendo sus funciones ecológicas naturales) y por esa razón, es el proceso de degradación con máxima ponderación.

3.3.3- Modificación Edafo-Biógena de los Paisajes

Para lograr los objetivos de la investigación se generó el mapa de modificación edafo-biógena de los paisajes. Este mapa se elaboró a partir de la superposición cartográfica de los mapas de antropización de la cobertura vegetal y el mapa de degradación de los suelos de los geocomplejos de la región Sierra-Costa, todos ellos a escala 1:250 000.

Para acceder a una valoración integral por geocomplejos, se calculó el índice de modificación edafo-biógena (IMEB) sumando los dos valores parciales (IACV y IDS) y dividiendo el valor final entre dos (que son los indicadores parciales de deterioro por los dos componentes considerados), para obtener un valor promedio para cada unidad de paisaje. Los valores de ponderación siempre varían entre 0.01 y 0.99. Sin embargo, adicional a este procedimiento se aplicó una matriz de correspondencia espacial entre la antropización de la vegetación y la degradación

de los suelos, tomando como base los polígonos de unidades de paisajes, lo que refleja en términos prácticos la intercepción espacial de las clases o categorías de ambos mapas.

Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$\text{IMEB} = (\text{IACV} + \text{IDS}) / 2$$

Donde:

IMEB: Índice de Modificación edafo-biógena, a su vez:

$$\text{IACV} = r_i \cdot A_{ij} / A_{tj}$$

Donde:

IACV : Índice de antropización de la cobertura vegetal

r_i : Ponderación del grado de transformación antropogénica del tipo "i" de la cobertura vegetal

A_{ij} : Área (km²) dedicada al tipo de utilización "i" en el geocomplejo "j"

A_{tj} : Área total (km²) del geocomplejo "j"

$$\text{IDS} = s_i \cdot A_{ij} / A_{tj}$$

Donde:

IDS : Índice de degradación del suelo

s_i : Ponderación del proceso de deterioro de suelo "i"

A_{ij} : Área (km²) que ocupa el proceso de deterioro de suelo "i" en el geocomplejo "j"

A_{tj} : Área total (km²) del geocomplejo "j"

Como se puede apreciar en las ecuaciones y siguiendo la lógica de Shishenko (1988), para cada índice parcial siempre se divide entre el área total del

geosistema en cuestión, de modo que los valores obtenidos hacen comparable a una unidad con otra con independencia de su superficie total.

Para cada unidad de paisaje se obtuvo un valor del IMEB que siempre varía entre 0 y 1, por lo cual se procedió a clasificar el territorio en cinco clases de modificación edafo-biógena de igual proporción, siendo las que a continuación se detallan:

Muy Baja	:	$IMEB \leq 0.20$
Baja	:	$0.21 \leq IMEB \leq 0.40$
Media	:	$0.41 \leq IMEB \leq 0.60$
Alta	:	$0.61 \leq IMEB \leq 0.80$
Muy Alta	:	$IMEB \geq 0.81$

La distribución en áreas de los grados de modificación edafo-biógena de los paisajes se reporta en kilómetros cuadrados y en porcentaje según la clasificación arriba señalada. Además, se analizan las compatibilidades e incongruencias en el territorio, mediante la matriz de correspondencia espacial.

3.3.4- Representación Cartográfica

Para la representación cartográfica se emplearon los métodos de cartograma y fondo cualitativo. Además, se ocuparon símbolos literales, lineales y numéricos. En la información auxiliar se utilizaron histogramas de frecuencia. Toda la información cartográfica se integró y editó mediante aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica ArcView 3.2 (ESRI, 1999b) y ArcGIS versión 8.1 (ESRI, 1999a).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1- Antropización de la Cobertura Vegetal de los Paisajes

El territorio se caracteriza por el elevado contraste entre áreas muy extensas de muy poca modificación y la presencia de muchos parches muy pequeños en extensión, pero ampliamente alterados dentro de los geocomplejos, de muy difícil cartografía a la escala 1:250 000.

En la región Sierra-Costa de Michoacán predominan ampliamente las superficies con muy bajo grado de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes, las cuales abarcan 81% del territorio; seguido a eso se presentan las áreas con grados Bajo, Medio y Alto en 12%, 3.7% y 3% respectivamente. Finalmente el grado Muy Alto abarca un 0.3% del total de la superficie (ver Figura 3 y Mapa 1).

Estos resultados nos indican que los patrones actuales de la utilización o uso del suelo son incipientes en esta parte del territorio michoacano. Sin embargo, en un mediano o largo plazo cabe la posibilidad de que ocurran cambios ligeros en la transformación de aquellas áreas con categorías Bajas y Medias, donde las actividades humanas pueden manifestarse negativamente ante los paisajes. Además, cabe resaltar que estos resultados pueden ser engañosos hablando estrictamente de la escala utilizada, puesto que existen áreas modificadas muy cercanas a la costa que no superan en extensión al área mínima cartografiada a escala 1:250 000, formando polígonos aislados y dispersos en el terreno.

Grado	Índice	Definición
Muy Bajo	$IACV \leq 0.20$	Geocomplejos que mantienen su cobertura vegetal en estado natural y/o seminatural en más de 90% del CTN. Menos del 10% se aprovecha en actividades agropecuarias y no se encuentran elementos urbanos y/o industriales.
Bajo	$0.21 < IACV < 0.40$	Geocomplejos que mantienen su cobertura vegetal en estado natural y/o seminatural en 55-60% del CTN. Menos del 10% se aprovecha en actividades agrícolas y las pecuarias hasta en un 25%; no se encuentran elementos urbanos y/o industriales.
Medio	$0.41 < IACV < 0.60$	Geocomplejos que mantienen su cobertura vegetal en estado natural y/o seminatural en 15-20% del CTN. Las actividades agropecuarias se desarrollan hasta en 80% del territorio y no se encuentran elementos urbanos y/o industriales.
Alto	$0.61 < IACV < 0.80$	Geocomplejos que mantienen su cobertura vegetal en estado natural y/o seminatural en más de 2-3% del CTN. Más del 87% se aprovecha en actividades agropecuarias y se encuentran elementos urbanos y/o industriales hasta en 7% del geosistema.
Muy Alto	$IACV \geq 0.81$	Geocomplejos que mantienen su cobertura vegetal en estado natural y/o seminatural en menos de 0.5% del CTN. Más del 60% se aprovecha en actividades agropecuarias y se encuentran elementos urbanos y/o industriales en 38-40% del geosistema.

Cuadro 5. Definición de los grados de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes.

El Cuadro 5 presenta las definiciones de los diferentes grados de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes. Es evidente la diferencia entre clases de antropización extremas. Las áreas de Muy Bajo grado de antropización ocupan grandes extensiones de las zonas montañosas. En tanto que, las áreas de mayor modificación de la cobertura vegetal se localizan alrededor de los principales centros urbanos de la zona costera (ver Mapa 1).

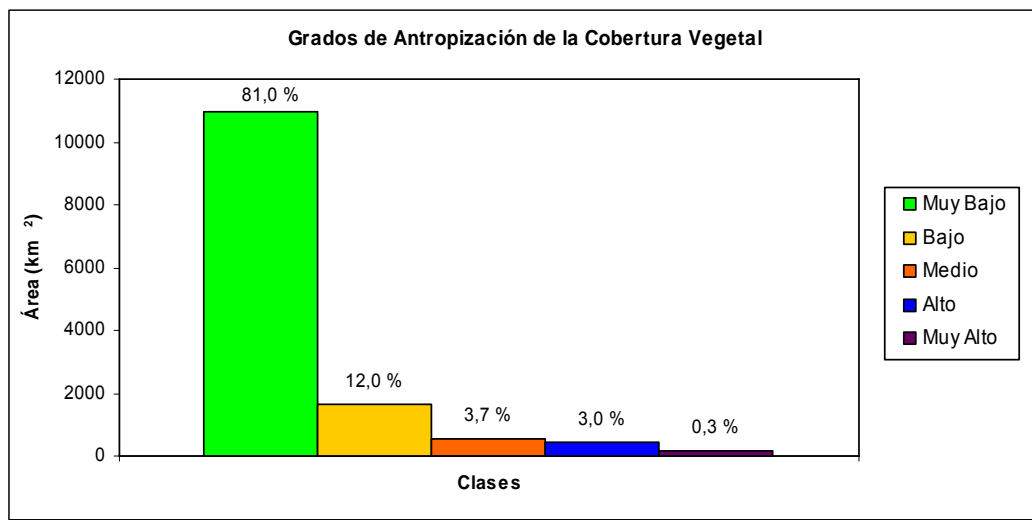


Figura 3. Histogramas de frecuencia de los grados de antropización de la cobertura vegetal.

