

UTILIZACIÓN DE UN SIG PARA LA DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL GENERADO POR ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, GANADERAS E INDUSTRIALES: EL CASO DEL VALLE DE ZAPOTITLÁN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE TEHUACÁN CUICATLÁN

Raymundo Montoya Ayala*, **Juan Carlos García Palomares**** y **Jorge Padilla Ramírez***

**Facultad de Geografía e Historia. Universidad Complutense de Madrid

*F. E. S. Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

La utilización de los Sistemas de Información Geográfica ha supuesto un avance notable en los estudios del medio físico, por la ventaja de manejar un gran volumen de información. La metodología aplicada tiene como objetivo determinar el impacto ambiental que es generado al implantar actividades agrícolas, ganaderas e industriales en el Valle de Zapotitlán, localizado en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. Como herramienta para su valoración se utilizó el SIG IDRISI 3.2 para Windows. Los resultados generados son una aportación que ayudarán a la gestión y planificación de la reserva.

Palabras clave: Evaluación de Impacto Ambiental, SIG, México.

ABSTRACT

The use of the Geographic Information System has contributed to a notorious advance in the physical environment studies, because its allows to manage a great amount of information.

Fecha de recepción: octubre 2002

Fecha de admisión: julio 2004

The methodology used has the goal to determine the Environment Impact Assessment produced by agricultural, cattle farm and industrial activities in Zapotitlán Valley, in Tehuacán Cuicatlan Biosphere Reserve, México. A raster GIS IDRISI 3.2 for Windows was used as work tool for assesment. The results obtained are a contribution that may help in the management and planning of the reserve.

Key words: Environmental Impact Assessment, GIS, México.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de un reconocimiento integrado del territorio con fines aplicados tiene su origen en la ley de la globalidad en geografía enunciada por Dokuchaev, y en la que se expresa la interdependencia e interacción de los componentes del medio (Tricart, 1978; González Bernáldez, 1981). Desde entonces han surgido diversas metodologías encaminadas a un conocimiento integrado de los elementos que configuran el territorio y de las interacciones que existen entre estos, facilitando así su diagnóstico y la determinación de su capacidad o adecuación frente a distintos usos potenciales (Boden, 1980; González, *et al.*, 1983; McCormack, y O'leary, 1993; Aramburu, *et al.*, 1994).

McHarg en 1964, introduce el concepto de impacto, entendido como el cambio que se produce en un factor ambiental al implantar una actividad concreta. El concepto de Impacto Ambiental ha producido un giro significativo en el modo de encarar los procesos de planificación, el diseño y ejecución de las actividades humanas, la evaluación de la viabilidad de la actuación se basaba en criterios técnicos, económicos y sociales, y actualmente incluyen los criterios ambientales. La noción de impacto ambiental manejado desde el ámbito científico ha desarrollado metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales hasta el nivel indicativo que precisa toda herramienta informativa para la toma de decisiones. El método de McHarg para la valoración del impacto se basa en la utilización de transparencias sobre las cuales dibujaban con tramas de distinta tonalidad, las limitaciones de los principales rasgos del territorio para un uso dado. Estas, posteriormente, eran superpuestas determinando así las zonas más oscuras como las más sensibles a dicha actividad.

La matriz de Leopold es la técnica que más se ha usado para la valoración del impacto por su utilidad para comparar los efectos de diversas alternativas de uso del espacio, particularmente en proyectos aplicados en áreas relativamente pequeñas y homogéneas (construcción de embalses y explotación de canteras entre otros). Este método se basa en la elaboración de una tabla de doble entrada: un lado corresponde a las actividades causantes del impacto, y el otro a los factores ambientales que pueden verse afectados, a corto y largo plazo, por dichas actividades. A cada casilla resultante le corresponden dos valores de impacto uno de *magnitud*, grado o extensión del impacto, y otro de *importancia* o significación que tiene la acción sobre el factor ambiental, para el territorio que se está analizando (Leopold, 1971). Posteriormente surgen modificaciones a este método (Sorensen, 1971, Parker y Howward, 1977; Clark, 1978; Manning y Moncrief, 1979), todas encaminadas a solucionar algunos de los inconvenientes que presenta la matriz de Leopold como la no aditividad de los impactos, visión sectorial del medio natural y la no consideración del factor tiempo, entre otros.

En la actualidad, la utilización para la superposición automática de mapas y el tratamiento de datos ha supuesto un avance notable en las metodologías para la determinación del Impacto ambiental en cuanto a la posibilidad de manejar un gran volumen de información (Krauskopf y Bunde, 1972; Sondheim, 1978; Tomlin, 1980, Rosemberg, 1981; Johnson, 1990; Grévilliot y Muller, 1996, Gómez Orea, 1999).

