

# MODIFICACIONES ECOLÓGICO-PAISAJÍSTICAS DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO\*

Lorrain Giddings\*\*  
Carlos Chiappy\*\*  
Margarita Soto\*\*  
Lilly Gama\*\*

## Resumen

Se hace un diagnóstico de las condiciones de conservación y deterioro ambiental del estado de Veracruz, México. Para ello se aplica una metodología que fue desarrollada en el Instituto de Ecología y Sistemática de La Habana, Cuba, la cual tiene un enfoque ecológico-paisajístico. En Cuba la información que se requiere para dicha metodología fue tomada directamente en pequeñas áreas de estudio, y las relaciones entre los diferentes tipos de datos se hizo en forma manual. Por la gran área del estado, 70 000 km<sup>2</sup>, se usó la información cartográfica ya editada por el INEGI (Cartas de Suelo, Fisiografía, Frontera Agrícola, Vegetación y Uso del Suelo e Hidrología Superficial), así como la información existente en el sistema de información geográfica (SIG) denominado **Bioclimas**, sin estudios previos *in situ*. Otra innovación consistió en el uso de sistemas computacionales para llevar a cabo la interrelación de la información. Como resultado se obtiene, en forma automatizada, un mapa en el que se definen nueve grados de modificaciones del paisaje, que van desde muy poco modificados hasta totalmente antropizados. Asimismo, se observa que la mayor parte de los paisajes del estado (23%) está muy fuertemente modificada y que es posible restaurar un 20%, ya que están débil o parcialmente modificados.

**Palabras clave:** paisaje, ecología, paisaje ecológico, conservación, Veracruz, México.

## Summary

The conservation status and environmental disturbances in the state of Veracruz, Mexico were evaluated. The method used was developed at the Institute of Ecology and Systematics of Havana, Cuba for small islands (less than 800 km<sup>2</sup>), based upon concepts of landscape ecology. In Cuba the information required for the method was taken directly *in situ* by experts, and deductions of conservation were made manually. Because of the large area of this state (about 70,000 km<sup>2</sup>), existing map information published by the national mapping agency, INEGI (National Institute of Statistics and Geography) were used instead of *in situ* studies. Specifically, information was derived from maps of soils, physiography, agricultural frontier, vegetation and land use, and superficial hydrology, as well as some information in the **Bioclimas** geographical information system. Another innovation was the use of computers to automatice the procedure. The resulting map contains nine degrees of modification, from very slightly modified to completely changed (as in cities). About 23% of the sate was classified as very strongly modified, but it would be possible to restore 20% which are classified as slightly or partially modified.

**Key words:** landscape, ecology, landscape ecology, conservation, Veracruz, Mexico.

\* Recibido: 27 de agosto de 1996.

\*\* Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz.

## 1. Introducción

El deterioro del medio ambiente preocupa tanto a profesionales como al público en general. Todos perciben los cambios desde sus particulares puntos de vista, pero lo cierto es que la inquietud es común. De igual manera, las soluciones propuestas son de índole muy diversa. Sin embargo, la experiencia indica que las soluciones realmente factibles, son aquéllas basadas en el conocimiento científico y técnico del problema, conjuntamente con voluntad social y política para resolverlo.

En el campo académico existen diversas corrientes y escuelas que abordan los problemas del deterioro y de gestión ambiental bajo diferentes enfoques. Entre éstos se pueden citar los de Ecología del Paisaje (Ruzicka y Miklos, 1982; Forman y Godron, 1986; Nave y Lieberman, 1984); Planeamiento Ecológico (Ruzicka, 1978); Ordenamiento Ecológico (Tricart y Kilian, 1982); Evaluación de Impacto Ambiental (Westman, 1985) y Modificaciones Ecológico-Paisajísticas (Chiappy *et al.*, 1989), entre otras. Una constante entre todas ellas es la búsqueda de métodos, tanto cualitativos como cuantitativos que permitan evaluar el estado de conservación o de perturbación de los diferentes componentes del medio natural.

Un grupo de investigación del Departamento de Diagnóstico Regional del Instituto de Ecología, A. C., en colaboración con el Instituto de Ecología y Sistemática de La Habana, Cuba, llevó a cabo en el estado de Veracruz la aplicación de una metodología que está basada en el enfoque ecológico-paisajístico y que había sido aplicada en Cuba por Chiappy *et al.* (1989, 1990a y 1990b). Para la aplicación hecha en la entidad veracruzana se hicieron varios cambios y adaptaciones. Quizá la más significativa fue que la información no fue tomada directamente del campo, como en el caso cubano, sino extraída o derivada principalmente de información existente en los mapas de la Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz (INEGI, 1988). También se debe mencionar que en otros casos fue necesario derivar datos a partir de observaciones meteorológicas.

En la primera aplicación que se hizo, la interrelación de la información se efectuó en forma manual y se obtuvo como resultado un mapa con seis grados de modificaciones ecológico-paisajísticas. Este mapa, a juzgar por personal de la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, tenía una aproximación a la realidad de un 80% (Narave, com. pers.). Esto era acorde con la información con la cual fue hecha la cartografía del INEGI, la cual proviene de la década de los ochenta.

Una vez entendida y evaluada dicha metodología, se vio que era posible su automatización con ayuda del SIG denominado **Bioclimas** (Soto *et al.*, 1984 y Soto y Gómez, 1990). Aquí se presentan, en forma general, el procedimiento utilizado y los resultados obtenidos para el estado de Veracruz. Debido al volumen de detalles éstos no se exponen, pero se

encuentran disponibles, en un informe interno del Instituto de Ecología, para todos aquellos interesados en este nivel (Giddings *et al.*, 1996).

## **2. Generalidades**

Las modificaciones ecológico-paisajísticas son una manera de diagnosticar el estado de conservación o deterioro del medio ambiente, considerando tanto los procesos naturales como las repercusiones de las diferentes actividades antrópicas. Teniendo en cuenta que los cambios que se pueden dar son variados, y que su efecto total o parcial va a depender de la persistencia y fuerza con que actúen los agentes modificadores, en este enfoque se busca encontrar la forma y magnitud en la que se han modificado las características de los diversos componentes del medio. También se trata de determinar lo que ocurre globalmente con los diversos integrantes del medio natural.

