

00376 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS DE
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL
EN PROYECTOS CARRETEROS
Y ESTUDIO DE CASO DE LA CARRETERA
LA VENTA-COLEGIO MILITAR”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(ECOLOGÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES)

P R E S E N T A

OFELIA GARCÍA DE LA ROSA

[Handwritten signature]

DIRECTOR DE TESIS: Dr. LUIS ANTONIO BOJÓRQUEZ TAPIA

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

A mi papá

A mi hija

A mis hermanos

Al él como muestra de mi agradecimiento por la vida que me ha dado, por su paciencia, creatividad, bondad, pláticas y apoyo incondicional. Gracias **Andrés**, por ser un ejemplo a seguir.

A mi pequeña por todo el amor, ternura y responsabilidad que ha despertado en mí. También por las grandes esperanzas que tengo de apoyarla a crecer siempre en todo y ser su amiga. **Verónica** eres mi inspiración.

A **Andre, Francisco e Ita** por el amor, cariño y apoyo inigualable de siempre. Y, sobre todo, por la confianza y amistad que existe entre nosotros.

También sea éste un pequeño homenaje a **Rosa de la Rosa Marín** por el gran ejemplo e infinito amor que dejó en mí y en la familia. Te quiero y extraño por siempre mamá.

AGRADECIMIENTOS

Quiero hacer patente mi agradecimiento a las personas que me apoyaron académica o moralmente en la realización de este trabajo y de mis estudios.

Gracias **Luis Bojórquez**, por las enseñanzas, y exigencias así como por la paciencia y comprensión que he recibido de ti, como persona y como tutor académico.

A la Dra. **Lourdes Villers** y al Dr. **Luis Chias** les agradezco su dedicación y sugerencias a lo largo de la maestría.

Los sinodales Dr. **Jorge Meave** del Castillo, M. en C. **Irene Pisanty** Baruch, M. en C. **Salvador Sánchez** Colón, y Dr. **Gerardo Ceballos** contribuyeron a mejorar el trabajo con sus comentarios y sugerencias al manuscrito original. A ellos mi agradecimiento sincero.

Gracias a mi **papá** y a mi **tía Lucha** por su invaluable apoyo al cuidar a mi pequeña Verónica para que yo pudiera dedicarme a la tesis y a los trámites. Sobre todo, reconozco y agradezco que además de cuidarla la mimaban y entretenían con juegos para que se sintiera alegre.

Un especial agradecimiento a mi **tío Néstor** que tantas veces recogió a Vero de la escuela y la cuidó con amor, juegos, bailes y canciones hasta que yo llegara. Ahora que ya no estás aquí, tu recuerdo siempre está en nuestro corazón y mi agradecimiento en el alma.

Aunque parezca repetitivo, quiero dar gracias a mi familia que me ha dado tanto apoyo, solidaridad y ánimos: a mis papás Andrés y Rosa que me formaron e informaron con amor; a mis tíos Néstor y Lucha por su generosidad y cariño; a mis **hermanos** y primas que contribuyeron a mi feliz infancia y ahora siguen siendo parte fundamental de mi vida. **Isabel**, **Rosi** y **Anita** aunque están lejos, mi cariño no merma con la distancia ni con el tiempo. Un especial agradecimiento a Rosi por la traducción del resumen que se presenta en el abstract.

Mis sobrinos **Tona**, **Quetza**, **Dani** y **Francisco Santiago** sin saberlo y sin decirlo, me motivan con sus caritas y sonrisas a hacer el mejor esfuerzo siempre. Les agradezco todo el amor y alegría que me dan. Sepan que mi amor por ustedes es más grande de lo que se imaginan.

Gracias a mis amigos **Mary Illescas**, **Ponciano Huerta**, **Nora Sais** y **Paty Hernández** porque siempre he recibido de ellos amistad y ánimos.

También agradezco a todos los miembros del laboratorio de análisis ambientales, porque siempre recibí apoyo y amistad de los compañeros presentes y de los que estuvieron anteriormente

Análisis de las manifestaciones de impacto ambiental de carreteras mediante un estudio de caso de la autopista La Venta – Colegio Militar.