Estos geosistemas, por el propio contexto socio-económico en que se desarrollan, se vuelven susceptibles a cambios en la cobertura vegetal y utilización del suelo (FAO, 2007). Es así que, en estos complejos naturales predominan áreas heterogéneas, o sea, parches de vegetación donde se combinan estadios sucesionales primarios y secundarios (acahuales), además de presentar infraestructura urbana en las zonas de costa.

Las superficies con Muy Alto grado de antropización en la cobertura vegetal están representadas en planicies costeras y lomeríos, lo que favorece a la siguiente dinámica: agricultura de riego eventual (57.5%), asentamientos humanos (38.3%), agricultura temporal anual y pastizal cultivado 2.6% y 1.1% respectivamente, ocupando en esta categoría, aproximadamente 4.15 km² (0.03% del área total), como se aprecia en el Cuadro 6. Aquí la actividad agrícola puede mantenerse o

ascender ligeramente por los rasgos edafo-biógenos que caracterizan estos paisajes.

Por otro lado, las superficies con Medio y Bajo grado de antropización presentan coberturas mixtas, compartidas entre vegetación primaria y secundaria con áreas de cultivos y pastizales cultivados (ver Cuadro 6).

Cuadro 6. Composición (%) de los distintos grados de antropización de la cobertura vegetal del paisaje.

GACVP	VN	VP-S	VS	P. FOREST.	AGRÍCOLA	PECUARIA	INFR. URB.	TOTAL %
MA		0,50			60,10	1,10	38,30	100,00
A	2,50	1,79	1,70	0,56	82,50	4,25	6,70	100,00
M	0,73	18,39	4,57		37,40	38,61	0,30	100,00
B		52,92	20,37	0,41	9,90	16,10	0,30	100,00
MB		50,77	42,96		2,14	4,11	0,02	100,00

GACVP: Grado de antropización de la cobertura vegetal del paisaje. MA: Muy Alto; A: Alto; M: Medio; B: Bajo; MB: Muy Bajo. VN: Vegetación natural; VP-S: Vegetación primaria y secundaria arbórea; VS: Con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

Es preciso mencionar que la vegetación natural (VN) corresponde a las zonas de manglares y vegetación acuática como es el caso de popal-tular y otros humedales costeros tropicales.

Los resultados indican que de mantenerse los patrones actuales de asimilación socioeconómica, el territorio se mantendría en un adecuado estado de conservación, lo que sugiere tomar medidas precautorias a favor del manejo sostenible de los recursos naturales en la zona.

Los geosistemas con nivel de antropización Muy Bajo ocupan el primer lugar en extensión superficial (ver Figura 3 y Mapa 1) con más de 10,960 km², lo que abarca aproximadamente 81% del territorio. Esto es un buen indicador de que la región se encuentra en condiciones favorables para futuros planes de conservación a nivel regional, pues muestra una incipiente presencia de infraestructura urbana y/o actividades agropecuarias, más bien predominan las áreas con vegetación primaria y secundaria arbórea (50.7%), lo que corresponde aproximadamente a 5,564 km² del área total. Sin embargo, para los geocomplejos de Alto y Medio grado de antropización sería importante y prioritario implementar proyectos de restauración ecológica, pues se encuentran en situación favorable para incorporar extensiones significativas de territorio a las categorías inferiores de antropización.

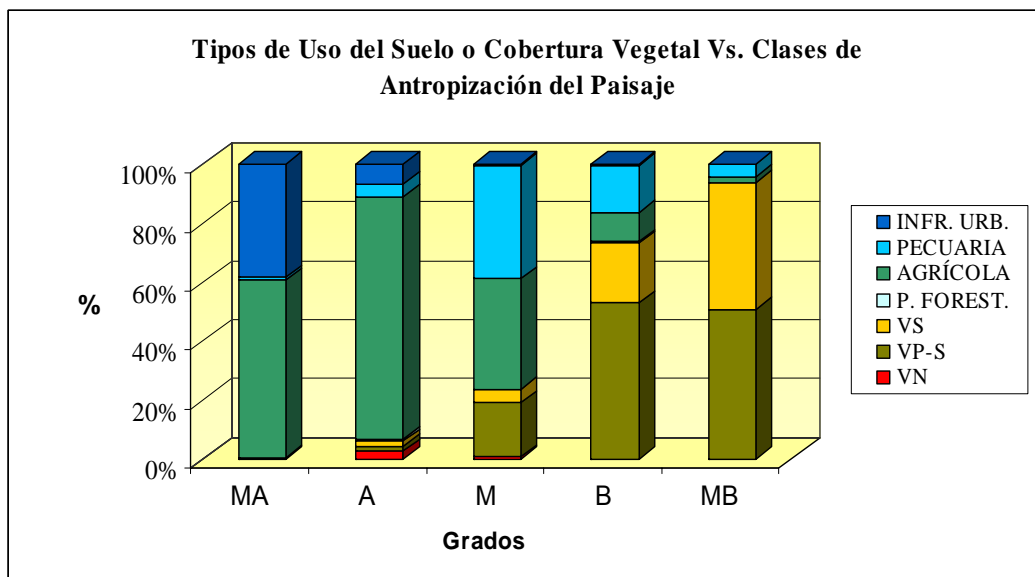
La categoría de Muy Alto grado de antropización es la más importante en términos de transformación de los paisajes por la extensión superficial de la infraestructura urbana, que ocupa alrededor del 38.3% de su superficie con más de 14 km² de extensión (ver Figura 4 y Mapa 1) y con actividad agrícola importante superando el 60% de su área (23.3 km²). La Figura 4 ilustra el drástico cambio que ocurre en el uso del suelo dentro de esta categoría, donde es insignificante la participación de la vegetación primaria y secundaria arbórea.

Lo anterior indica la necesidad de mantener un mínimo de funcionamiento natural en estos territorios, donde debieran priorizarse, por ejemplo, corredores ecológicos como los valles fluviales, áreas de cabeceras de cuencas y zonas de

amortiguamiento (buffer) alrededor de los sistemas fluviales entre otras, para tratar de mantener cierta conexión ecológica con las zonas menos modificadas.

El diseño de tales áreas debe hacerse no en detrimento de las zonas que ya han sido asimiladas, es decir, no se trata de desincorporar áreas actuales de uso agropecuario, sino, de mantener las óptimas y permitir la conservación en fajas de valles fluviales, etc., que garanticen cierta continuidad con las superficies menos modificadas.

Figura 4. Histogramas de composición de los grados de antropización de la cobertura vegetal de los paisajes en la región Sierra-Costa de Michoacán.



Las superficies con Muy Alto grado de antropización de la cobertura vegetal ocupan 0.3% del territorio (ver Figura 3) y poseen distribución espacial muy restringida (ver Mapa 1). Básicamente, se presentan en los alrededores de los centros urbanos importantes, como es el caso de Coahuayana y Lázaro Cárdenas.