Estas metodologías constituyen una aportación al conjunto de análisis que se han de realizar en estudios de impactos, si bien cada una por si sola presenta varios inconvenientes, de los cuales el más importante es el error que se suele cometer al efectuar una suma de impactos parciales para obtener el impacto total, así mismo, tratan de solucionar los problemas que se presentan en las diferentes políticas de planeamiento de acuerdo con los objetivos e intereses prioritarios (ecología, conservación, restauración, usos del suelo, agricultura, desarrollo turístico y esparcimiento, entre otros).

I. ÁMBITO TERRITORIAL

El área de estudio comprende el Valle de Zapotitlán de las Salinas, dentro de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán localizada al Sur del estado de Puebla, y el norte del estado de Oaxaca, localizada entre los $18^{\circ} 10'$ y los $18^{\circ} 27' 30''$ de Latitud Norte y entre los $97^{\circ} 22' 30''$ y los $97^{\circ} 40'$ de Longitud Oeste, con una diferencia altitudinal que va de los 1,242 a los 2,800 msnm (Figura 1). Las características climáticas y de precipitación determi-



Figura 1. Localización del área de estudio.

nan una vegetación compuesta principalmente por matorral cracicaule donde las especie más comunes son de *Cephalocereus columna-trajani*, matorral cracicaule de *Neobuxbaumia tetetzo*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Agave karwinkii*, *Agave marmorata*, *Boucarnea gracilis*, matorral espinoso de *Prosopis laevigata*, *Mimosa luisana*, *Cercidium praecox*, *Caesalpinia melanadnia*, *Stenocereus pruinosus*, *Acacia coulteri*, *Acacia constricta*, seguida en abundancia por matorral subinorme de *Prosopis laevigata* y *Neobuxbaumia* Spp. (Arriaga, et al., 2000 y Arias et al., 2001).

Distribuidos en la zona de estudio se encuentran los poblados de Zapotitlán de las Salinas, Los Reyes Metzontla, San Francisco Xochiltepec, Santa Ana Telostoc, San Lucas Tuletitlán San Juan Raya y Santiago Acatepec (I.N.E.G.I. 1994).

Las principales actividades desarrolladas en la región corresponden a la agricultura de temporal con cultivos principalmente de maíz, se realiza la práctica de huertos familiares, plantaciones de maguey y nopal, plantaciones de pitayas, ganadería de traspatio y ganadería caprina. Las actividades comerciales más importantes en la región se centran en tres aspectos; a) creación de talleres de artesanías de mármol y oníx, b) explotación de sal gema y graveras; y c) explotación de granjas avícolas (I.N.E.G.I. 1987).

II. OBJETIVOS

El estudio del impacto debe identificar las zonas particularmente más sensibles ante el desarrollo de una actividad, con el objeto de desechar alternativas que pudieran ocasionar alteraciones que se consideran ambientalmente admisibles, o en todo caso conocer el coste ecológico y socioeconómico que el desarrollo de la actividad supondría. La información obtenida en una Evaluación de impacto se integra como una condicionante mas en el proceso de evaluación que conduzca a la selección de la mejor alternativa. La evaluación del impacto en la fase de planificación exige la elaboración de estudios de fragilidad y de calidad. El análisis de fragilidad permite prever la susceptibilidad de cada elemento del medio a deteriorarse o la capacidad que tiene para absorber las alteraciones producidas. El análisis de calidad permite evaluar la magnitud que tendrá la alteración del elemento afectado.

El Valle de Zapotitlán de las Salinas se caracteriza en general, por un fuerte grado de transformación, pese a ello, alberga interesantes valores faunísticos, botánicos, geológicos y paisajísticos, que en algunos casos se encuentran protegidos de acuerdo con la legislación vigente en materia de espacios naturales. Los objetivos de este trabajo tienen como finalidad la determinación del impacto ambiental generado por las actividades agrícola, el impacto de la ganadería extensiva considerando el uso actual y el impacto ambiental de la localización de polígonos industriales en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla (México), mediante el uso del SIG IDRISI 3.2.

III. ASPECTOS METODOLÓGICOS

Con base a los objetivos del trabajo, se han identificado las distintas alteraciones analizando el efecto de cada acción sobre cada elemento del medio con la utilización de modelos

que representan la realidad del territorio que ponen de manifiesto la evolución de los fenómenos o el desarrollo en el tiempo y el espacio los distintos procesos.