Se analizaron las 33 Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA) de proyectos carreteros disponibles al público en el Instituto Nacional de Ecología hasta julio de 1997. La revisión se concretó en un solo tipo de proyectos para comparar su contenido y el análisis de impactos. El contenido se evaluó con una serie de criterios para ponderar su calidad.

Se asignó una calificación a cada apartado solicitado en los instructivos para desarrollar las MIA (SEDUE 1989) Con base en las calificaciones se calcularon índices de calidad para cada capítulo y se sometieron a una clasificación numérica (Pielou, 1984) Con ello se identificaron siete grupos de MIA. Se calcularon los residuales de Gower para analizar la calidad promedio de cada grupo (Bojórquez-Tapia *et al*, 1995)

Adicionalmente se desarrolló un procedimiento para facilitar una evaluación sistemática de impactos, que involucra el uso de siete criterios cuantificados en una escala ordinal y que se sintetizan en un índice de significancia, mismo que resulta de aplicar una evaluación exponencial y una lineal. El método propuesto se aplicó en un estudio de caso desarrollado en el ahora Instituto de Ecología y consistió en una MIA modalidad específica de la carreterera La Venta-Colegio Militar

Los resultados de la revisión de MIA indicaron que la calidad de las MIA fue baja. La información presentada estuvo incompleta, sesgada sin analizar o sin integrar. En general, se detectó la carencia de métodos rigurosos y el uso inconsistente de criterios de significancia. La calificación promedio de las manifestaciones fue de 39.6 (escala 1-100). Los residuales de Gower mostraron que las MIA son descriptivas y poco analíticas. Los capítulos más deficientes correspondieron a la evaluación de impactos y las conclusiones.

Por otra parte, los resultados de la aplicación del método propuesto demostraron que el enfoque incrementa la efectividad del análisis en el manejo de una variedad de condiciones y clases de datos. Se considera que la evaluación de impactos mediante el método propuesto, es más rigurosa y consistente debido a que se incluyen diferentes criterios de significancia, así como medidas de mitigación.

En el caso del estudio de caso, el procedimiento permitió evaluar los impactos de una manera más objetiva, precisa y rigurosa. También facilitó el diseño de medidas de mitigación más efectivas. Además, permitió la síntesis de tal forma que los impactos de mayor significancia resaltaron y se pudo rastrear la racionalidad de las conclusiones. Todo esto fue posible debido a que. 1) intervino un equipo interdisciplinario y las descripciones estuvieron a cargo de especialistas, 2) se obtuvieron caracterizaciones precisas, actualizadas y detalladas de los recursos que podrían ser alterados por la ejecución de la obra, 3) las descripciones incluyeron cuantificaciones, 4) se manejaron las escalas regional y local

Abstract

Analysis of Highway Environmental Impact Statements A Case Study of La Venta-Colegio Militar Highway

Thirty-three environmental impact statements (EISs) of highway projects available to the public were analyzed at the Instituto Nacional de Ecología up to July 1997. The review focused on a specific type of project in order to compare its content and impact analysis. The quality of the content was assessed according to a series of criteria. A grade was assigned to each of the sections as stated in the guidelines to develop EISs (SEDUE, 1989). These grades served as basis for calculating quality indexes for each chapter and they were given a numerical classification. Seven groups of EISs were identified using this method. The Gower's residuals were calculated to analyze the average quality of each group.

Furthermore, a procedure was developed to facilitate a systematic impact assessment, where the significance of each impact is estimated using a set of seven criteria, that are quantified in an ordinal scale and expressed under a significance index. Such index resulted from the application of exponential and linear equations. The proposed method was utilized in a case study, namely a specific EIS type of the La Venta-Colegio-Militar highway. Said EIS was prepared at the Laboratorio de Análisis Ambientales of the then Centro de Ecología in 1995.