Los componentes del paisaje que se analizan son bióticos y abióticos. Dentro de los primeros se encuentra la flora y la fauna, y en los segundos el relieve, el clima y la hidrología. También se tienen en cuenta otros aspectos propios del paisaje. Para el estudio que aquí se presenta, la información provino del material cartográfico del INEGI, el cual se examinó a la luz de las posibles modificaciones que pueden sufrir dichos componentes en el estado de Veracruz. Muchas de éstas han sido repetidamente citadas en la literatura y otras provienen de la experiencia en campo, especialmente de uno de los colaboradores (Chiappy). En el Anexo se muestran las modificaciones ecológico-paisajísticas más frecuentes que pueden sufrir los componentes ya mencionados, de acuerdo con los tipos de modificación y con las formas naturales existentes en el área en estudio.

## **3. Automatización**

### **3.1 Evaluación de las matrices y de la cartografía usada en la metodología manual**

Las matrices utilizadas en el método manual para inferir los procesos de modificación ecológico-paisajística consideran las relaciones causa-efecto entre los procesos naturales y las acciones antropogénicas. También tienen en cuenta la incidencia de dichos factores sobre los componentes del paisaje, estos últimos derivados de los mapas temáticos utilizados. Las primeras pruebas computarizadas demostraron que de la combinación de estas cartas resultaba una matriz con más de diez mil combinaciones posibles al usar todas las divisiones de los mapas. Por este motivo, se tomó la decisión de reagrupar algunas de las clases de los planos empleados.

Las agrupaciones escogidas para esta tarea fueron erosión potencial, fertilidad y formas de laboreo. Éstas son óptimas para un área con un gran desarrollo agrícola y pecuario. Sin embargo, otras agrupaciones serían más apropiadas para áreas con otros usos del suelo, como en las islas donde fue desarrollada originalmente la técnica. Es posible que tampoco

las agrupaciones seleccionadas para este trabajo fueron del todo adecuadas en áreas desérticas con poca dedicación a la agricultura, donde tal vez ni siquiera habría necesidad de subdividir demasiado las tareas. La división es por conveniencia y control del proceso. Para este trabajo se escogieron los mapas que proveían información para cada una de las agrupaciones. Finalmente, las tres agrupaciones fueron combinadas para presentar los datos de modificaciones ecológico-paisajísticas para el estado de Veracruz.

### 3.2 Cartografía

Teniendo en cuenta los requerimientos de información que permitieran simular de forma automatizada las decisiones y análisis de un investigador al elaborar manualmente el mapa de modificaciones ecológico-paisajísticas, se vio la necesidad de usar la cartografía del INEGI (1988) que abajo se enlista, y para el manejo de la información el SIG llamado Bioclimas (Soto *et al.*, 1984 y Soto y Gómez, 1990). Las reagrupaciones consistían en reunir grupos afines: por ejemplo, se asociaron todos los tipos de bosques en uno solo al igual que los tipos de selvas. También en relación con el subsistema de topoformas todos los diferentes tipos de sierras se unieron en uno.

- Carta Estatal de Suelos
  - Unidades de Suelo (reagrupada)
  - Subunidades de Suelo (reagrupada)
  - Fases Químicas del Suelo
  - Fases Físicas del Suelo
  
- Carta Estatal de Regionalización Fisiográfica
  - Subsistema de Topoformas (reagrupada)
  
- Carta Estatal de Frontera Agrícola
  
- Carta Estatal de Vegetación y Uso del Suelo
  - Vegetación y Uso del Suelo (reagrupada)
  - Ciudades
  
- Carta Estatal de Hidrología Superficial
  - Suelos salinos
  - Suelos sódicos
  - Suelos salino/sódicos
  - Zonas de inundación
  
- Carta tomada del Sistema Bioclimas
  - Lluvia máxima en 24 horas

### 3.3 Proceso computarizado

La automatización se llevó a cabo con base en tres agrupaciones y su combinación, como se describe a continuación. Tales agrupaciones constituyen por sí mismas un mapa temático (erosión potencial, fertilidad del suelo y formas de laboreo). Con el término "cruzar" se hace referencia a la sobreposición de varios mapas. Mediante estas agrupaciones se obtiene una matriz con todas las posibles combinaciones, las cuales son analizadas y agrupadas en diferentes categorías.

#### 3.3.1 Derivación del mapa potencial de erosión

Se obtuvo categorizando y correlacionando la información mediante cruzamiento, de tres planos, a saber.

- **Susceptibilidad a la erosión.** Este plano se elaboró usando la Carta Estatal de Suelo y siguiendo los criterios de FAO-UNESCO (1982). De esta manera, considerando su tendencia a erosionarse, las diferentes unidades de suelos se agruparon en seis clases: nula, baja, moderada, moderada-fuerte, fuerte y sin información.
- **Subsistemas de Topoformas.** Fue el resultado de una reagrupación del plano de Subsistemas de Topoformas. Así las tierras se reunieron en un solo tipo, lo mismo se hizo para mesetas, llanuras, barras, arrecifes, valles, dunas, playas y malpaís. Los lomeríos, de acuerdo con sus características geomorfológicas y grado de pendiente se constituyeron en tres tipos. Esto se hizo siguiendo el criterio de un especialista en geomorfología del Departamento de Diagnóstico Regional del Instituto de Ecología (Geissert, com. pers.). Este mapa ofrece un criterio cualitativo de las características de los diferentes accidentes geomorfológicos.
- **Lluvia máxima en 24 horas.** Este plano fue tomado de la base cartográfica del Sistema Bioclimas. Se consideró importante el cruzamiento de este plano con los dos anteriores, ya que proporciona determinada información sobre la posibilidad de ocurrencia de erosión hídrica en el territorio.

Con el cruzamiento de estos tres planos se obtuvo una matriz que permitió evaluar potencialmente la factibilidad de que cada unidad pudiera ser erosionable considerando las características del relieve en donde se encontraba, la propia susceptibilidad de las unidades de suelo a la erosión, así como la cantidad de lluvia máxima en 24 horas capaz de provocar erosión hídrica.

Sobre la base de estos criterios se hizo una reevaluación de cada una de las unidades de suelo, utilizándose la misma escala de erosión que fuera tomada en consideración inicialmente (nula, baja, moderada, moderada-fuerte, fuerte y áreas sin información). De esta forma, una unidad que por definición pudo haber sido catalogada como de erosión baja, en esta ocasión varió su valor en la escala. El mapa obtenido se muestra en el **mapa 1**.

Cabe señalar que el hecho de no haber considerado para la obtención de este mapa la cobertura vegetal, se debió a que ésta se tiene en cuenta en la elaboración del mapa de formas de laboreo del suelo; así que, en la fase de conjuntar los tres mapas para obtener el de modificaciones ecológico-paisajísticas, estaría reflejado este componente.