Estas áreas se caracterizan por la fuerte asimilación socioeconómica a la que han sido sometidas en los últimos años, pues solo 0.5% del área está ocupada por vegetación primaria y/o secundaria arbórea, y el resto pertenece a zonas agrícolas y de infraestructura urbana o industrial (Cuadro 6).

Como se muestra en la Figura 4, el grado Alto de antropización está representado principalmente por actividades agrícolas con algo más de 82% (aproximadamente 354 km² de su extensión) y lo demás comparte con infraestructura urbana en un 6.7% (aprox. 28.7 km²), pastizales 4.3% (aprox. 18 km²) y entre vegetación primaria y secundaria arbórea en un 4.3% (aprox. 18 km²). Siendo geocomplejos con tan significativa antropización, aquí valdría la pena prestar atención a las “zonas verdes” dentro de las áreas urbanas y a la creación de parques periurbanos como formas de mejorar el entorno ecológico de la región. Como señala FAO (2007), la urbanización de las sociedades sigue creciendo, lo cual presenta desafíos y a la vez oportunidades. Sin embargo, es importante modificar los patrones actuales de asimilación, de manera que no se incrementen estas superficies en el futuro cercano, es decir, no se deben facilitar patrones de uso de los recursos que impliquen un incremento en los paisajes de estas categorías.

4.2- Degradación del Suelo

Se obtuvieron cinco categorías de degradación de los suelos y ocho tipos específicos, distribuidos en toda el área de Sierra-Costa. Además, se tienen tres niveles de afectación que están relacionados básicamente con la erosión o pérdida del suelo: ligero, moderado y extremo según lo indica SEMARNAT y

Colegio de Posgraduados (2002).

El Cuadro 7 resume los resultados del cálculo del índice de degradación de los suelos y las características de los cinco grados de alteración encontrados para la región Sierra-Costa de Michoacán.

Los grados Muy Bajo y Bajo presentan dos niveles de afectación de los suelos, ligero y moderado. Mientras que el grado Medio y Alto muestran afectación de los tres niveles encontrados en el área de estudio: ligero, moderado y extremo. En el grado Muy Alto se concentra el nivel de afectación extremo (90%). (ver Cuadro 7).

El grado Muy Bajo (MB) presenta una amplia extensión en el área de estudio (ver Mapa 2 y Figura 5), en correspondencia con lo encontrado para la alteración de la vegetación. Esta categoría alcanza un área de 13,118.3 km², lo que significa un 95.7% del total de la superficie. Los procesos que la caracterizan son: erosión hídrica con pérdida del suelo superficial (4,788.2 km²), polución (774 km²), pérdida del suelo superficial por acción del viento (275.5 km²) y compactación del terreno (196.8 km²), todas ellas consideradas con un nivel de afectación ligero, lo que representa un 46%. Entre los procesos que se encuentran en la condición de moderado están: declinación de la fertilidad (2,623.7 km²) y erosión hídrica con deformación del terreno (1,180.6 km²), lo que significa un 29% dentro de la categoría. También se tiene dentro de esta clase un 25% de su superficie que no presenta reportes de degradación, lo cual genera cierta incertidumbre o vacío de información en estas áreas, es decir, que no se precisa el tipo exacto de degradación o se puede inferir que se mantienen en condiciones naturales.

Cuadro 7. Procesos de degradación de suelos encontrados en Sierra-Costa de Michoacán, México.

ÍNDICE DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS										
GRADOS / NIVEL DE AFECTACIÓN	Área Total (Km ²)	LIGERO	%	Área (Km ²)	MODERADO	%	Área (Km ²)	EXTREMO	%	Área (Km ²)
MUY BAJO	13.118,3	Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	36,5	4.788,2	Declinación de la fertilidad	20,0	2.623,7			
		Polución	5,9	774,0	Erosión hídrica con deformación del terreno	9,0	1.180,6			
		Pérdida del suelo superficial por acción del viento	2,1	275,5						
		Compactación	1,5	196,8						
		Sin reporte de degradación de suelos	25,0	3.279,6						
BAJO	413,0	Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial	38,4	158,6	Declinación de la fertilidad	32,6	134,6			
		Salinización/Alcalinización	3,5	14,5	Erosión hídrica con deformación del terreno	17,7	73,1			
				Pérdida del suelo superficial por acción del viento	7,8	32,2				
MEDIO	157,1	Declinación de la fertilidad	26,6	41,8	Polución	10,0	15,7	Pérdida de la función productiva	60,0	94,2
		Sin reporte de degradación de suelos	3,4	5,3						
ALTO	3,8	Declinación de la fertilidad	7,0	0,3	Polución	10,0	0,4	Pérdida de la función productiva	83,0	3,1
MUY ALTO	15,0				Polución	10,0	1,5	Pérdida de la función productiva	90,0	13,5

Fuente: Elaboración propia, con base en los resultados obtenidos en el mapa de degradación de suelos causada por el hombre en la república mexicana (2002).

El grado Bajo (B) cubre una extensión de 413 km² (3.01% del total), y se encuentra representado por los procesos de erosión hídrica con pérdida de suelo superficial (158.6 km²) y salinización/alcalinización (14.5 km²), lo que comprende un 42%, dentro del nivel de afectación ligero. Mientras que en el moderado (58%) están presentes la declinación de la fertilidad (134.6 km²), deformación del terreno por erosión hídrica (73.1km²) y pérdida del suelo superficial por acción del viento (32.2 km²).

El grado Medio (M) abarca una superficie aproximada de 157 km² (1.15%) del total del área. En condición extrema se encuentra los suelos que perdieron su función productiva lo que abarca un 60% de su clase. En situación moderada se ubica a los suelos contaminados (polución) en un área de 15.7 km² del total y en situación de afectación ligera se ubica como segundo proceso más importante a la declinación de la fertilidad (41.8 km²).

El grado Alto (A) corresponde a 3.8 km² del total del territorio (0.03%). Está compuesto por los mismos tipos de degradación de los suelos que el grado Medio, pero los procesos con afectación extrema aumentan su participación hasta 83 % del área total, mientras que los ligeros se deprimen hasta 7 %. Sin embargo, su presencia es mínima, como se aprecia en el Mapa 2.