The results of the EIS review revealed a low EISs quality. The information reported in the EISs was incomplete, biased, unanalyzed or nonintegrated. A lack of rigorous methods and the inconsistent use of significance criteria in general, were detected. The average grade of the statements was 39.6 (1-100 scale). Gower's residuals showed descriptive and less analytical EISs. Impact evaluation and Conclusions were the poorest chapters.

On the other hand, the results of the application of the proposed method revealed that the approach increases analysis effectiveness in handling a variety of conditions and types of data. Therefore, it is suggested that impact assessment under the proposed method is more rigorous and consistent due to the inclusion of different significance criteria and mitigation measures.

Regarding the case study, the procedure allowed a more objective, precise and rigorous impact assessment. It also facilitated the design of more effective mitigation measures. In addition, it made synthesis possible so that the more significant impacts were stressed and the rationale of the conclusions could be traced. This was possible due to: a) the involvement of an interdisciplinary team and experts who were in charge of the descriptions, 2) obtaining precise, updated, and detailed descriptions of the resources that may have changed during the performance of the construction work, 3) quantified descriptions, 4) the use of regional and local scales

Contenido

1. Introducción	1
2. Características y limitaciones de la evaluación de impactos	
2.1 Proceso administrativo	4
2.2 Modalidades de las MIA	5
2.3 Aspectos metodológicos de las EIA	7
2.3.1 Fase de caracterización	7
2.3.2 Fase de identificación y evaluación de impactos	9
3. Análisis de la calidad de las MIA	
3.1 Método	13
3.1.1 Evaluación del contenido	13
3.1.2 Análisis de la calidad	14
3.1.3 Clasificación numérica	19
3.2 Resultados	21
3.2.1 Análisis del cumplimiento del contenido	23
3.2.2 Análisis de la calidad de las MIA	27
4. Procedimiento de evaluación de impactos	
4.1 Método	37
4.2 Resultados. Evaluación de impactos biológicos mediante un caso de estudio	44
4.2.1 Fase de caracterización	44
4.2.2 Fase de identificación y evaluación de impactos	48
5. Discusión	
5.1 Análisis de la calidad de las MIA	58
5.1.1 Manejo de información	59
5.1.2 Evaluación de impactos	62
- Deficiencias de las MIA de proyectos carreteros en la evaluación de impactos	62
- Representatividad de los resultados sobre la revisión de MIAs	65
- Caso de estudio	68
6. Conclusiones	75
Literatura citada	78
Anexo	

1. Introducción

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es un instrumento de planeación que se utiliza en la toma de decisiones para la autorización o rechazo de obras o actividades (Bregman y Mackenthun 1992, Wathern 1992). Constituye un instrumento para evitar la ejecución de proyectos ambientalmente inapropiados (Conesa 1993) y proporciona información para la resolución de conflictos ambientales

El proceso de evaluación del impacto ambiental aparece por primera vez en 1970 en los Estados Unidos, con la finalidad de reducir los costos ambientales de los proyectos de desarrollo (Morris 1994). Desde entonces, diversos países han adoptado este procedimiento con el mismo fin (Fowler y Dias de Aguiar 1993, Kakonge 1994). En México se incorpora legalmente en la Ley de Protección al Ambiente de 1982. Esta ley establece que, previo a su ejecución, los proyectos de obras y actividades deben someterse a evaluación por parte de la autoridad ambiental mediante Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA). Posteriormente, en 1988 la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) define a la evaluación de impacto ambiental como un instrumento de política ecológica (DOF 1988a). Ese mismo año se publica el reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental (DOF 1988b). En 1996 se modifica la LGEEPA y se amplía la lista de obras y actividades sujetas a regulación ambiental. Entre otros cambios, se fomenta la participación ciudadana y la coordinación entre autoridades federales y locales (DOF 1996).

Recientemente (mayo del 2000), se publica el nuevo Reglamento de Impacto Ambiental que amplía y especifica la lista de obras y actividades que requieren de estudios de impacto ambiental. Entre los cambios más relevantes está la desaparición de las modalidades general

intermedia y específica y el surgimiento de dos modalidades: regional y particular. Asimismo, se establece que, cuando sean necesarios, los estudio de riesgo se incorporarán en las manifestaciones de Impacto (DOF 2000).