Para la Evaluación del Impacto Ambiental en su primera fase de prospección y sectorización se obtuvieron una serie de aportaciones sobre el territorio, con la finalidad de adquirir datos ambientales para cada tema o aspecto del medio. La obtención de documentación inicial se basó en trabajos referentes a cada tema del territorio, proyectos, informes y estudios locales y regionales, la cartografía editada por el INEGI a escala 1:50.000 para cada tema y fotografía aérea a escala 1:30.000. La cartografía que se consideró en el área de estudio fue la vegetación y usos del suelo, modelo digital del terreno, orientación, pendiente, unidades de paisaje, riesgo de erosión, calidad y fragilidad de la vegetación, calidad y fragilidad del paisaje, fragilidad de las aguas superficiales, calidad del territorio, fragilidad visual y productividad de los suelos. Para el análisis y aplicación de los modelos se utilizó el Sistema de Información Geográfica IDRISI ver 3.2 (Eastman, 1999).

Con la información relativa al medio natural y al estado actual del área de estudio, se realizó la determinación del Impacto Ambiental, las actividades consideradas en este análisis se han establecido a partir de las actividades que se desarrollan en la actualidad en el área y que pudieran llegar a incrementarse. Las actividades consideradas son los cultivos agrícolas, la ganadería extensiva y los polígonos industriales. Para cada una de estas actividades se consideran los elementos influyentes sobre los efectos ambientales directos e indirectos que experimentarían el territorio como consecuencia de la ejecución de la actividad generando como resultado una cartografía de impactos.

Los modelos aplicados para la Evaluación del impacto ambiental de las actividades propuestas son los siguientes (Fig. 2 Modelos de Evaluación de Impactos):

IV. RESULTADOS

a) IMPACTO DEL CULTIVO AGRÍCOLA

Para el análisis se han considerado el establecimiento de cultivos intensivos en grandes superficies y el establecimiento de cultivos en pequeñas superficies, el modelo de impacto se aplica a los dos tipos (Fig. 2). En el modelo se considera que el impacto de los cultivos agrícolas depende de factores como:

- Riesgo de Erosión:

El riesgo actual de erosión ha sido valorado en 5 clases, en donde la Clase 1 describe el valor mínimo de erosión actual y la clase 5 el valor máximo. Estas representan las clases de impacto erosivo.

- Calidad de la Vegetación:

La calidad de la vegetación se ha valorado en 5 clases, en donde la clase 1 describe el valor mínimo de calidad de la vegetación y la clase 5 el máximo. Estas mismas clases representan las clases de impacto sobre la vegetación.