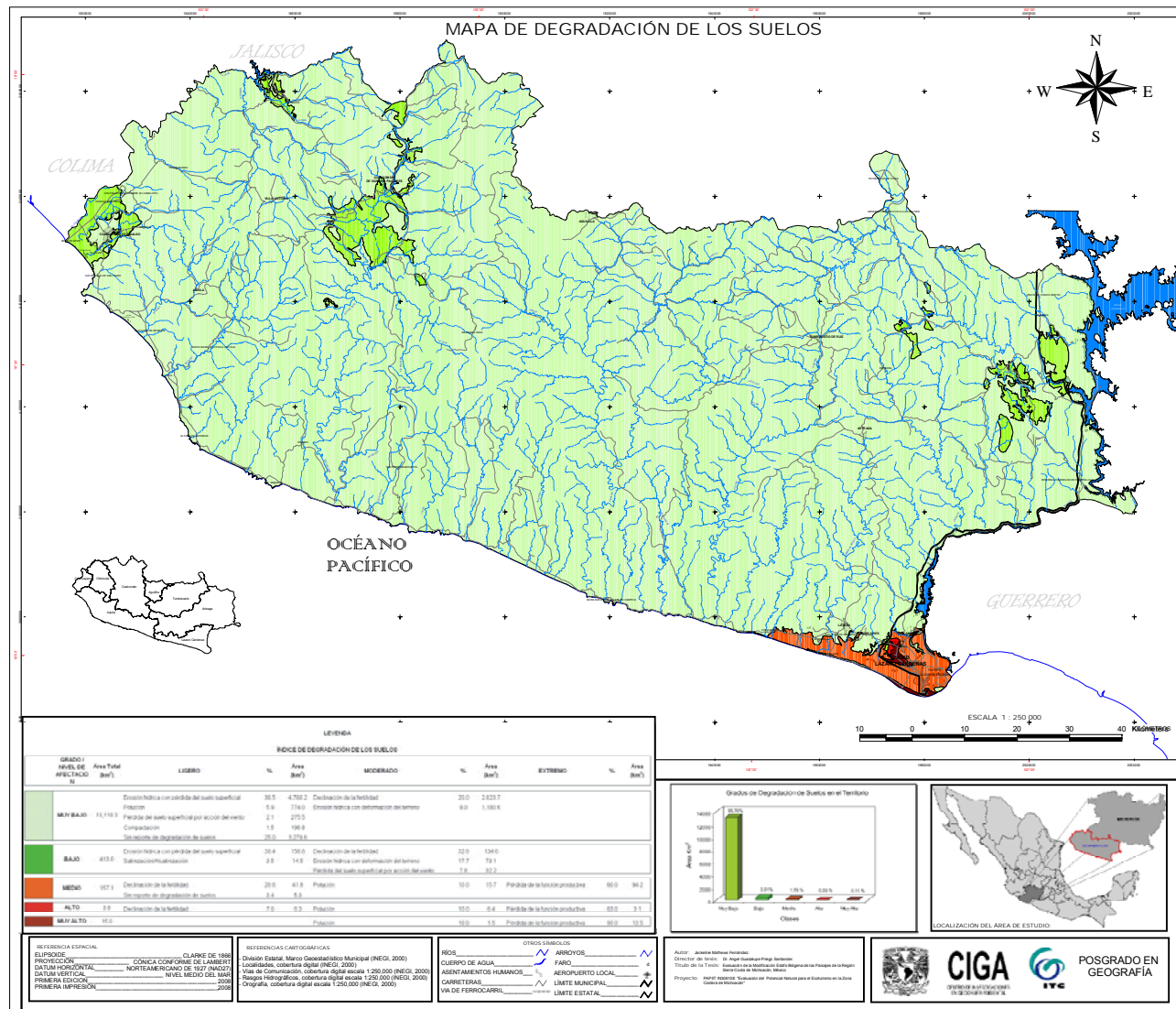
El grado Muy Alto (MA) cubre una extensión de 15 km² lo que representa el 0.11% del total del territorio. La pérdida de la función productiva de los suelos es el proceso dominante (90%) de esta categoría y se ubica en un nivel de afectación

extremo y como segundo proceso se observa la polución de los suelos en un 10% de la clase en condición de afectación moderado.

El Cuadro 8 ofrece la distribución de los procesos de modificación edáfica. Están presentes en el área de estudio cuatro procesos de degradación de los suelos, los que corresponden a ocho tipos específicos de alteración, siendo el más dominante la afectación del suelo superficial por erosión hídrica (36.1%), en correspondencia con la fuerte energía del relieve y las abruptas pendientes que caracterizan el territorio, mientras que el menos observado es la salinización/alcalinización (0.1%), debido quizás, a la débil presencia de la planicie costera en comparación con las grandes superficies que abarcan las montañas.

Cuadro 8. Distribución de los procesos de degradación de los suelos en Sierra-Costa, Michoacán.

Nº	PROCESOS	Área (Km ²)	%
Erosión hídrica			
1	Con pérdida del suelo superficial	4.946,8	36,1
2	Con deformación del terreno	1.253,7	9,1
Erosión eólica			
3	Pérdida del suelo superficial	307,7	2,2
Degradación química			
4	Declinación de la fertilidad	2.800,3	20,4
5	Salinización/Alcalinización	14,5	0,1
6	Polución	791,6	5,8
Degradación física			
7	Compactación del terreno	196,8	1,5
8	Pérdida de la función productiva	110,9	0,8
Sin reporte de degradación de suelos		3.284,9	24,0



Mapa 2. Degradación de los Suelos en la Región Sierra-Costa de Michoacán.

Los principales procesos de degradación de los suelos son la erosión hídrica (45.2%) y la degradación química (26.3%). En tanto que, la erosión eólica y la degradación física alcanzan una superficie aproximada de 615 km² (4.5%) en la zona de estudio.

Los tipos de degradación de suelos con mayor presencia en Sierra-Costa corresponden a pérdida del suelo superficial (erosión hídrica) y declinación de la fertilidad (degradación química) en un área aproximada a 7,747 km² (56.5%). Sin embargo, ambos procesos se encuentran con un nivel de afectación de Ligero a Moderado (ver Cuadro 8), lo que hace que su afectación sobre los suelos sea poco relevante, mientras que las áreas que son afectadas por polución (5.8%), pérdida del suelo superficial por acción del viento (2.2%), compactación del terreno (1.5%), pérdida de la función productiva (0.8%) y salinización-alcalinización (0.1%) afectan a alrededor del 10% del total de la superficie.

Es importante mencionar que existen áreas que no se reportan procesos de degradación (ver Cuadro 8). Según SEMARNAT-Colegio de Posgraduados (2002), son áreas estables bajo condiciones naturales, donde la Influencia humana es (casi) ausente sobre la estabilidad del suelo y existe gran cobertura de vegetación no perturbada. También se menciona que son áreas que pueden ser muy vulnerables a pequeños cambios que afectan el equilibrio natural, debido a la alta complejidad del relieve.

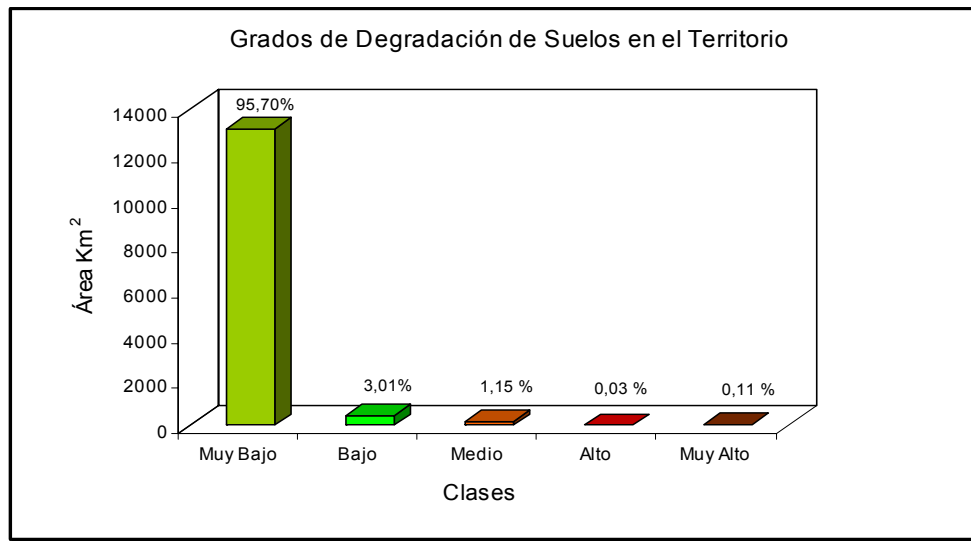


Figura 5. Histograma de la distribución de la degradación de suelos.

Como se observa en la Figura 5, es de notar claramente que la categoría Muy Bajo es la que predomina (95.7%) en el área de estudio. Mientras que las categorías de Alto y Muy Alto son las que menos ocurrencia presentan (0.13%), y las de Bajo y Medio alcanzan aproximadamente 4.0 % del total de la superficie de Sierra-Costa.

4.3- Evaluación de la Modificación Edafo-Biógena de los Paisajes Físico-Geográficos

El análisis de modificación edafo-biógena de los paisajes de la región Sierra-Costa, arroja resultados interesantes. Se trata de un territorio en condiciones privilegiadas para llevar adelante adecuados planes de ordenamiento territorial, pues no se reportan desequilibrios importantes en el área, a pesar de su gran extensión superficial. Sin embargo, algunas peculiaridades llaman a la reflexión.