En teoría, la finalidad de las EIA es minimizar los impactos negativos que generan conflictos ambientales (Bojórquez-Tapia y Ongay Delhumeau 1994) El óptimo desarrollo del proceso de evaluación de impacto ambiental implica que las MIA presenten información para resolver conflictos ambientales y tomar decisiones (Bregman y Mackenthun 1992, Wathern 1992) Sin embargo, en la realidad la efectividad de las EIA está limitada por problemas técnicos y administrativos que reducen su utilidad como instrumento de planeación (Gilpin 1995)

Entre las deficiencias administrativas destacan la interferencia política (Weitzenfeld 1990 Ross 1994), la escasa participación del público (Pisanty-Levy 1993, Tongcompou y Harvey 1994) la falta de control en la calidad de las manifestaciones (Ezcurrea 1995) y la elaboración de las MIA como mero trámite (Bojórquez-Tapia 1989, Leff 1990, Ross 1994)

Los problemas técnicos se pueden catalogar en tres rubros: 1) recursos humanos, 2) información, y 3) métodos aplicados. En el primero destaca la carencia de expertos y de equipos multidisciplinarios (Bojórquez-Tapia 1989, Leff 1990), en el segundo, la falta de información local y actualizada, así como de investigación académica (Pisanty-Levy 1993, Sánchez 1993, Ezcurrea 1995) Por último, los métodos utilizados para evaluar impactos generalmente se caracterizan porque no son rigurosos, no incorporan principios ecológicos (Bojórquez-Tapia 1989, Bruns *et al* 1994), y no consideran los efectos acumulativos, los sinérgicos, la controversia generada entre sectores sociales y los diferentes plazos de ocurrencia de impactos (Duinker y Beanlands 1986 Contant y Wiggings 1991, Canter y Canty 1993, Wood y Bailey 1994 Gilpin 1995)

No obstante que se han identificado los problemas en las MIA, en México no se ha realizado una revisión detallada de su contenido y calidad. Por consiguiente, el primer objetivo del presente trabajo es analizar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos carreteros para determinar si existen elementos de juicio para fundamentar la decisión de autorizar o rechazar un proyecto. El objetivo específico es determinar dónde y cómo se presentan las deficiencias de información en las MIA. El segundo objetivo de este trabajo es presentar un procedimiento que facilite una evaluación sistemática y rigurosa de los impactos ambientales

Para alcanzar el primer objetivo, se revisaron las 33 MIA de proyectos carreteros disponibles al público en la biblioteca del Instituto Nacional de Ecología. Se establecieron escalas de valoración del contenido y se calcularon índices de calidad para cada capítulo. Cabe señalar que esta parte del trabajo se realizó cuando estaba vigente el reglamento de 1988 y los instructivos para desarrollar las MIA. Para cubrir el segundo objetivo se desarrolló un método de evaluación de impactos que considera la aplicación de once criterios de significancia y el uso de matrices matemáticas. Este método se aplicó en un caso de estudio.

Los resultados de la revisión de MIA indicaron que la calidad de las MIA fue baja. En general, se detectó carencia de métodos rigurosos y uso inconsistente de criterios de significancia. La información presentada en las MIA estuvo incompleta, sesgada sin analizar o sin integrar.

Por otra parte, con la aplicación del procedimiento propuesto para evaluar los impactos en un caso de estudio, se demostró que el uso de matrices matemáticas permite evaluar los impactos ambientales de manera sistemática y rigurosa. Fue posible evaluar tanto las interacciones directas como las de orden mayor en una manera rastreable.