### **3.3.2 Derivación del mapa de fertilidad del suelo**

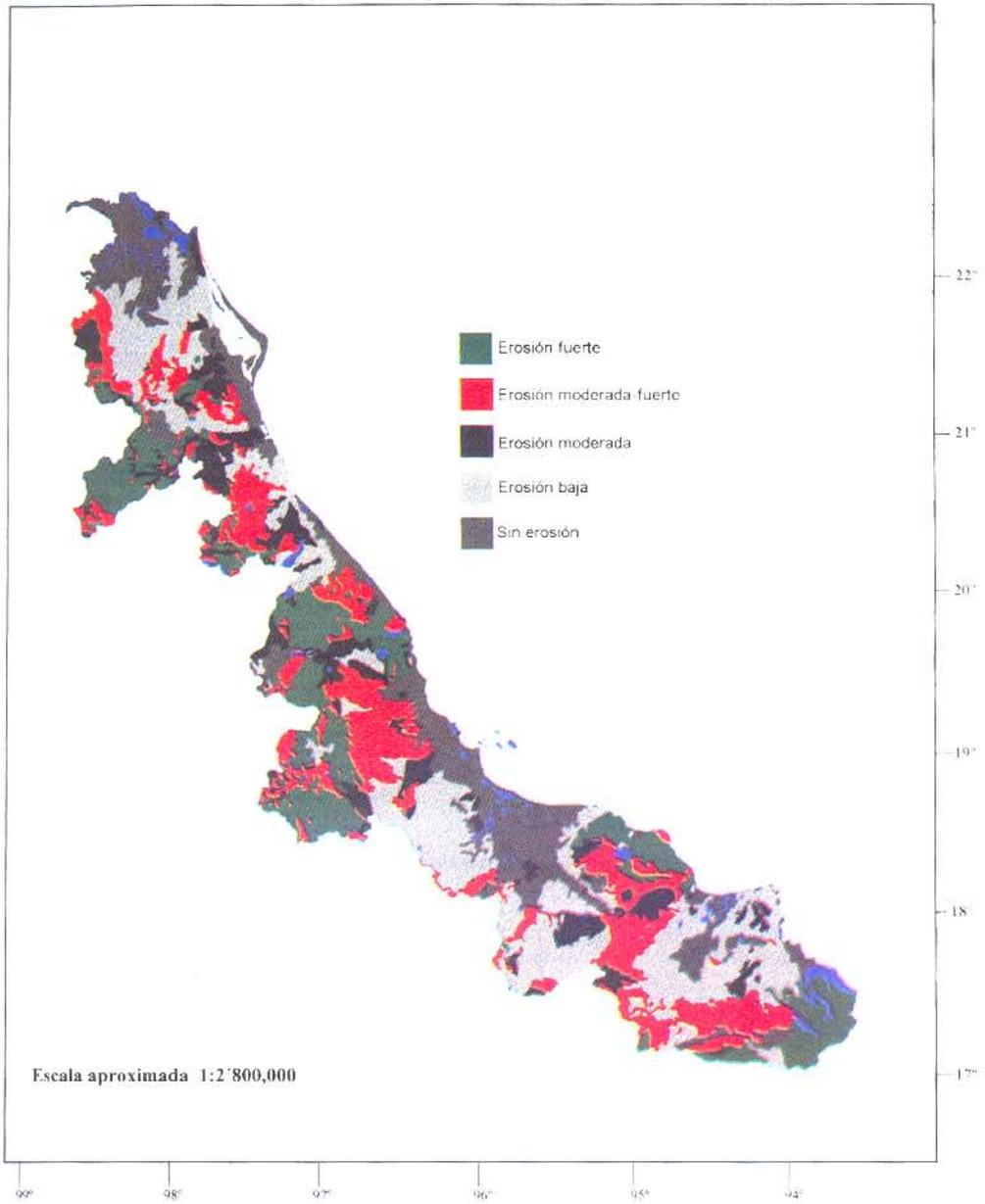
Es evidente que en cualquier paisaje modificado o no, tienen gran repercusión ciertas características, como es la fertilidad de los suelos, por ello, se estimó fundamental considerar este elemento. Esta información no existía por lo que fue necesario derivarla. Para ello se utilizó la carta temática de suelos, pero únicamente la información que corresponde a subunidades. Por ejemplo, a nivel de unidades los fluvisoles, que por definición son suelos fértiles; sin embargo, a nivel de subunidad un fluvisol tónico es poco fértil. En resumen, el procedimiento para la obtención de este mapa fue el siguiente.

Primero se trabajó en el agrupamiento de las subunidades de suelos en relación con su fertilidad, las cuales fueron agrupadas en tres clases (poco fértil, moderadamente fértil y fértil), de acuerdo con los criterios de fertilidad (FAO-UNESCO, 1982; Campos, com. pers.).

Las clases definidas anteriormente fueron a su vez cruzadas con la información contenida en los planos de suelos-fases físicas y suelos-fases químicas, mismas que también fueron derivadas de la carta Estatal de Suelo.

Esta información fue relacionada con la de los planos derivados de la carta Estatal de Hidrología Superficial (suelos-salinos, suelos sódicos, suelos salino/sódicos y zonas de inundación), que dan información sobre los diferentes procesos naturales que inciden sobre dichas subunidades.

La correlación de esta información, al igual que el caso anterior, permitió, a través de una matriz (resultante de los cruzamientos), realizar un análisis de fertilidad para cada subunidad, teniendo en consideración no solo sus características inherentes (fases físicas y químicas), sino además a los diferentes procesos a que pueden encontrarse expuestas. Así por ejemplo, una subunidad que por definición es considerada como fértil, podría



Mapa 1. Mapa de erosión potencial.

no serlo al encontrarse en un área afectada por la salinización o presentar problemas de pedregosidad. La escala formulada para el plano de **fertilidad** quedó integrada por cuatro categorías: nula, poco, moderada y fértil. Este nuevo plano (**Mapa 2**) proporcionó también ciertos criterios sobre las potencialidades de los suelos de acuerdo con su uso actual, así como la posibilidad de hacer algunas inferencias sobre las diversas consecuencias ocasionadas por la artificialización de los agrosistemas, tales como riego excesivo, uso de plaguicidas y alta fertilización, tal como lo plantea Glico (1986).

### 3.3.3 Derivación del mapa de formas de laboreo de suelo

Se sabe que las diferentes formas de laboreo pueden ocasionar modificaciones en el suelo y en el subsuelo. En tal sentido, otro aspecto de interés fue obtener un mapa que nos brindara dicha información. Para ello, el plano que representa la carta Estatal de Vegetación y Uso del Suelo fue agrupada en 11 clases.