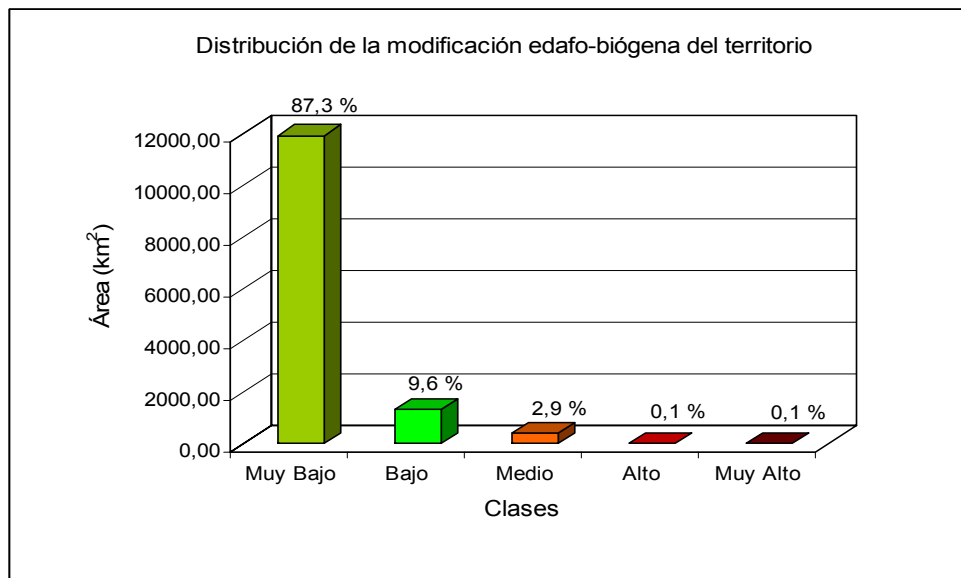


Figura 6. Histograma de la distribución de la modificación edafo-biógena.

Como se aprecia en la Figura 6, la clase de Muy Bajo grado de modificación edafo-biógena en la región Sierra-Costa abarca una proporción aproximada de 87.3% (11,964 km²) del total, lo que da lugar a pensar que el territorio aún mantiene sus características ambientales en buen estado. Sin embargo, es preciso señalar que se tienen áreas que por sus características socio-económicas relevantes se ubican dentro de las clases Muy Alta y Alta como es el sur-este de la región Sierra-Costa donde se localiza el municipio de Lázaro Cárdenas. En estas áreas se concentran 0.2% del territorio, lo que corresponde aproximadamente a 19 km². En tanto que, la segunda categoría más representativa es la de Bajo grado de modificación edafo-biógena con 9.6% (1,322 km²) y finalmente la categoría Media alcanza 2.9% (401 km²) del área total, las cuales se pueden considerar que están en una condición de alto riesgo o susceptibles a ser modificadas.

Cuadro 9. Correspondencia espacial entre antropización de la cobertura vegetal (IACV) y degradación de los suelos (IDS).

IDS \ IACV	MB	B	M	A	MA
MB	I		II	III	
B	I		II	III	
M				IV	
A				V	
MA				V	

El Cuadro 9 presenta la correspondencia espacial entre los diferentes grados de alteración de la vegetación y los suelos. Se aprecian tres estadios que pueden ser considerados extremos (I, III y V) y dos intermedios (II y IV). Por otra parte, las cuadrículas de la matriz que no poseen un color, deben ser consideradas como hipótesis rechazadas para el territorio, pues no se reportan en el mismo. A continuación se discuten las características principales de los grados de modificación de la vegetación y los suelos encontrados en el área de estudio, siendo como sigue:

Muy Bajo (Clase I): Óptimo ambiental edafo-biógeno. Condiciones favorables para la conservación. Baja a Muy Baja alteración de suelos y vegetación. Predominan las condiciones naturales en situación de mínima asimilación socio-económica.

Aquí se agrupan espacialmente aquellas áreas que por sus características edafo-biógenas se encuentran en condiciones compatibles con la conservación del territorio, conformando alrededor del 92% de la superficie.

En estas áreas no se ubican ciudades ni industrias y se distribuyen por casi toda la región. Son las superficies más conservadas y que presentan el mínimo de alteración de suelos y cobertura vegetal, ya que reportan vegetación en estado primario o secundario y casi no presentan procesos de alteración edáfica.

Bajo (Clase II): Favorable ambiental edafo-biógeno. Condiciones adecuadas para el aprovechamiento sustentable. Baja a Muy Baja degradación de suelos y alteración Media de la cobertura vegetal.

En este grado se encuentran aquellas áreas con estadíos intermedios de modificación edafo-biógena, con Media alteración de la vegetación pero con Muy Baja y Baja degradación de los suelos (por ejemplo acahuales), en su mayoría producto de las actividades de agricultura tradicional en milpas, de acuerdo a lo observado en el trabajo de campo. Estos geocomplejos o sistemas naturales, mediante mecanismos de homeostasis¹ o resiliencia tienden a resistir a los cambios y a mantener la estabilidad.

Medio (Clase III): Favorable productivo edafo-biógeno. Condiciones adecuadas para el aprovechamiento intensivo de la actividad agropecuaria. Alta a Muy Alta antropización de la cobertura vegetal y Baja a Muy Baja degradación de los suelos.

¹ Se menciona que, la homeostasis o “elasticidad” es la propiedad de autorregulación, que permite al paisaje recobrar gradualmente su estado original, después de haber experimentado una perturbación o impacto. Mateo y Ortiz (2001) y Rebele (1994) (En García-Romero y Muñoz, J., 2002).

Aquí se encuentran aquellas áreas que se caracterizan por presentar vegetación con elevado índice de antropización, mientras que los suelos presentan mínima degradación. Esto puede deberse a que estas zonas se ubican en áreas predominantemente productivas dado que en ellas se encuentran las zonas de descarga y arrastre de materiales provenientes de las partes altas, como planicies aluviales y valles fluviales, lo que las hacen importantes para actividades agrícolas. Un ejemplo de esto se tiene en la zona de Coahuayana, donde la vegetación natural ha sido sustituida por cultivos (plátano, papaya, etc.). Sin embargo, el suelo no está alterado, sino que mantiene las características propicias para este tipo de actividades y un adecuado nivel de producción.

Los CTN ubicados en este grado de modificación edafo-biógena poseen una importancia primordial en el territorio, pues son los que sostienen la inmensa mayoría de la producción agropecuaria en condiciones de compatibilidad de manejo con sus potenciales naturales.

Es prioritario que estas unidades se mantengan en el grado de modificación que poseen actualmente, pero sin migrar de su ubicación en la matriz del Cuadro 9, pues constituyen la plataforma económica básica del territorio, en condiciones de sustentabilidad ecológica.

Alto (Clase IV): Desfavorable ambiental edafo-biógeno. Pocas condiciones para la conservación y para el aprovechamiento sustentable. Alta a Muy Alta antropización de la cobertura vegetal y Media degradación de suelos.

Aquí se encuentran unidades de paisaje ubicadas, principalmente, alrededor de la ciudad de Lázaro Cárdenas, cuya cobertura vegetal constituye áreas de cultivo y vegetación hidrófila (manglares y tular-popal). Existe una fuerte perturbación de las condiciones naturales del entorno, ya que se observa una drástica alteración de la vegetación y del suelo por la presencia de actividades como relleno de suelos en zonas de humedales (puede deberse a la construcción de infraestructura turística). Además, es necesario destacar la elevada contaminación ambiental producto de los desechos de la siderúrgica. En el momento actual, los manglares, restos de selva inundables y restos de tulares y popales, están siendo sometidos a una fuerte contaminación por acumulación de residuos sólidos.