Capítulo 2

Características y limitaciones de la evaluación de impactos

2. Características y limitaciones de la evaluación de impactos

2.1. Proceso administrativo

La evaluación de impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la autoridad ambiental establece las condiciones para la realización de obras y actividades, a fin de evitar o reducir sus efectos negativos sobre el ambiente

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF 1996) y su reglamento en materia de impacto ambiental (DOF 2000) contienen una lista de las obras y actividades que requieren autorización ambiental previa a su ejecución. De acuerdo con esta Ley existen tres opciones para obtener tal autorización

- 1) Quedar exento del procedimiento de evaluación. Esto se aplica en proyectos que no produzcan impactos ambientales significativos, ni contravengan las disposiciones legales
- 2) Presentar un Informe preventivo. Éste se requiere en tres casos. a) cuando todos los impactos producidos son regulados por normatividad, b) cuando el proyecto se contempla en planes de desarrollo y ordenamientos ecológicos que cuenten con autorización en materia de impacto ambiental ó c) cuando se ubica en parques industriales autorizados
- 3) Presentar una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA). Las MIA son necesarias cuando se trata de obras y actividades que pueden causar desequilibrio ecológico y no existe normatividad que regule todos los impactos previsibles

Para saber bajo cuál opción se ha de solicitar la autorización, los interesados presentan el proyecto ante la autoridad ambiental, quien determina si se debe presentar un Informe Preventivo o una MIA. Este trabajo aborda la opción que se refiere a la presentación de MIA

Una MIA es un documento en el que se describen y evalúan los impactos ambientales que generaría la obra o actividad en cuestión y la forma de evitarlos o disminuirlos. Cuando se notifica la necesidad de presentar una MIA, el proponente la realiza por sí mismo o a través de terceros y la somete a la autoridad ambiental para su evaluación. La autoridad emite el resultado en un dictamen donde el proyecto se aprueba, se condiciona o se rechaza (SEDESOL 1994)

2.2. Modalidades de las MIA

De acuerdo con el Reglamento de la LGEEPA en materia de Impacto Ambiental vigente en el momento de realización del presente trabajo, las MIA podían realizarse en una de tres modalidades, según los requerimientos de la autoridad ambiental: general, intermedia o específica (DOF 1988b). En términos generales, todas debían incluir una descripción del proyecto, una descripción de las condiciones del medio natural y socioeconómico, la identificación de impactos y la descripción de las medidas de mitigación.

El contenido particular de cada modalidad se especificaba en unos instructivos oficiales que publicó la autoridad para desarrollar y presentar las MIA (SEDUE 1989). Existía un instructivo para cada modalidad. Los instructivos establecían el mismo número de capítulos para las tres modalidades (Tabla 1), pero la cantidad y el detalle de la información variaba, especialmente en los capítulos 2 y 3. La modalidad específica requería mayor detalle y análisis de la información; además, esta modalidad contenía un capítulo que no se solicitaba en las otras modalidades (cap. VI). Los instructivos carecían de obligatoriedad legal, en virtud de que la Ley Federal de Metrología y Normalización (DOF 1992) establece que deben ser elaborados como Normas Oficiales Mexicanas. Al respecto, cabe mencionar que el nuevo reglamento de impacto ambiental publicado en mayo del 2000 establece que la autoridad debe emitir las nuevas guías

Tabla1 Contenido de las MIA de acuerdo con los Instructivos para desarrollar cada modalidad *

Capítulo	Modalidad		
	General	Intermedia	Específica
I	Datos generales	Información general	Datos del proponente
II	Descripción de la obra o actividad proyectada	Descripción de la obra o actividad proyectada	Descripción y justificación de la obra o actividad proyectada
III	Aspectos generales del medio natural y socioeconómico	Aspectos generales del medio natural y socioeconómico	Descripción del escenario ambiental con anterioridad a la ejecución del proyecto
IV	Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo	Vinculación con las normas y regulaciones sobre uso del suelo	Análisis y determinación de la calidad actual y proyectada de los factores ambientales
V	Identificación de impactos ambientales	Identificación y descripción de los impactos ambientales que ocasionaría la ejecución del proyecto en sus distintas etapas	Identificación y evaluación de los impactos ambientales
VI	Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados	Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales identificados	Descripción del posible escenario ambiental modificado
VII	Conclusiones	Conclusiones	Medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales adversos identificados y término de la vida útil o cese de actividades
VIII	Referencias	Referencias	Referencias

* De acuerdo con el reglamento vigente durante la realización del presente trabajo

Fuente SEDUE, 1989

para facilitar la presentación y entrega de la manifestación de impacto ambiental de acuerdo al tipo de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo.