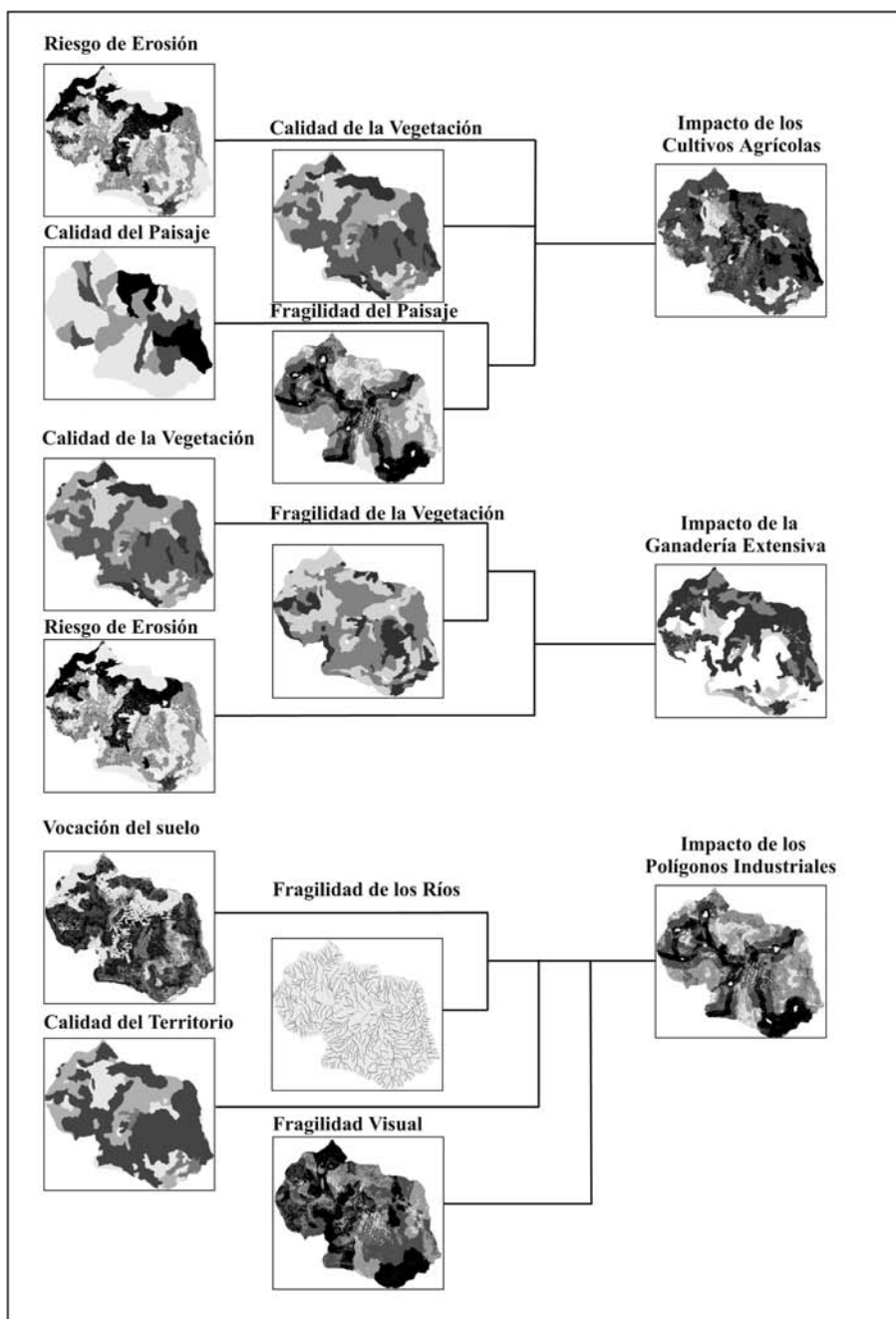


Figura 2. Modelos de evaluación de Impactos para la determinación de los impactos. (Fuente: Cátedra de Planificación y Proyectos. E. T. S. Ing. De Montes. U.P.M. 1997).

- Calidad del Paisaje:

La calidad del paisaje ha sido valorado en cuatro clases, en donde la clase 1 describe el valor mínimo de calidad del paisaje y la clase 4 el máximo. Estas mismas clases representan las clases de impacto sobre el paisaje.

- Fragilidad del Paisaje:

La fragilidad del paisaje ha sido valorado en cuatro clases, en donde la clase 1 describe el valor mínimo de fragilidad del paisaje y la clase 4 el máximo. Estas mismas clases representan las clases de impacto sobre el paisaje.

En este sentido, el análisis del impacto por la actividad agrícola considera causas por las que la actividad puede producir un impacto crítico en determinadas zonas del territorio por ser: a) áreas de mayor riesgo de erosión, al que le corresponde mayor impacto por la actividad agrícola, b) áreas con la calidad más alta de vegetación y en consecuencia con el mayor impacto por la actividad agrícola, y c) áreas de máximo impacto sobre el paisaje, a partir de la combinación de la calidad y la fragilidad del paisaje.

En el procedimiento para la determinación del impacto por las actividades agrícolas, las clases definidas de calidad del paisaje y las clases de fragilidad del paisaje se combinan mediante una matriz para obtener cuatro clases de impacto paisajístico. Posteriormente, mediante la superposición de la cartografía correspondiente y por la suma de los valores numéricos de cada clase, se establecen cuatro clases de impacto para el cultivo agrícola (Fig. 3), con las siguientes frecuencias.

Clase 1. Impacto bajo: 4,765 ha. Es la de menor impacto.

Clase 2. Impacto medio: 4,198 ha.

Clase 3. Impacto alto: 24,298 ha.

Clase 4. Impacto muy alto: 6,383 ha. Es la de mayor impacto.

b) IMPACTO DE LA GANADERÍA EXTENSIVA CONSIDERANDO EL USO ACTUAL

A través de este impacto genérico, el territorio se clasifica según los efectos que la ganadería realizaría en el medio. Esta evaluación indicará la mayor o menor posibilidad de alteración del lugar afectado. En sentido estricto, esta evaluación será su fragilidad o susceptibilidad al deterioro por ganadería extensiva, en las condiciones actuales y cuando se supere la carga máxima de ganado.

Los factores considerados son la erosión actual y el impacto sobre la vegetación definido en función de la calidad y fragilidad de la vegetación (Fig. 2).

- Impacto sobre la vegetación:

Los valores de calidad y fragilidad de la vegetación se combinan matricialmente para dar un valor conjunto que defina el impacto sobre la vegetación. Al realizar esta combinación se ha obtenido una cartografía del impacto de la vegetación en 4 clases.