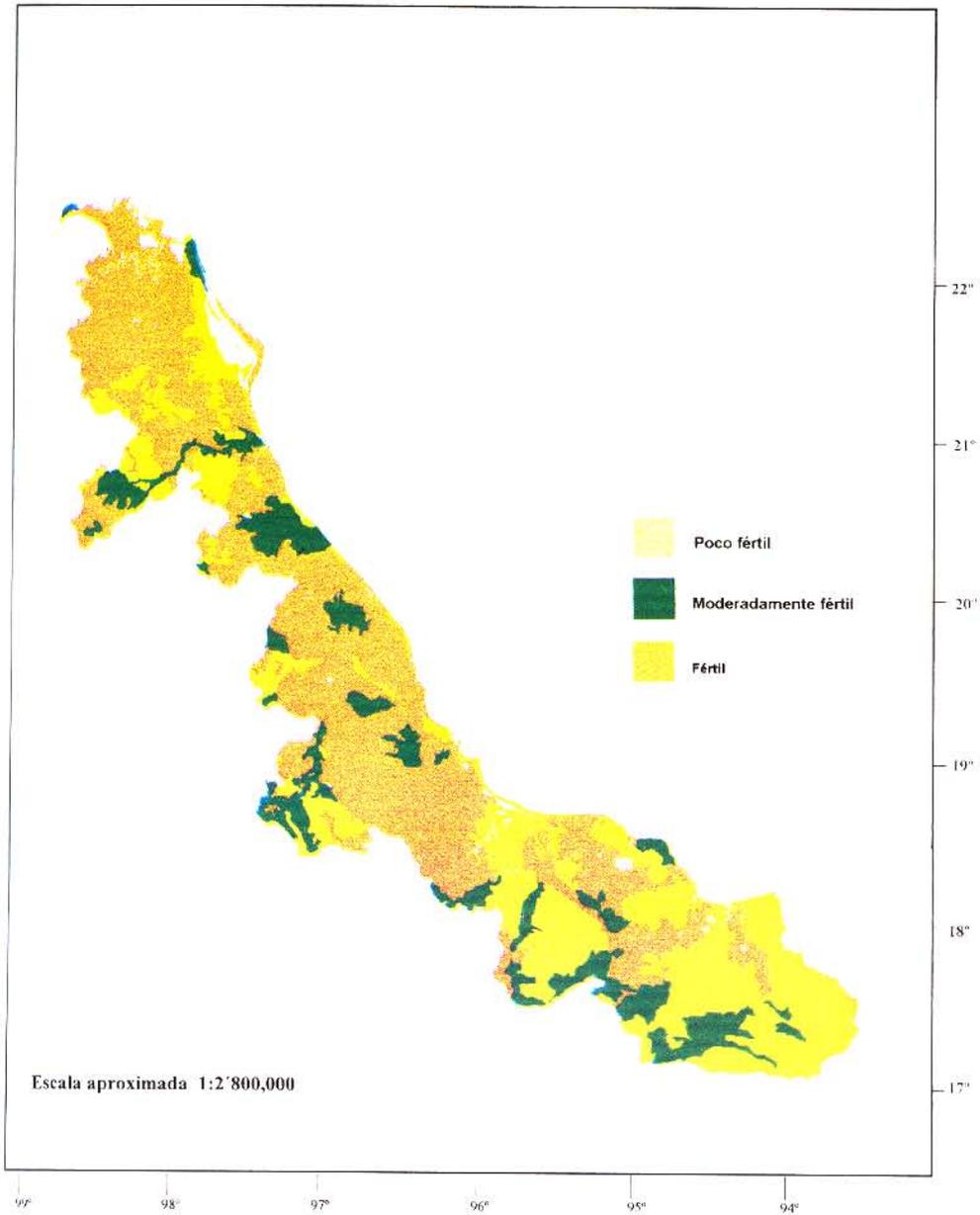
- vegetación primaria
- vegetación secundaria
- vegetación secundaria con agricultura
- agricultura con vegetación secundaria
- agricultura
- pastizal inducido
- pastizal cultivado
- agricultura con pastizal inducido
- agricultura con pastizal cultivado
- áreas sin vegetación
- zonas de erosión

La información de este plano se correlacionó con la carta de Frontera Agrícola que proporciona información sobre la forma en que es labrada la tierra (mecanizada, de tracción animal o manual). Así, con la integración de la información de ambos planos se construyó el mapa de Formas de Laboreo (**Mapa 3**).