2.3. Aspectos metodológicos de las EIA

En términos generales, la elaboración de una EIA comprende dos fases (Figura 1) 1) caracterización y 2) predicción y análisis de impactos (Bojórquez-Tapia 1989) En ambas fases es necesaria la participación de un equipo de trabajo multidisciplinario (Bojórquez-Tapia 1989, Weaver *et al* 1996), así como la realización de reuniones de trabajo donde los especialistas expresen sus opiniones y resultados

2.3.1. Fase de caracterización

El objetivo de la primera fase es caracterizar el medio físico, biológico y socioeconómico, así como describir la obra Como paso inicial, se realiza una recopilación de información bibliográfica Es importante que la información sea veraz, actualizada y específica, ya que ello es un requerimiento indispensable en la solución de conflictos ambientales y toma de decisiones (Crowfoot y Wondolleck 1990) Con base en la información obtenida y las metas generales del proyecto se realiza trabajo en campo para corroborar los datos disponibles y obtener información específica adicional (Morris 1994)

En esta fase se realiza la primera reunión de especialistas, en la que se definen los alcances y las escalas de trabajo El establecimiento de estos factores depende de la naturaleza del proyecto los impactos probables, los posibles conflictos ambientales el tiempo y los recursos disponibles (Morris 1994)

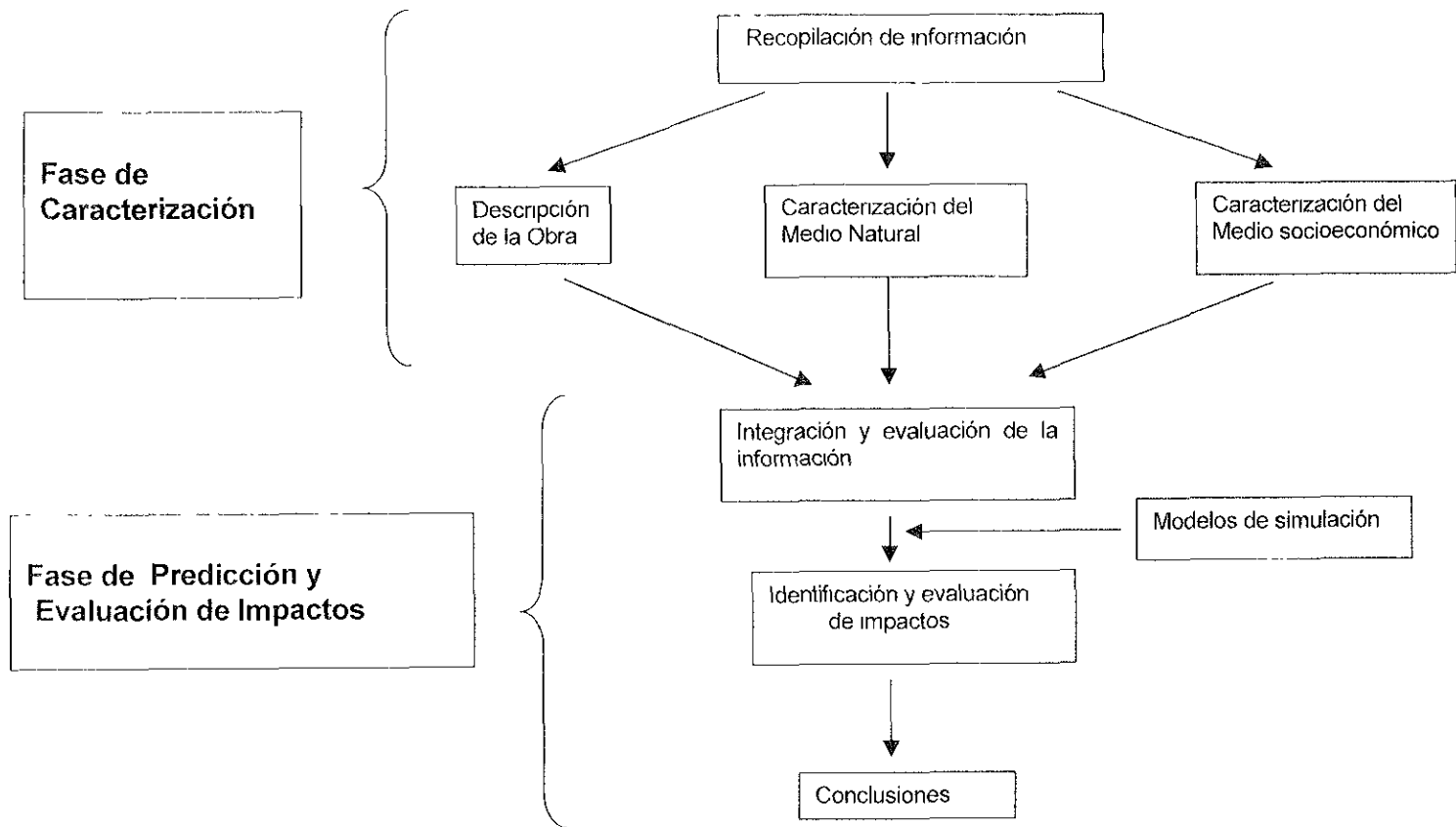


Figura 1 Etapas de trabajo para la evaluación de impactos ambientales

2.3.2. Fase de identificación y evaluación de impactos

En la fase de identificación y evaluación de impactos se utilizan y se analizan las descripciones del proyecto, del medio natural y del medio socioeconómico que se efectuaron en la fase de caracterización. Los objetivos en esta fase son: 1) identificar todos los impactos posibles asociados con el proyecto y 2) proporcionar a las autoridades, si es posible, predicciones cuantitativas de los efectos de los impactos identificados (Morris, 1994).