- Erosión actual:

El riesgo actual de erosión ha sido valorado en 5 clases, en donde la Clase 1 describe el valor mínimo de erosión actual y la clase 5 el valor máximo.

Estos dos factores; impacto sobre la vegetación y el riesgo actual de erosión se combinan mediante una matriz, a partir de la cual se definen 4 niveles de Impacto de la ganadería extensiva considerando el uso actual del suelo. A este se han superpuesto el territorio sin capacidad y los excluidos (clase 0: cultivos y núcleos urbanos respectivamente).

Se definen por lo tanto tres niveles de impacto de la Ganadería Extensiva según el uso del suelo actual (Fig. 4), que en el territorio en estudio aparecen con las siguientes frecuencias:

Clase 1. Impacto bajo: 4,224 ha.

Clase 2. Impacto medio: 6,594 ha.

Clase 3. Impacto alto: 17,009 ha.

Excluidas: 11,817 ha.

c) IMPACTO DE LA LOCALIZACIÓN DE POLÍGONOS INDUSTRIALES

Para determinar el impacto que puede ocasionar la instalación de polígonos industriales de tamaño pequeño o medio se han tenido en cuenta los siguientes parámetros: vocación del suelo (según su productividad agrícola), calidad del territorio afectado, fragilidad de las aguas superficiales (que pueden resultar contaminadas) y fragilidad visual (Fig. 2).

- Productividad de los suelos:

Se han definido cuatro clases para la productividad de los suelos. La clase 1 representa la menor productividad de los suelos y la clase 4 la mayor productividad de los suelos.

- Fragilidad del agua superficial:

Se ha realizado una clasificación de las aguas superficiales en función de su caudal, de esta forma se han definido 4 clases.

Clase 1. Sin cauces.

Clase 2. Cursos de orden 1 (ríos pequeños e intermitentes).

Clase 3. Cursos de orden 2 (ríos de tamaño medio).

Clase 4. Cursos de orden 3 (ríos caudalosos).

- Calidad del territorio:

Para la obtención de la calidad del territorio se han integrado las capas temáticas de calidad de la vegetación y calidad del paisaje. Las clases representan la simplificación de la gradación inicial de impactos. La clase 1 representa la menor calidad del territorio y la clase 4 la mayor calidad del territorio.

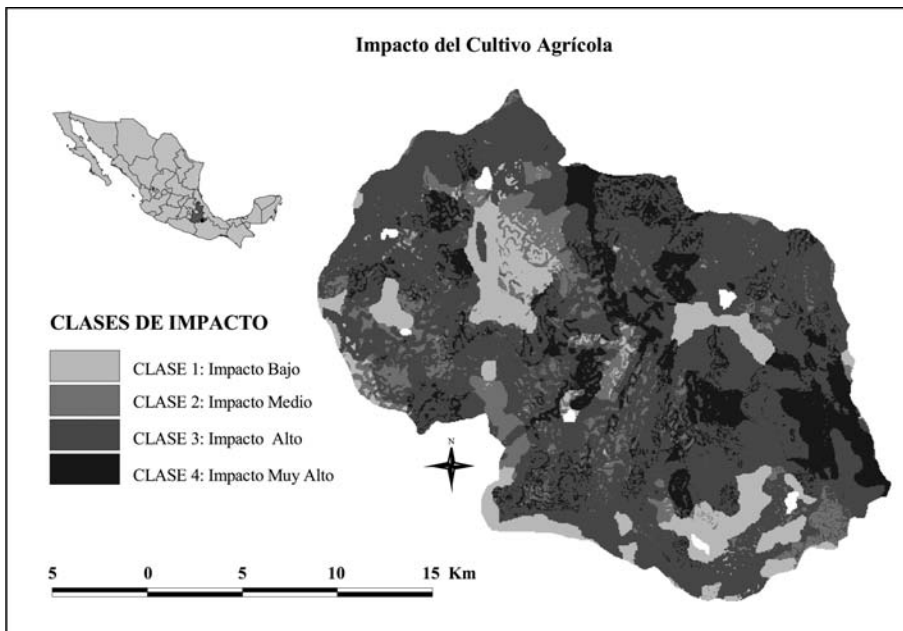


Figura 3. Impacto del cultivo agrícola.