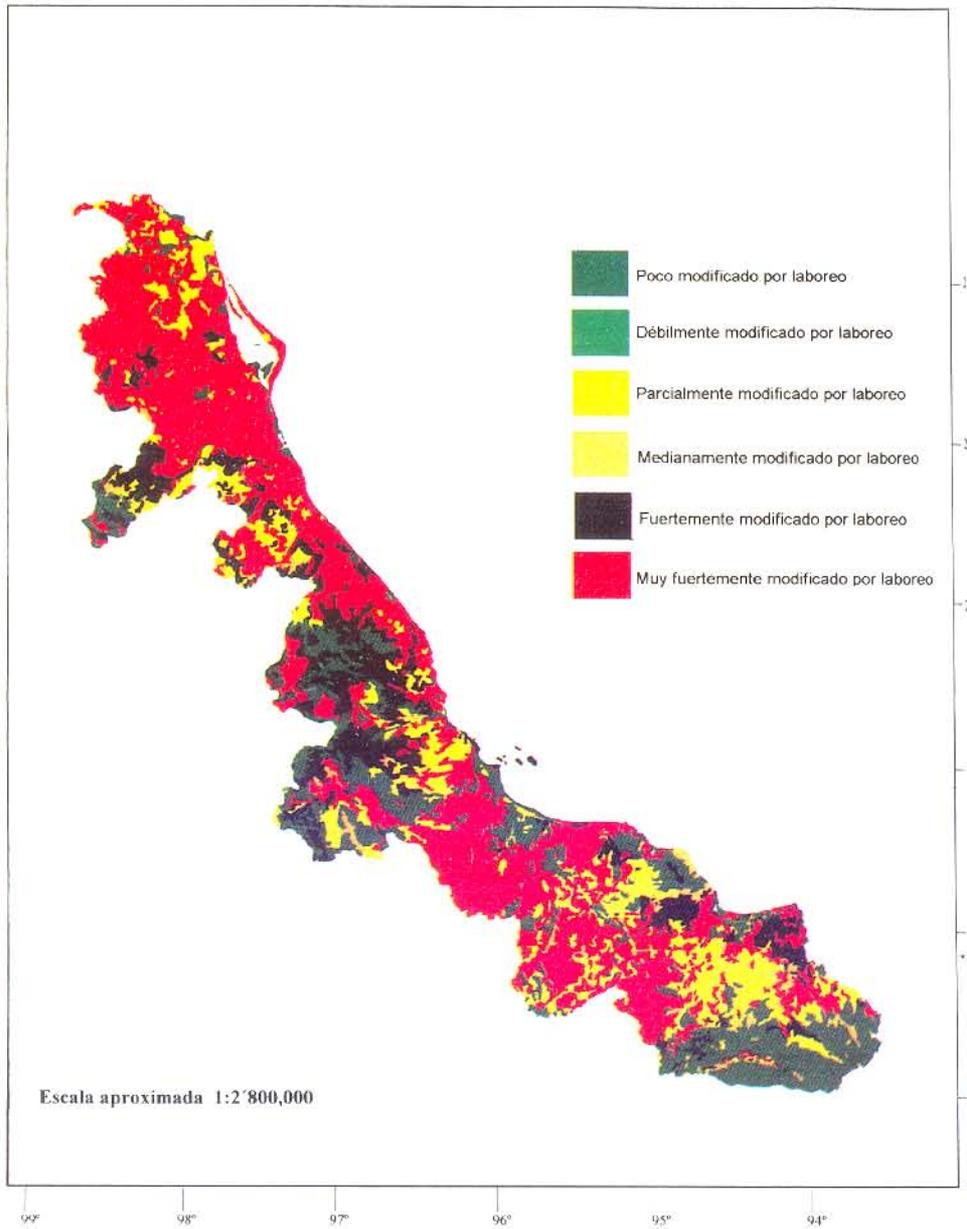
### 3.4 Mapa de modificaciones ecológico-paisajísticas

A partir de conjugar la información de los planos de **erosión potencial, fertilidad y formas de laboreo**, se obtuvo la primera versión del mapa de modificaciones ecológico-paisajísticas.

El paso final consistió en cruzar este plano con la información existente acerca de las actividades industriales y mineras, así como con la de los asentamientos urbanos. Dicha información fue obtenida de la digitización de las ciudades que aparecen en la carta Estatal de Vegetación y Uso del Suelo.



Mapa 2. Mapa de fertilidad.



Mapa 3. Mapa de formas de laboreo.

Por otra parte, la información de las actividades industriales y mineras se obtuvo de la Síntesis Geográfica del Estado de Veracruz (INEGI, 1988). Las industrias fueron agrupadas en las siguientes categorías.

- Industrias de alto riesgo,
- Industrias altamente contaminantes,
- Industrias medianamente contaminantes.
- Industrias manufactureras locales,

En cuanto a los asentamientos humanos, la información se obtuvo de Localidades y Climas (Soto, 1986) y fueron diferenciados tomando en consideración el número de habitantes en dos grupos: ciudades y villas en uno y pueblos con congregaciones en otro, lo que da los últimos grados de modificación. Éstos se incorporan en el cruzamiento final y reflejan las consecuencias originadas por las actividades antropogénicas.

Con la perspectiva del proyecto es evidente que estos datos son actividades antrópicas directas y deben ser considerados como otra agrupación. Así fueron utilizados en la derivación del mapa final de modificación, el cual quedó integrado por nueve grados de modificaciones. Éstos se describen en la **tabla 1** y el mapa se muestra en el **mapa 4**.

#### 4. Algoritmo

La subrutina que realiza el cruzamiento fue programada en Pascal y fue incluida como una opción del sistema Bioclimas que se consulta automáticamente mediante un menú de consulta al sistema (Ronzon, 1994). Dicha subrutina selecciona las cartas y reagrupa las clases en caso necesario; realiza los cruzamientos, reevalúa las matrices resultantes, construye los planos intermedios y el plano final de grado de modificación ecológico-paisajístico.

#### 5. Resultados

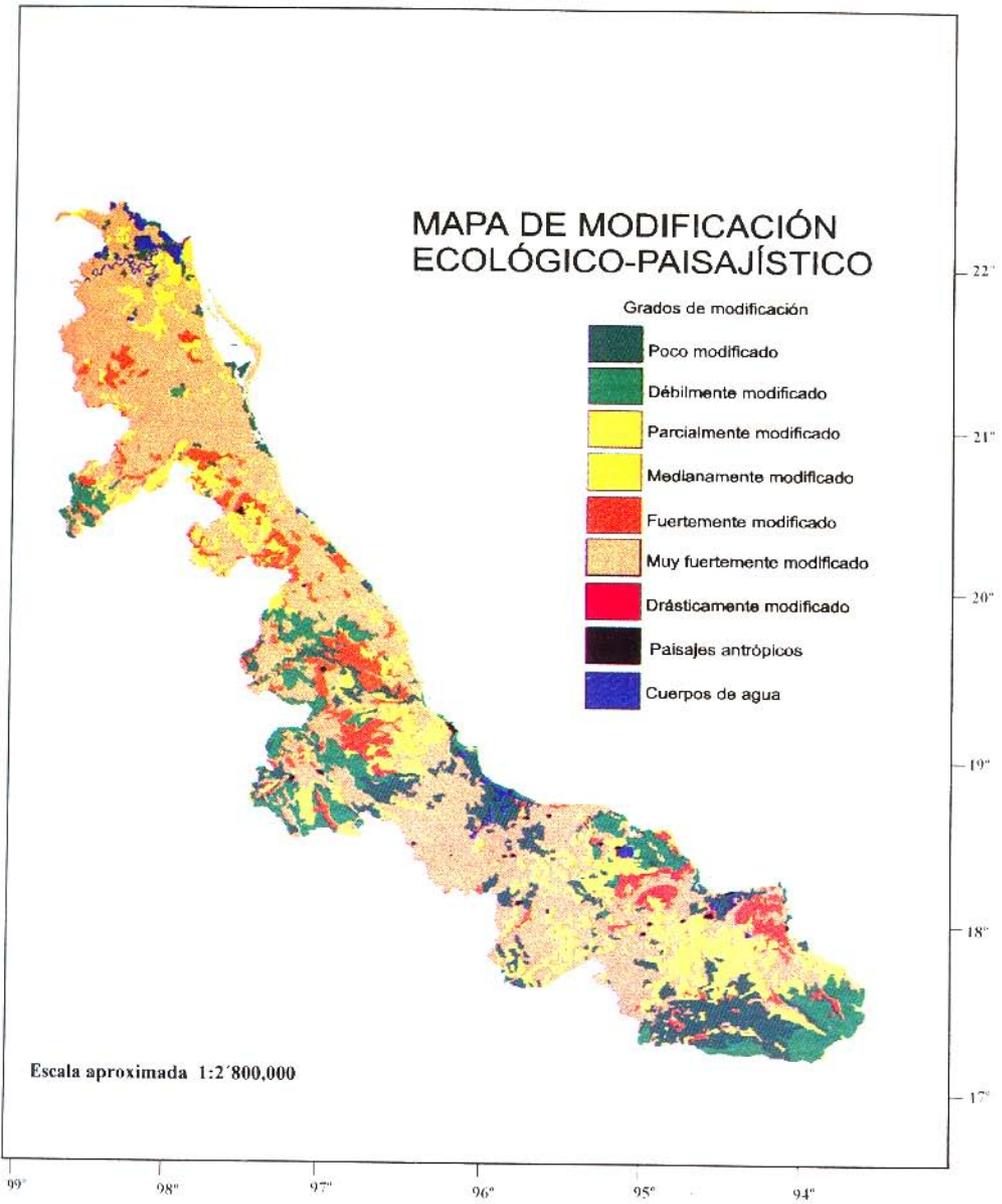
Los resultados son múltiples. Varían desde la producción de información actualmente requerida para orientar las actividades de conservación en el estado de Veracruz hasta los aspectos de desarrollo de tecnología.