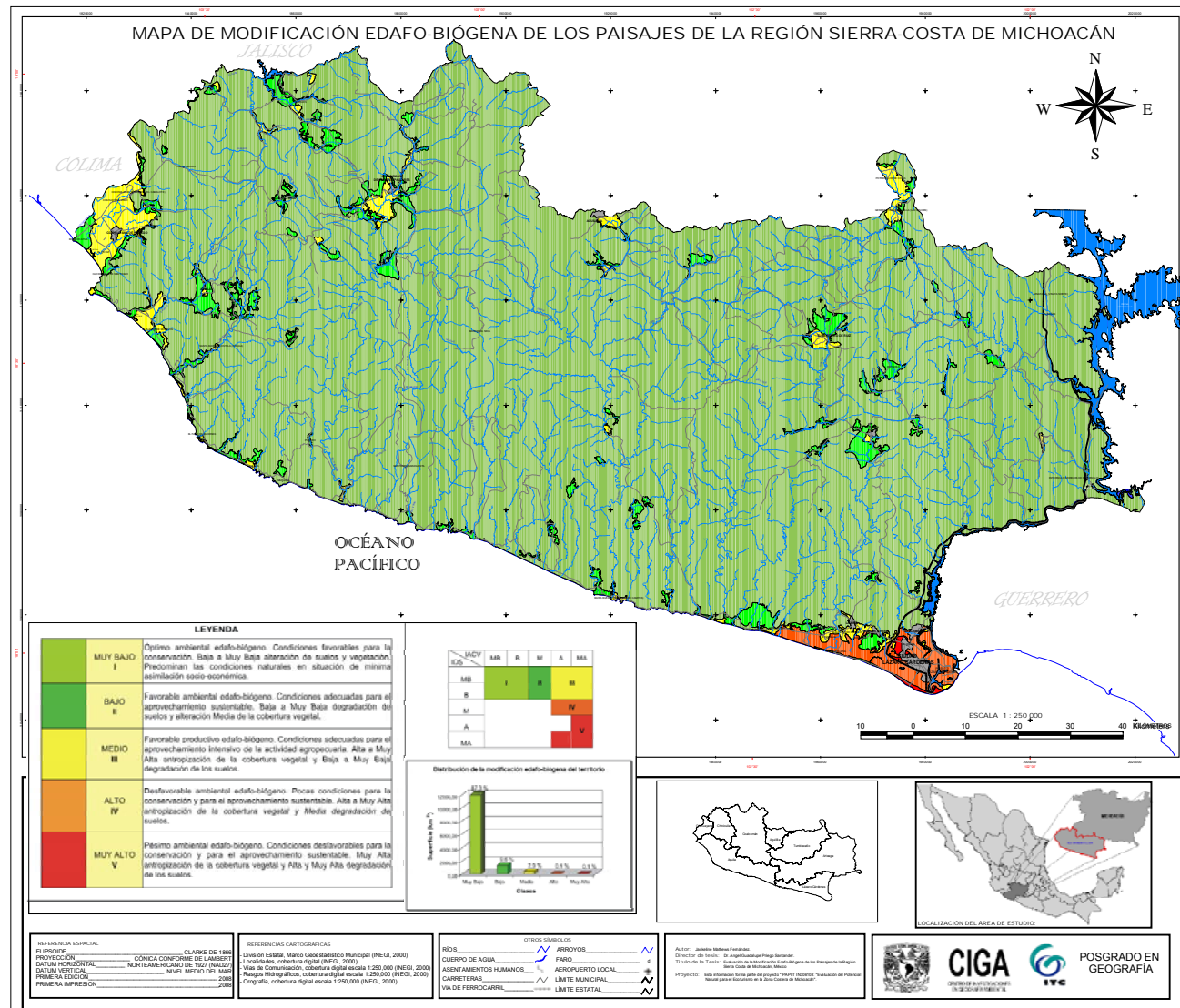
Esta categoría, representa uno de los principales peligros en el territorio, porque no se aprecia una posibilidad real de conservación de la vegetación natural. Además, en esta clase se incluyen también áreas situadas en la zona montañosa y que han sido fuertemente degradadas por actividades incompatibles con sus características naturales, como la presencia de ganado que genera erosión en pie de vaca y posteriormente cárcavas, que debido a la fuerte energía del relieve y a la inexistencia de vegetación natural, pueden dar lugar a fuertes deslizamientos o procesos de solifluxión tropical.

Muy Alto (Clase V): Pésimo ambiental edafo-biógeno. Condiciones desfavorables para la conservación y para el aprovechamiento sustentable. Muy Alta antropización de la cobertura vegetal y Alta y Muy Alta degradación de los suelos.

Agrupación de áreas en que por sus características y condiciones socio-económicas, se encuentran muy fuertemente alteradas las propiedades naturales de los geocomplejos, ya que se distinguen por una fuerte antropización de la vegetación y con los suelos altamente degradados. Básicamente, se localizan en las inmediaciones de la ciudad de Lázaro Cárdenas y su zona industrial, ubicada al sur-este de la región Sierra-Costa, alcanzando aproximadamente 9 km² (0.1% del total). En ellas se encuentran no solo la zona industrial de la misma ciudad sino también se ubica vegetación natural hidrófila (popal-tular, manglares) que está sometida a fuertes procesos de contaminación.

Son los paisajes más degradados del territorio, ya que pierden su capacidad de auto-regulación y regeneración. Este proceso geocológico negativo de rasgos netamente antropogénicos ha promovido la ruptura de las propiedades internas, de su coherencia e integridad en el sistema (Mateo y Ortiz, 2002).

Es sumamente preocupante el estado actual de estos geocomplejos, sobretodo, porque durante el trabajo de campo se pudo apreciar que la tendencia es a aumentar la presión sobre los mismos y no se observaron evidencias de algún esfuerzo de restauración.



Mapa 3. Modificación Edafo-Biógena de los Paisajes de la Región Sierra-Costa de Michoacán.

4.3.1- Algunas peculiaridades de la degradación edafo-biógena de los paisajes en la región Sierra-Costa de Michoacán

Los paisajes físico-geográficos de la región Sierra-Costa de Michoacán poseen algunas regularidades en su estado actual de modificación edafo-biógena que vale la pena destacar:

- 1- Predominan ampliamente los geosistemas con Muy Bajo grado de modificación edafo-biógena (ver Mapa 3). Sin embargo, este resultado puede ser engañoso, pues la escala regional (1:250 000) no permite la cartografía de muchos parches de vegetación que no cumplen con el área mínima cartografiable y que corresponden a zonas con muy fuerte alteración, pero que aparecen ampliamente “atomizados” sobre grandes extensiones de vegetación natural y secundaria. Esto sugiere la necesidad de aumentar la escala de análisis en futuros trabajos, donde seguramente se encontrarán inconsistencias con los resultados aquí expuestos. Además, no debe olvidarse que el presente trabajo se refiere exclusivamente a la modificación edafo-biógena y que por razones de inexistencia de información, no se ha considerado el componente hidro-climático, pero este es de indudable importancia en cualquier toma de decisión, por lo tanto, es impostergable incorporar información sobre el estado de conservación de los recursos hídricos en futuras investigaciones.

2- La zona costera del estado está fuertemente asimilada y casi se puede hablar de dos grandes sectores en cuanto a modificación edafo-biógena: a)- la zona montañosa, con predominio de amplias áreas muy bien conservadas y b)- la franja costera, sobre todo, en las zonas de emisión de los acuíferos superficiales, donde parece una regularidad la existencia en las mismas, de puntos poblados o desarrollos turísticos, a veces incipientes, pero en vías de expansión. Es importante tener este aspecto en cuenta en futuros análisis de ordenamiento territorial. No siempre las zonas más atractivas de la franja costera poseen una amplia cuenca hidrográfica que las alimente de suficiente agua dulce, para sostener importantes desarrollos de infraestructura turística. Parte importante del litoral michoacano solo posee pequeñas cuencas costeras de muy poca extensión superficial y con corrientes temporales o a lo sumo estacionales. Además, como lo mencionan Moreno-Casasola *et al.* (2006), las actividades y alteraciones (por tala y erosión) que se dan cuenca arriba, repercuten en las cuencas media y baja, es así que su efecto se hace sentir hasta los ecosistemas costeros, incrementado el aporte de sedimentos y produciendo azolve de cuerpos de agua. Si no se tiene esto en cuenta, en el mediano plazo pudieran incrementarse los CTN con mayor grado de modificación que los aquí encontrados.