Se han desarrollado diversos métodos para identificar y evaluar impactos ambientales (Morris 1994, Shopley y Fuggle 1984, Wathern 1992). Éstos pueden clasificarse como cualitativos o cuantitativos. En una EIA se pueden combinar dos o más métodos para mejorar los resultados (Holling 1978).

Los métodos cualitativos incluyen descripciones narrativas, listas de verificación y matrices de interacción. Estos métodos son fáciles de usar, pues son simples e intuitivos, pero presentan desventajas (Holling 1978, Lawrence 1993, Zeiss 1994):

- Carecen de procedimientos sistemáticos y de reglas formales
- Tienen una capacidad limitada para manejar datos, son sesgados y, en algunos casos, deliberadamente mal interpretados
- No hay consistencia ni sistemática en el manejo de alternativas y valores
- Resultan ineficientes por sus largas descripciones y discusiones que no se enfocan en los temas o áreas clave
- Inhiben el escrutinio y la rastreabilidad debido a que no puede repetirse el proceso mediante el cual se llegó a las conclusiones e interpretaciones

Los diagramas de flujo y redes también se consideran métodos cualitativos. Su utilidad e importancia radica en que ayudan a identificar las cadenas causales de impactos y a demostrar la complejidad de los ecosistemas. Proveen más información y análisis que las listas de verificación y matrices de interacción, pero no cuantifican la magnitud de los impactos.

La sobreposición de mapas es una técnica que anteriormente era considerada meramente cualitativa, ya que sólo identificaba impactos conocidos y delimitados (Zeiss 1994). Sin embargo, con el manejo de cartografía mediante sistemas de información geográfica es posible realizar diversas operaciones y cuantificar recursos y áreas. De esta manera, se han convertido en un elemento importante, ya que proporcionan información cuantitativa sobre los recursos y los impactos.