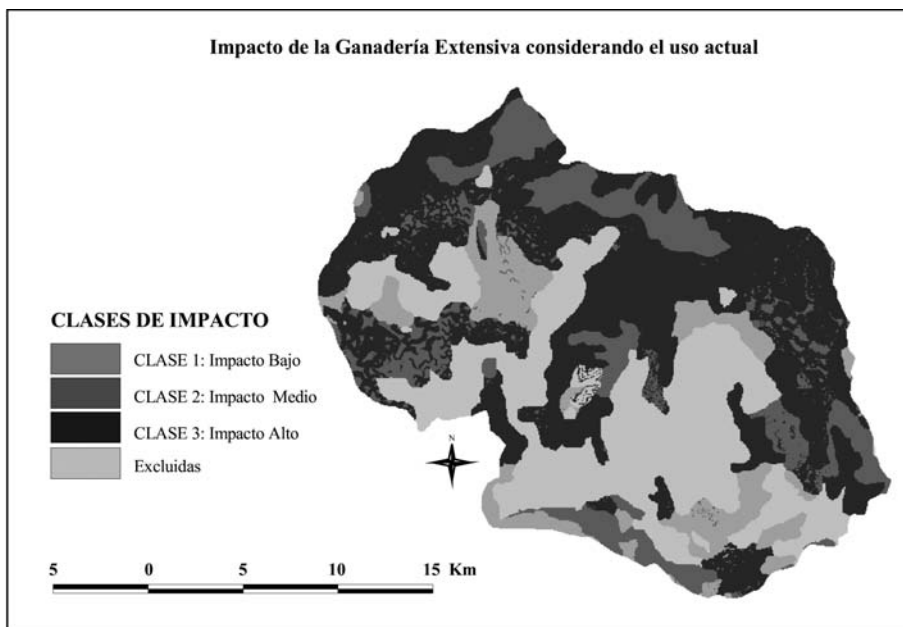


Figura 4. Impacto de la ganadería extensiva considerando el uso actual.

- Fragilidad visual:

El posible impacto sobre el paisaje de la localización de un polígono industrial se considera a partir de la fragilidad visual, para este modelo se han definido 4 clases de fragilidad visual en donde la clase 1 representa la menor fragilidad visual y la clase 4 la mayor fragilidad visual

Mediante una matriz se combinan las clases definidas en función de la fragilidad de las aguas y de productividad de los suelos. Posteriormente se combinan estas clases obtenidas con la calidad del territorio utilizando la siguiente matriz:

		Impacto suelo/agua			
		1	2	3	4
Calidad territorio	1	1	1	2	2
	2	1	2	2	3
	3	2	2	3	4
	4	2	3	4	4

De esta integración resultan 4 clases. El aspecto de fragilidad visual añade un valor a las clases de impacto total resultante del modelo. De esta forma se añade valor cuando se trate de superficies con un valor 3 ó 4 de fragilidad visual.

Tras la aplicación del modelo para la determinación del impacto de la localización de polígonos industriales (Fig. 5), el territorio en estudio queda dividido en cuatro clases de impacto, que aparecen con la siguiente frecuencia:

- Clase 1. Impacto bajo: 5,222 ha.
- Clase 2. Impacto medio: 13,787 ha.
- Clase 3. Impacto alto: 12,138 ha.
- Clase 4. Impacto muy alto: 8,229 ha.
- Excluida (núcleos urbanos) 268 ha.

La utilización de un SIG para la valoración de los impactos representa una herramienta muy útil en el campo de la planificación y gestión de los espacios naturales protegidos. En este estudio, la clasificación del territorio en términos de clases de impactos proporciona un mejor conocimiento del área de estudio porque indican la atención que requieren estos espacios para el desarrollo de cualquier actividad que afecte las características ecológicas de la reserva.



Figura 5. En la Reserva de la Biosfera se presenta un gran número de especies endémicas.

El en Valle Zapotitlán de las Salinas existen 7 núcleos urbanos y un gran número de comunidades dispersas que practican una agricultura y ganadería de subsistencia y además entre ellas se encuentran poblaciones recolectoras de recursos naturales, su principal problemática gira entorno a la pobreza de sus habitantes y la desertificación de las tierras al cambiar el uso del suelo. Al utilizar los recursos de la región, modifican los sistemas ecológicos y su funcionamiento. La valoración del impacto que generarían con el incremento de las actividades agrícolas ganaderas e industriales en esta parte de la reserva de la biosfera de Tehuacan-Cuicatlán ha generado una zonificación de intensidad de impactos, que deberá de ser tomada en cuenta para hacer un reparto de utilidades de los recursos naturales capaz de asegurar un mínimo impacto y un óptimo aprovechamiento.

CONCLUSIONES

Las amenazas mas importantes que atentan contra los ecosistemas de la Reserva de La Biosfera de Tehuacan Cuicatlán, y particularmente para el Valle de Zapotitlán de las Salinas, se centran en las actividades antrópicas, como el cambio de uso de suelo, de vegetación original a campos de cultivo, áreas para ganado caprino, el incremento de actividades industriales, así como incendios y la erosión asociados a las actividades humanas.