3- Es preocupante la situación de los humedales costeros², sobre todo del tular-popal y manglares situados alrededor de Lázaro Cárdenas, pues la presión sobre los mismos es creciente. Durante el trabajo de campo, se pudo constatar el proceso de relleno (ver Foto 6) de amplias superficies de tular-popal, al parecer, para desarrollo de infraestructura turística. Además, los manglares que están al interior del área de la siderúrgica están en serio peligro por la contaminación. El problema radica en dos aspectos relevantes: a)- los manglares son escasos en la costa michoacana y b)- tanto estos bosques perennifolios como los herbazales, están protegidos por ley, pero en la práctica están siendo modificados fuertemente.

A pesar de lo anterior, la región Sierra-Costa de Michoacán está en condiciones únicas para ser objeto de un ordenamiento ecológico que regule los procesos de asimilación socioeconómica y la conservación de sus paisajes. Sin embargo, es importante considerar que los procesos sociales, no ocurren por si solos. Todo el quehacer económico, tecnológico y social de cualquier sociedad, opera en un determinado soporte espacial y territorial. Por lo tanto, toda planificación en el territorio, debe estar apoyada en procesos de planeamiento de ese soporte social, en el cual vive, y del cual vive la sociedad (Mateo, 2008). Pero además, Tricart y Kilian (1982) coinciden en que, las presiones humanas o la incapacidad del geosistema para regenerar sus estructuras afectadas pueden desembocar en un fuerte desequilibrio.

² Son ecosistemas que se caracterizan por presentar suelos hidromórficos que permanecen anegados, que sostienen periódica o permanentemente una vegetación predominantemente hidrófila (Cowardin *et al.* 1979) (En Travieso-Bello *et al.* 2005).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El enfoque teórico-metodológico empleado brindó un innegable grado de optimización en el proceso de obtención de resultados y análisis de la modificación de los paisajes, proporcionando información valiosa del estado actual de los geocomplejos. Además de facilitar la identificación de las áreas con mayor y menor grado de alteración que servirán para optimizar la toma de decisiones futuras.
2. Resultó favorable la aplicación de una metodología fundamentada en el esquema de integración de los componentes de vegetación y suelo con base en unidades de paisaje, lo cual permitió reconocer los principales procesos de modificación edafo-biógena en el área.
3. El territorio se caracteriza por el amplio predominio de las categorías inferiores de modificación, o sea, Bajo (12%) y Muy Bajo (81%) grado de antropización. Esto significa que se encuentra en una posición privilegiada para garantizar el uso sustentable de estos geosistemas, planificando desde ahora las medidas de ordenamiento ecológico más adecuadas, que garanticen la conservación de los paisajes. Las zonas de mayor alteración poseen distribución muy restringida, casi siempre asociada a los centros urbanos.

4. De los resultados encontrados, la franja costera de la región Sierra-Costa presenta fragmentación y/o alteración de la vegetación, originado mayormente por actividades antropogénicas como agricultura temporal de riego y anual, pastizales cultivados y agricultura nómada. Tampoco se descarta la incidencia de otras actividades tales como urbanización y turismo.

5. La región Sierra-Costa se caracteriza por presentar suelos muy poco modificados en correspondencia a la baja alteración de las coberturas vegetales, alcanzando a predominar las categorías Muy Bajo y Bajo (87.3 % y 2.7% respectivamente). Sin embargo, hay que ser cautelosos con estos datos, ya que los principales procesos de degradación se ciñen a rasgos silenciosos de transformación (como en este caso la pérdida de suelo superficial y declinación de la fertilidad), que de no tomarse las medidas precautorias pueden conllevar a un importante declive en la productividad de los suelos. Las categorías con Muy Alta y Alta degradación de los suelos se circunscriben a zonas de planicies costeras del municipio de Lázaro Cárdenas.

6. De los ocho municipios de la región Sierra-Costa se evidencia que es en Aguililla y Tumbiscatío donde mejor conservados se encuentran los geocomplejos naturales, registrándose en Lázaro Cárdenas y Coahuayana la mayor modificación edafo-biógena.

7. La vegetación, suelos y humedales de las planicies costeras se encuentran fuertemente amenazados por el alto grado de asimilación socio-económica, que caracterizan a aquellas ciudades que buscan un desarrollo acelerado de su economía pero en detrimento de sus recursos naturales inmediatos, lo que ocasiona un desequilibrio que en estas condiciones puede ser hasta irreversible en el mediano plazo.

8. Se recomienda aumentar la escala de trabajo en áreas donde la cartografía utilizada no permitió resaltar las zonas fuertemente perturbadas, que se exhiben a lo largo de toda la costa michoacana, siendo más evidentes en los municipios de Lázaro Cárdenas y Coahuayana.

9. Esta investigación ha abordado el estudio de modificación edafo-biógena de los paisajes. Es importante señalar que se trata de un análisis parcial, pues no se ha considerado al componente hidro-climático, por lo tanto, se sugiere incorporar esta información en futuros trabajos, de modo que se pueda obtener una valoración más integral del grado de modificación geoecológica de los paisajes del territorio.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. ACOSTA, A. (2008): Caracterización del sistema socio-económico, pp: 94-134. *En: Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico.* Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, Mich., México. 160 p.
2. AGUILAR, A. (2006): Algunas consideraciones teóricas en torno al paisaje como ámbito de intervención institucional. Instituto Nacional de Ecología. *Gaceta Ecológica* N° 79, 5-20 p.
3. CANCER, L. (1999): La degradación y la protección del paisaje. Editorial CATEDRA, Madrid, España, 247 p.
4. CHIAPPY, C. y L. Gama (2004): Modificaciones y fragmentación de los geocomplejos tropicales de la Península de Yucatán. *Universidad y Ciencia*, Número Especial I: 17-25.
5. ESRI (1999a): *Arc Info Ver. 8.1*, GIS. Environmental Systems Research, Institute, Inc.
6. ESRI (1999b): *Arc View Ver. 3.2*, GIS. Environmental Systems Research, Institute, Inc.
7. FAO, 2007. Situación de los Bosques en el Mundo. *Silvicultura Urbana*. Roma. Pag. 92. [En línea]: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0773s/a0773s09.pdf>
8. FRANKLIN, J. F. (1993): Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscapes? *Ecol. Applicat.* 3: 202-205.
9. GARCÍA-ROMERO, A. y MUÑOZ, J. (2002): El paisaje en el ámbito de la geografía. *Temas Selectos de la Geografía en México.* Instituto de Geografía. UNAM. México: 29-83 p.
10. GOLLEY, F. (1993): A history of ecosystem concept in Ecology. More than the sum of the parts. Yale University Press. New Haven and London, 254 p.
11. HASSE, G. (1986): Theoretical and methodological foundations of landscape ecology. Institute of Geography and Geoecology. GDR Academy of Science. Leipzig. 4-7 p.