##### 5.1 Conservación en Veracruz

Ahora se tienen datos relativamente completos sobre la conservación del estado de Veracruz, tanto en forma tabular (incluidas en la **tabla 1**) como en forma de mapa.

Tabla 1. Escala de modificación ecológico-paisajística

Zona y Símbolo	Título	Descripción	Área de Veracruz
1: ZMO	Zonas poco modificadas	Paisajes prácticamente inalterados con sus propiedades, componentes, elementos y atributos en estado natural o muy cercanos al natural. Sus posibles modificaciones han sido originadas por eventos naturales o procesos inherentes a la dinámica evolutiva de los mismos.	11
2: ZDM	Zonas débilmente modificadas	Paisajes con ligeras modificaciones de carácter antropogénico en la composición de los componentes bióticos, siendo las mismas automitigables y sin la ocurrencia de alteraciones en su autodesarrollo.	10
3: ZPM	Zonas parcialmente modificadas	Paisajes que han sufrido determinadas alteraciones en la composición y estructura de los componentes bióticos, originando la secundarización de los mismos, pero sin que haya cambios en sus propiedades más estables, por lo que es posible aún su recuperación por vías naturales.	10
4: ZMO	Zonas medianamente modificadas	Paisajes que aunque aún mantienen restos de los componentes biogénicos secundarios, presentan alteraciones de composición, estructura y de la dinámica funcional, originadas por un proceso gradual y constante de asimilación y transformación antrópica.	7
5: ZFM	Zonas fuertemente modificadas	Paisajes donde existe predominio esencial de los agrosistemas poco mecanizados sobre el resto de las formaciones secundarias, y donde las prácticas antropogénicas comienzan a afectar de forma directa algunos de los componentes abióticos, tales como el microclima y la cobertura edáfica. El restablecimiento de sus propiedades geoscológicas pueden lograrse a través de tratamientos socio-culturales.	9
6: ZMF:M	Zonas muy fuertemente modificadas	Paisajes que han sufrido una total sustitución de los componentes biogénicos, de forma que los ecosistemas naturales y secundarios han sido sustituidos por agrosistemas altamente mecanizados u otros tipos de sistemas antrópicos. En éstos, los tipos de actividades del hombre comienzan a transformar no solo la estructura vertical de los paisajes (microrelieve, microclima, aguas superficiales y subterráneas, etc.), sino también su estructura horizontal, es decir su interacción con otros complejos fisiográficos.	52
7: ZDM	Zonas drásticamente modificadas	Paisajes que presentan severas alteraciones en sus propiedades geológicas, muchas de ellas de carácter irreversible. Han sido afectados algunos de sus componentes más estables o invariantes como es el macrorrelieve, por lo que en su entorno destaca un gran número de elementos tecnogénicos.	<1
8: PA	Paisajes antrópicos	Éstos aunque creados sobre elementos naturales, han sido modificados por el hombre como marco y sustento de sus propias necesidades y esfera socioeconómica. Los elementos tecnogénicos predominan sobre restos de componentes naturales y su dinámica funcional ocurre de manera totalmente artificial.	<1



Mapa 4. Mapa de modificación ecológico-paisajístico.

No es propósito de este artículo comentar en detalle sobre todos los datos y productos obtenidos; sin embargo, es la primera vez que se cuenta con datos cuantitativos con respecto a conservación. Conviene hacer notar que los datos coinciden en general con conceptos que tienen las autoridades estatales y el público en general, aunque antes de este análisis no había manera de derivarlas cuantitativamente.

La existencia del mapa de modificaciones es especialmente interesante, al igual que su manejo en forma digital dentro de un sistema de información geográfica. Por primera vez fue posible ver en perspectiva las 15 reservas que de acuerdo con Flores y Gerez (1988) existen en Veracruz con respecto al estado de conservación de las zonas donde se encuentran enclavadas. Igualmente son importantes las posibilidades de estudios más comprensivos de la ecología del estado, incluyendo como ejemplo el estudio de corredores entre áreas conservadas. Para planeación de nuevas reservas es una herramienta vital. También los datos y los mapas intermedios son importantes. Al igual que el grado de conservación, es la primera vez que se tienen datos cuantitativos y mapas de los tres temas.

Cabe hacer notar que todos los productos obtenidos tienen la limitación de las fuentes de origen, cuyos mapas fuente fueron publicados en 1980, pero lógicamente sus datos los predatan uno o dos años antes. Los mapas producidos aquí son válidos solo con respecto a tales fechas. Por ejemplo, la urbanización subsecuente así como la expansión de las fronteras agrícolas y pecuarias actualizadas son factores que no pueden ser incluidos en un método automatizado como el aquí planteado.

## **5.2 Extensión del método**

Es evidente que el método aplicado aquí al estado de Veracruz llena un hueco muy notable. Por primera vez es posible emplear un método que proporciona datos tabulares de conservación, permite preparar imágenes impresas e imágenes digitales para manipular en sistemas de información geográfica.