El mapa resultante de la determinación del impacto agrícola muestra una distribución del territorio en 4 clases de impactos. La clase 3 y 4 corresponden a los impactos altos y muy

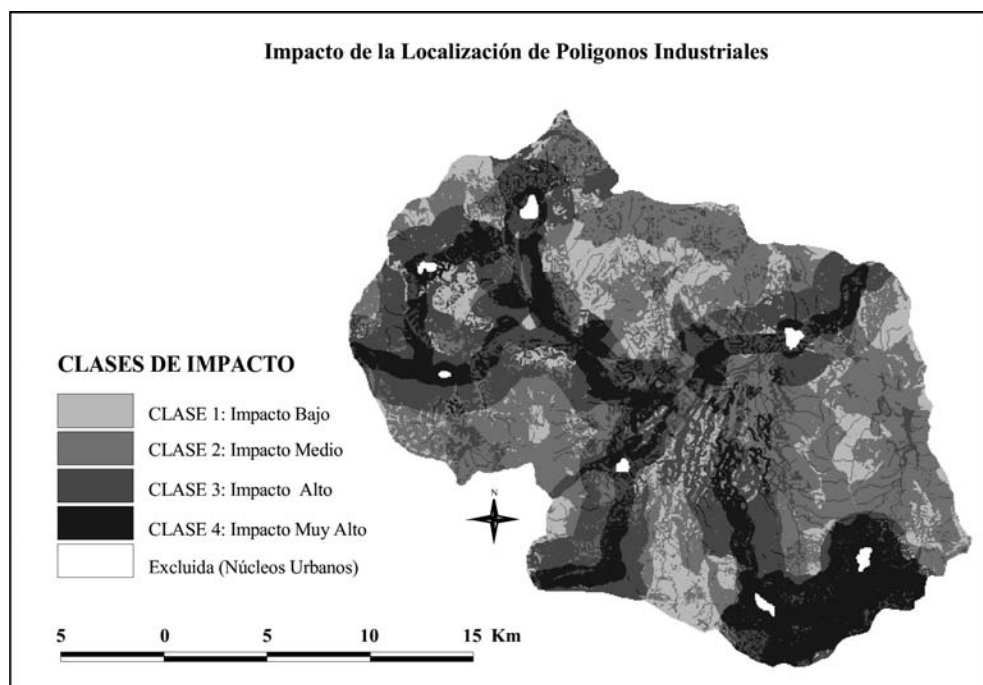


Figura 6. Impacto de la localización de polígonos industriales.

altos respectivamente y con una superficie de 30.681 ha. (77.4 % de la superficie total del área estudiada). El impacto es alto y muy alto en la mayor parte del territorio debido a que se presenta en estas áreas una vegetación primaria en un muy buen estado de conservación, y por lo tanto esta zonificación puede ser tomada en consideración por los gestores de la Reserva para regular las actividades agrícolas.

El mapa resultante de la determinación del impacto de la ganadería extensiva muestra una distribución del territorio en 4 clases, de las cuales una es excluyente y representa a los núcleos urbanos y a las áreas que actualmente son cultivadas. La máxima clase de impacto corresponde a una superficie de 17.009 ha. que representan el 42.9 % de la superficie del área estudiada. La clase 2 con impacto medio representa el impacto medio y constituye el 16 % de la superficie del territorio. El impacto por el incremento de la actividad ganadera también es muy alto en gran parte del territorio, debido al buen estado de la vegetación y a que el ganado caprino es una fuerte presión para la vegetación conservada y zonas de reforestación, ya que se alimentan de los brotes vegetales.

El impacto de la localización de polígonos industriales muestra una zonificación del territorio distribuido en 4 clases de impacto. Las áreas del territorio con los valores más altos de impacto corresponden a la clase 3 y 4 con 12.138 ha. y 8.229 ha. respectivamente (51.36 % de la superficie del territorio).



Figura 7. Las actividades agrícolas y los caseríos dispersos son un impacto severo para algunas áreas de la reserva.

La influencia de las actividades antrópicas sobre la vegetación original resulta muy marcada sobre todo en los valles de toda la zona de estudio, se observa un menor grado de poblamiento humano, y una reducción gradual de la intervención humana conforme se avanza hacia las zonas altas y en donde existe una mayor presencia de formaciones vegetales naturales que han conseguido conservar el paisaje vegetal de Zapotitlán.