12. INEGI (2006): II Censo General de Población y Vivienda, 2005. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. México.
13. INSTITUTO DE ECOLOGÍA-AC. (1999): Preparación del mapa de antropización del noroeste del país. Departamento de Investigación y Diagnóstico Regional. [En línea]: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfK032.pdf>
14. LOPEZ-BERMUDEZ, F. (2002): Geografía Física y Conservación de la Naturaleza. Papeles de Geografía. Universidad de Murcia. España. 133-146 p. [En línea]: <http://www.um.es/dp-geografia/papeles/n36/07-GEOGRAFIA.pdf>
15. MATEO, J. M. (1984): Apuntes de Geografía de los Paisajes. Imprenta "Andre Voisin". 470 p.
16. MATEO, J. M. (2002): Geografía de los Paisajes. Ministerio de Educación Superior, Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Cuba: 196 p.
17. MATEO, J. M. (2002): Geoecología de los Paisajes: Bases para la Planificación y Gestión Ambiental. Universidad de La Habana, MES, Cuba, 205 p.
18. MATEO, J. M. y ORTIZ, M. A. (2001): La degradación de los paisajes como concepción teórico-metodológica. *Serie Varia*, Nueva Época, N° 1. Instituto de Geografía. UNAM. México, 40 p.
19. MATEO, J.M. (2008): Planificación Ambiental. Universidad de la Habana, Cuba. (s/p).
20. MEDINA, C., Troche, C. H., Larrazábal, A. y A. Velázquez (2008): *Vegetación y uso del suelo*, pp: 12-37. *En*: Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, Mich., México. 160 p.
21. MORENO-CASASOLA, P., Salinas, G., Travieso-Bello, A.C., Juárez, A., Ruelas, L., Amador, L., Cruz, H. y R. Monroy (2006): El paisaje costero: Investigación para el manejo y la conservación. *En*: Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México. Pg. 179-202. 364 p.
22. NEEF, E. (1963): Die Theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Geographisch-Kartographische Anstalt Gotha. Hermann Haack Leipzig.
23. PALACIO, J.L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki, A. Victoria, L. Luna, G. Gómez, J. López, M. Palma, I. Trejo, A. Peralta, J. Prado, A. Rodríguez, R. Mayorga and F. González (2000): La condición actual de los recursos forestales en

- México: resultados del inventario forestal nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Num. 43: 183-203.
24. PÉREZ-DAMIÁN, J. L. y A. G. Priego-Santander (2006): Mapa de Modificación de la Cobertura Vegetal 2000 a escala 1:250 000. Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, INE-SEMARNAT. México. [En línea]:
<http://mapas.ine.gob.mx/website/metadatos/mediobiotico/vegetacion/gmcv.html>
25. PRIEGO-SANTANDER, A. G. (2004): Relación entre la Heterogeneidad Geoecológica y la Biodiversidad en Ecosistemas Costeros Tropicales. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México, 117 p.
26. PRIEGO-SANTANDER, A. G. y G. Bocco (Compiladores) (2008): Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán de Ocampo, Morelia, Mich., 160 p.
27. PRIEGO-SANTANDER, A. G., Cotler, H., Fregoso, A., Luna, N. y C. E. Guadarrama (2004a): Dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala, México. *Gaceta Ecológica*, Nueva Época. No 71: 23-38 p.
28. PRIEGO-SANTANDER, A. G. y H. Morales-Iglesias (2004): Mapa de Paisajes Físico-Geográficos en la Cuenca Hidrográfica Lerma-Chapala, México a escala 1:325 000. Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. INE-SEMARNAT. [En línea]:
http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/mapa_comar_ich.html
29. PRIEGO-SANTANDER, A. G., Morales-Iglesias, H. y C. E. Guadarrama (2004b): Paisajes físico-geográficos de la cuenca Lerma-Chapala, México. *Gaceta Ecológica*, Nueva Época. No. 71: 11-22 p.
30. PRIEGO-SANTANDER, A. G., A. Velázquez, C.E. Guadarrama (2005): El análisis de modificación geoecológica como herramienta del ordenamiento territorial: Caso de estudio de la cuenca Lerma-Chapala, México. Memorias del III Congreso Internacional de Ordenación del Territorio, Guadalajara, Jalisco, México, del 14 al 16 de septiembre de 2005. Ediciones CUCSH, Universidad de Guadalajara,

Compact Disk s/p. Copyright © 2005 Universidad de Guadalajara, No. ISBN: 970-27-0748-X.

31. PRIEGO-SANTANDER, A., Bocco, G., Troche, C., Acosta, A. y J. Mathews (2008): Paisajes físico-geográficos, pp: 38-42. *En: Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, Mich., México. 160 p.*
32. PRIEGO-SANTANDER, A., Bocco, G., Rivas, H., Troche, C., Acosta, A. y J. Mathews (2008): Componentes abióticos del paisaje, pp: 4-12. *En: Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, Mich., México. 160 p.*
33. PRODER (2006): Proyecto de Desarrollo Regional Infiernillo-Sierra Costa (PRODER Infiernillo Sierra-Costa). Elaborado por la gerencia de proyectos sociales de Desarrollo Integral Empresarial Consultores, A.C.
34. REBELE, F. (1994): Urban Ecology and special feature of urban ecosystems. *Global Ecology and Biogeography Letters. IV. 176-187 p.*
35. SEMARNAT-Colegio de Postgraduados (2002): Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, a escala 1.250 000. Memoria Nacional, 58 p.
36. SHISHENKO, P. G. (1988): Estabilidad de los paisajes a las cargas económicas. *Geografía Física Aplicada. Editorial de la Escuela Superior, Kiev, Ucrania, 195 p.*
37. TRAVIESO-BELLO, A. C., Moreno-Casasola, P. y A. Campos (2005): Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el uso y vegetación en humedales transformados a pastizales. *Interciencia. Vol. 30 N° 1.*
38. TRICART, J. y J. KILIAN (1982): La ecogeografía y la ordenación del medio natural. Editorial Anagrama. Barcelona. 288 p.
39. TROCHE, C. H., Medina, C., Velázquez, A. y A. Larrazábal (2008): Evaluación de los Procesos de Cambio de Cobertura y Uso del Suelo (1976-2003), pp: 48-59. *En: Bases para el Ordenamiento Ecológico de la Región Sierra-Costa de Michoacán. Informe Técnico. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM y*

- Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Estado de Michoacán, Morelia, Mich., México. 160 p.
40. TROLL, C. (2003): Ecología del Paisaje. Gaceta Ecológica N° 68. Instituto Nacional de Ecología. 71-84 p.
41. URBAN, D. L., O'Neill, R.V. & H. H. Shugart, Jr. (1987): Landscape Ecology *BioScience*, Vol. 37, No. 2, 119-127 p.
42. URQUIJO, P. S. (2008): Paisaje, Territorio y Paisaje Ritual. La Huasteca Potosina. Estudio de Geografía Histórica. (Tesis de Maestría). UMSNH-IIH, Morelia. México. 254 p.
43. VELÁZQUEZ, A., Medina, C., Larrazábal, A. y C. Troche (2006): Mapa de coberturas de la vegetación y uso del suelo de la región Sierra-Costa de Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM. Campus Morelia. México. Ed. digital. Escala 1:250 000.
44. VILLASEÑOR, G., L. (2005): Las Áreas Potenciales para la Conservación, pp: 157-193. *En*: La biodiversidad en Michoacán. Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 266 p.
-

ANEXO FOTOGRÁFICO

Foto 1. Muy Bajo grado de modificación en las montañas que rodean la laguna de Mezcala - Coahuayana.



Foto 2. Cobertura vegetal en Muy Bajo grado de modificación edafo-biógena-Aguila.



Foto 3. Bajo grado de modificación en las montañas que rodean la laguna del Ticuiz; Medio grado en las dunas, donde parcialmente se ha sustituido la vegetación natural por cultivos de *Cocos nucifera* L.

Foto 4. Polución industrial en Lázaro Cárdenas. Alto grado de modificación edafo-biógena.



Foto 5. Actividades pastoriles en valles fluviales. Grado Medio de modificación edafo-biógena en la cuenca del río Huahua, Aquila.



Foto 6. Sepultación y relleno de humedales en planicie costera. Muy Alto grado de modificación edafo-biógena - L. Cárdenas.