La metodología es aplicable donde existen mapas con la información necesaria. En el caso del país, tales mapas existen para todo México. Por ello es factible producir mapas sobre el estado de conservación del país completo.

## **5.3 El método**

Con respecto al método se puede afirmar que es posible automatizar la metodología que caracteriza las modificaciones ecológico-paisajísticas; a la vez, se pueden derivar algunos otros aspectos relacionados con el planeamiento ecológico, tales como la erosión potencial, fertilidad y formas de laboreo del suelo, así como también hacer mapas de compatibilidad entre las actividades antrópicas y el potencial ecológico-paisajístico del territorio.

En cada una de las etapas que comprendió el proceso de automatización se produjeron diversos productos. En la primera se obtuvo el mapa de erosión potencial, en la segunda el de fertilidad del suelo y en la tercera el de formas de laboreo. Por no ser el objetivo central estos tópicos, solo se describen brevemente cada uno de ellos, ya que fueron productos intermedios que sirvieron de base para obtener el mapa de modificaciones ecológico-paisajísticas que era el objetivo central.

**Erosión potencial.** Éste comprende cinco clases: erosión fuerte, moderada-fuerte, moderada, baja y sin erosión. En la distribución de estos grados no se observa un patrón definido, aunque es posible decir que la mayor parte de la zona sin erosión se localiza hacia la costa, principalmente al norte y sur del puerto de Veracruz. En esta última parte, abarca una zona más o menos amplia al sur de la laguna de Alvarado. Al norte del estado, en los límites con Tamaulipas, se encuentra también una zona relativamente extensa con esta característica. En cuanto a las zonas fuertemente erosionadas se nota que éstas tienen una concentración en las partes montañosas situadas en la parte central del estado. El resto de los grados de erosión están dispersos en toda la entidad, aunque debe hacerse notar que en la parte central se observa una concentración de moderada y moderadamente fuerte. También se nota que un 47% del estado presenta erosión de moderadamente fuerte a fuerte, 35% tiene erosión baja, 13% moderada y solo un 4% no está erosionado. En el **mapa 1** se muestra un mapa redibujado y simplificado en forma manual a partir del obtenido mediante computadora. Dicha figura resulta ser más didáctica y presenta menos problemas de reproducción en el proceso de impresión.

**Fertilidad del suelo.** Se puede decir que en general un clima adecuado y la fertilidad de un suelo son de las principales características que le han permitido al hombre el establecimiento y desarrollo de asentamientos humanos. No obstante, se debe mencionar que en la actualidad esto no es absolutamente necesario, ya que los avances tecnológicos tales como aire acondicionado, calefacciones, obras hidráulicas, mejoradores y abonos de suelos, etc., han hecho posible asentamientos humanos tanto urbanos como rurales en zonas que no tienen en forma natural condiciones óptimas de fertilidad y clima. En este mapa se observa que la entidad veracruzana presenta un 33% de su superficie poco fértil, 14% moderadamente fértil y 52% fértil. Esto último es congruente con el reconocimiento del estado de Veracruz, como uno de los más productivos del país (véase **mapa 2**; éste, como en el caso anterior, corresponde a una simplificación redibujada manualmente).

**Formas de laboreo.** La manera en que el hombre lleva a cabo sus actividades productivas, ya sea mecanizada o manual, afecta al suelo en diferentes niveles. El grado de afectación va a depender del tipo de suelo y de la configuración del terreno, entre otras causas. En el mapa de laboreo obtenido se detectaron seis grados de afectación, los cuales van desde poco afectados hasta muy fuertemente afectados por el laboreo. La mayor superficie del estado está de fuerte a muy fuertemente modificada (59% en conjunto), poco y débilmente

modificada por laboreo se presentan en un 20%. De nuevo esto es acorde con la realidad si se considera que la entidad veracruzana produce una gran variedad de productos (véase **mapa 3**).

**Modificaciones ecológico-paisajísticas.** La obtención de este mapa en forma automatizada era el principal objetivo a alcanzar, lo cual se logró. Dicho mapa muestra que la magnitud de los cambios ocurridos en los paisajes naturales, se expresa a través de nueve grados de modificación (**Mapa 4**), los cuales abarcan desde los paisajes naturales (poco modificados), los agrosistemas originados por el hombre (muy fuertemente modificados), incluyendo además algunas actividades cuyos impactos sobre el medio pueden ser más armónicos con el medio natural, como en el caso de la actividad forestal. En la **tabla 1** se indican las características de cada una de las zonas determinadas y el porcentaje del área que ocupan dentro de la entidad veracruzana.

## 6. Conclusiones

El proyecto desarrollado ha demostrado la posibilidad de automatizar una metodología que, a diferencia de otras, tiene en consideración e interrelaciona tanto las modificaciones producidas por el hombre como las producidas por la propia naturaleza, a partir de una cartografía temática ya existente.

Por otra parte, el hecho de haber usado información existente elaborada por el INEGI permitió no solo una optimización del uso de la cartografía, sino además sentó las bases para el desarrollo de una cartografía aplicada más acorde con los requerimientos de información para la resolución de problemas prácticos. Ejemplo de esto son los mapas de erosión potencial, fertilidad y laboreo.

En relación con la semejanza entre el mapa obtenido en forma manual y el automatizado, se observa que el patrón de distribución de las diferentes zonas de modificación es semejante. No obstante, en el automatizado se definieron otras zonas pequeñas, así como la reducción de otras. Esto es lógico, ya que la capacidad de análisis en detalles finos de la computadora es mayor que la del ojo humano, a pesar de la capacidad de síntesis del cerebro del hombre.

Por lo que se refiere a la correspondencia del mapa obtenido con la realidad actual, cabe señalar que la cartografía considerada data de 1980 y que por ello es factible que algunas de las zonas determinadas con los diferentes grados de modificación, hayan aumentado su área actualmente. No obstante, los patrones de distribución son reales, así se demostró en los recorridos de campo que se hicieron y al dar a evaluar el mapa a un grupo de técnicos de la Secretaría de Desarrollo Social en Xalapa, quienes calificaron la precisión de más de un 80%.

Se considera que los resultados de este trabajo han proveído a la ciencia del Medio Ambiental y a la Ecología del Paisaje, de una nueva herramienta de trabajo aplicable a la evaluación del estado de conservación y del diagnóstico de los paisajes de cualquier territorio.

### Reconocimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Juan Chávez, Policarpo Ronzón, María del Rosario Landgrave y a Magda Gómez, por su colaboración en los aspectos técnicos y logísticos.