LITERATURA CITADA Y BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU, M^a. P., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R. Y GONZÁLEZ, A. S. (1994): *Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Secretaria de Estado para las Políticas del Agua y el Medio Ambiente. Madrid. 810 pp.
- ARAMBURU, M^a. P., CIFUENTES, P., ESCRIBANO, R. Y DÍAZ PINEDA, F. (1989): *Guías Metodológicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. 181 pp.
- ARRIAGA, L., ESPINOZA, J. M., AGUILAR, C., MARTÍNEZ, E., GÓMEZ, L. Y LOA, E. (2000): *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. CONABIO.
- ARIAS, A. A., VALVERDE, M. T. Y REYES, J. (2001): *Las Plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Universidad Nacional Autónoma de México.

- BODEN, R. (1980): «An introduction to environmental impact assessment. South African» *Journal of Science*, 76: 252-255.
- UNIDAD DOCENTE DE PLANIFICACIÓN Y PROYECTOS. (1997): *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Baixo Miño*. E. T. S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- CLARK, B. D. (1978): «Methods of environmental Impact analysis. Built Environmental Impact Analysis». *Built Environment*, 4 (2): 111-121.
- EASTMAN, J. R. (1999): *IDRISI ver. 32*. Clark University. Worcester, Massachusetts. U.S.A.
- GÓMEZ OREA, D. (1999): *Evaluación del Impacto Ambiental*. Editorial Agrícola Española y Mundiprensa. Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1976): «Bases Ecológicas de la Ordenación del Territorio». *ARBOR*, 365: 63-79.
- GONZÁLEZ, A. S., AGUILÓ, M. Y RAMOS, A. (1983): *Directrices y Técnicas para la Estimación de Impactos*. E. T. S. Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981): *Ecología y Paisaje*. H. Blume. Ed., Madrid, 250 pp.
- GRÉVILLIOT, F. Y MULLER, S. (1996): «Étude de l'impact des changements agricoles sur la biodiversité végétale dans les prairies inondables de val de Meuse: présentation méthodologique et premiers résultats». *Acta Bot Gallica* 143, 317-338.
- I.N.E.G.I. (1994): *Carta topográfica e hidrológica*. Tehuacan E14B75 1: 50 000.
- I.N.E.G.I. (1987): *Carta de Efectos Climáticos Regionales*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- I.N.E.G.I. (1994): *Carta de Uso de Suelo y Vegetación*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- I.N.E.G.I. (1994): *Carta Geológica*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- I.N.E.G.I. (1994): *Carta Edafológica*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- I.N.E.G.I. (1987): *Carta de Uso Potencial de Agricultura*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- I.N.E.G.I. (1987): *Carta de Uso Potencial de Ganadería*. Orizaba E14-6. 1:250 000.
- JOHNSON, L. B. (1990): «Analyzing spatial and temporal phenomena using geographic information systems». *Landscape Ecology*, 4, 31-43.
- KRAUSKOPF, T. M. Y BUNDE, D. (1972): «Evaluation of environmental impact through a computer modelling process». En: Ditton, R., Goodale, Th. (eds.), *Environmental Impact Analysis: Philosophy and Methods*. Univ. Of Wisconsin Sea Grant Program.
- LEOPOLD, (1971): *A procedure for evaluation environmen impact*. U. S. Dept. of the interior, Geological survey Circular, 645 U. S. G. S. IANA Lib. Núm. S946 L45, Washington.
- MANNING, R. E. Y MONCRIEF, L. W. (1979): «Land use Analysis through matrix medeling: Theory and aplication». *Journal Environmental Management*, 9: 33-40.
- MC CORMACK, A. AND O'LEARY, T., (1993): «Classification of landscape sensitivity for visual impact assessment of forestry». *Irish. Forestry*, 50 (1):1-12.
- MCHARG, I. L. (1964): *Design with nature*. The Falcon Press, Philadelphia.
- PARKER, B. C. Y HOWWARD, R. V. (1977): «The First Environmental Impact Monitoring and Assessment in Antartica. The Dry Valley Drilling Project». *Biological. Conservatiön*, 12 (3): 167-177.
- ROSEMBERG, D. M. (1981): «Recent trends in environmental impact assessment». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38 (5): 591-624.

- SONDHEIM, H. W. (1978): «A comprehensive methodology for assessing environmental impact». *Journal of Environmental Management*, 6: 27-42.
- SORENSEN, J. C. (1971): *A framework for identification and control of resource degradation and conflict in the multiple use of the coastal zone*. Univ. California, Berkeley.
- TOMLIN, C. D. (1980): *The Map analysis Package*. Yale School of Forestry and Environmental Studies. Conneticut, 81 pp.
- TRICART, J. (1978): «Le sol dans l'environnement ecologique». *Rev. Geomorph. Dynamique*, XXVII: 113-128.