De igual manera a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

### Referencias

- Chiappy, C., L. de Armas, J. Milera, R. Vandama y A. Priego (1989), *Modificación ecológica-paisajística. Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago cubano con fines turísticos. Cayo Sabinal-Playa Santa Lucía*, Centro de Investigaciones de Geodesia, Cartografía y Teledetección del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, vol. 1, 94 pp.
- Chiappy, C., R. Vandama y C. Sánchez (1990a), *Modificación ecológica-paisajística. Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Mégano Grande, Cruz, Romano y Guajaba*, Centro de Investigaciones de Geodesia, Cartografía y Teledetección del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, vol. 2, 207 pp.
- Chiappy, C., A. Priego, L. Menéndez y N. Ricardo (1990b), *Modificación ecológica-paisajística. Estudio de los grupos insulares y zonas litorales del Archipiélago cubano con fines turísticos. Cayos Guillermo, Coco y Paredón Grande*, Centro de Investigaciones de Geodesia, Cartografía y Teledetección del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, vol. 3, 180 pp.
- FAO-UNESCO (1982), *Leyenda del Mapa de Suelos del Mundo FAO/UNESCO*, Subsecretaría de Planeación, Dirección General de Estudios, Subdirec. de Agrología, SARH, 125 pp., traducido de Food and Agriculture Organization of the United Nations-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, *Soil Map of the World*, París, 1974, 59 pp.
- Flores, V. O. y P. Gerez (1988), *Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres. Vegetación y Uso del Suelo*, INIREB, Xalapa, Ver., 302 pp.
- Forman, T. T. Richard y M. Godron (1986), *Landscape Ecology*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, 355 pp.
- Giddings, L. E., P. Ronzón, J. Chávez y R. Chiappy (1996), *Detalles técnicos de la derivación de modificaciones ecológico-paisajísticas dentro del SIG Bioclimas*, INECOL. 9630001, Instituto de Ecología, Xalapa, México.

- Glico, N. (1986), *Agricultura y medio ambiente en América Latina*, EDUCA-SIAP, San José, Costa Rica, 244 pp.
- INEGI (1988), *Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz, México*, 69 pp.
- Nave, Z. y A. S. Lieberman (1984), *Landscape Ecology, Theory and Application*, Springer-Verlag, Nueva York.
- Ronzón, O. (1994), *Manual del Sistema Bioclimas, Informe Interno*, INECOL 9630002, Instituto de Ecología, Xalapa, México.
- Ruzicka, M. (1978), "Tropical problems of landscape ecological research and planning", *Ekologia, CSSR* 5:233-238.
- Ruzicka, M. y L. Miklos (1982), "Landscape-Ecological plannings (LANDEP) in the process of territorial planning", *Ekologia*, vol. 1, CSSR.
- Soto, E. M., M. J. Angulo, O. L. Garduño y M. Hernández (1984), "Bioclimatología y computación interactiva", *Ciencia y Desarrollo* (59):153-161.
- Soto, E. M. (1986), *Localidades y climas del estado de Veracruz*, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos (INIREB), Xalapa, Ver., 137 pp.
- Soto, E. M. y A. Gómez-Pompa (1990), Familia Betulaceae, en *Bioclimatología: Flora de Veracruz*, Serie de Estudios Bioclimáticos, núm. 1.
- Tricart, J. y J. Kilian (1982), *La Eco-geografía y la ordenación del medio natural. Elementos críticos*, Anagrama, Barcelona, 283 pp.
- Westman, W. (1985), *Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning. A Wiley-Interscience Publication*, John Wiley & Sons, Nueva York, 531 pp.

**A N E X O**

**Modificaciones Ecológico-Paisajísticas**

En forma resumida se presentan las modificaciones ecológico-paisajísticas más frecuentes en los diversos componentes del medio natural. Éstas se pueden presentar en diversos grados. Para este trabajo, basándose en Chiappy *et. al.*, 1990a y b, se han considerado los siguientes grados: Paisajes antrópicos (PA), drásticamente modificados (DM), muy fuertemente modificado (MFM), fuertemente modificado (FM), medianamente modificado (MM), parcialmente modificado (PM), poco modificado (POM) y débilmente modificado (DLM).

**COMPONENTES ABIÓTICOS DEL PAISAJE**

**Relieve**

- Destrucción de las formas de relieve
- Alteración de la dinámica geomorfológica local

**Suelos**

- Desencadenamiento de procesos erosivos
- Compactación
- Denudación
- Sedimentación
- Alteración del proceso de pedogénesis
- Disminución de nutrientes y materia orgánica
- Pérdida de aeramiento y capacidad retentiva
- Contaminación de los suelos
- Salinización
- Modificaciones de las características físico-químicas y biológicas.
- Pérdida del potencial productivo

**Hidrología**

- Alteración de los procesos de infiltración y circulación de las aguas.
- Cambios en el régimen suelo-agua
- Rebasamiento de cursos de agua
- Aumento de carga de sedimentos en caudales y lechos
- Eutrofización de los cuerpos de agua
- Incremento de la turbidez del agua
- Reducción de la potabilidad
- Alteración del manto freático por sobreexplotación
- Lixiviación de pesticidas y fertilizantes
- Contaminación de las aguas superficiales o sub-superficiales
- Disminución de la calidad de las aguas y del potencial hidrológico.

**Clima**

- Disminución de la humedad relativa
- Aumento local de la temperatura
- Alteraciones micro y mesoclimáticas
- Cambios en los procesos de evaporación, transpiración y filtración

**COMPONENTES BIÓTICOS DEL PAISAJE**

**Vegetación**

- Alteración de la composición florística de la vegetación
- Alteración de la sucesión y la dinámica regenerativa de la vegetación
- Disminución de la riqueza y diversidad florística
- Pérdida del potencial forestal
- Aparición de contaminantes en la materia vegetal (hojas y frutos)
- Invasión de especies indeseables

**Fauna**

- Desplazamiento de la fauna silvestre
- Alteración de la composición faunística
- Eliminación de hábitat de la fauna
- Perturbación del hábitat de fauna
- Destrucción directa de la fauna
- Incremento poblacional de especies dañinas y perjudiciales

**COMPONENTES DEL PAISAJE**

**Paisajes**

- Disminución de los atributos estéticos y culturales de los paisajes
- Disminución de la biodiversidad de los paisajes naturales
- Influencia negativa sobre los paisajes vecinos
- Contaminación atmosférica y emisión de radioactividad
- Peligros de explosión
- Propagación de enfermedades
- Diminución de la calidad ambiental