Los métodos cuantitativos comprenden básicamente matrices matemáticas y modelos de simulación (Holling 1978). Su uso está restringido porque son costosos y requieren tiempo, experiencia en su manejo e interpretación, así como información más detallada (Morris 1994). Estos métodos proporcionan predicciones de impactos que pueden ser rigurosamente probadas (Morris 1994), en vez de las generalizaciones vagas presentadas en muchas EIA (Duinker y Beanlands 1986).

A pesar de que existen diversos métodos, el más común es la matriz binaria de interacciones catalogada dentro de los métodos cualitativos. Una matriz es un arreglo tabular en la que se disponen dos listas en ejes perpendiculares entre sí. La lista que se presenta en las columnas contiene las actividades del proyecto y la que se encuentra en las filas indica los factores ambientales. La matriz de interacciones sirve para identificar las dependencias directas entre actividades y factores. En el enfoque original, la matriz de Leopold se incluyen 88 componentes ambientales y 100 actividades del proyecto. En las celdas se marca tanto la

significancia como la magnitud de los impactos (Wathern 1992) A partir de este método se han realizado diversas modificaciones tanto en el número de variables como en los criterios de evaluación (Shopley y Fuggle 1984) Esta técnica ofrece ciertas ventajas, ya que es fácil de usar, fomenta un análisis interdisciplinario y simplifica la comunicación de los impactos (Holling 1978) Actualmente la matriz de interacciones se usa en una gran variedad de proyectos (Bojórquez-Tapia 1989, Holling 1978, Munn 1975, Shopley y Fuggle 1984, Zeiss 1994).

Sin embargo, las matrices son consideradas como un método descriptivo más que uno analítico porque son inefectivas en el manejo de toma de decisiones complejas (Holling, 1978) En general presentan ciertas desventajas que limitan su efectividad en la evaluación de impactos (1) carecen de reglas formales y de análisis de la evaluación, (2) sólo manejan relaciones binarias entre las variables, por lo que se dificulta la identificación de impactos secuenciales, (3) no evalúan la magnitud o significancia de los impactos, (4) son inefectivas para la toma de decisiones en casos complejos, (5) no consideran las medidas de mitigación, (6) la evaluación puede ser sesgada y subjetiva por enjuiciamientos superficiales o por la falta de definición del significado de impactos, (7) no es posible repetir el proceso de evaluación (Holling 1978, Lawrence 1993 Morris 1994)

Las limitantes del método matricial han derivado en MIA deficientes y vagas (Bojórquez-Tapia *et al* 1998) De hecho, comúnmente las EIA han sido usadas para justificar proyectos más que como una herramienta para la resolución de conflictos ambientales y análisis de alternativas (Bojórquez-Tapia 1989) Esto se debe en gran medida a la imposibilidad de verificar la racionalidad aplicada en la evaluación de impactos como sucede con todas las otras metodologías

Por otro lado, el enfoque matricial puede producir resultados satisfactorios si se usa apropiadamente (Holling 1978). Si se incluyen procedimientos matemáticos válidos, la evaluación se considera teórica y científicamente válida (Lawrence 1993). Por lo tanto, una manera práctica de mejorar las EIA es mejorar las matrices y así aprovechar las ventajas que ofrecen y, al mismo tiempo, realizar una evaluación rigurosa.

Consecuentemente, como requerimiento crucial para mejorar el enfoque matricial, los usuarios deben justificar la identificación de impactos y explicar la racionalidad aplicada en su evaluación. Esto implica desarrollar una técnica que permita evaluar los impactos sistemáticamente y formalizar los criterios aplicados. Las desventajas asociadas con las matrices de interacción se pueden superar con el uso de matrices matemáticas, las cuales también son arreglos rectangulares, pero a diferencia de las matrices de interacción, contienen cantidades y pueden ser sujetas a operaciones algebraicas (Shopley y Fuggle 1984). Las operaciones matemáticas restringen las suposiciones básicas de una interacción a un conjunto de criterios de significancia, los cuales involucran la transformación de datos en una escala común. Así, las interacciones pueden ser organizadas por clases de impactos y se puede evaluar el efecto de los juicios de expertos. De esta manera, se facilita la evaluación sistemática y objetiva de impactos.

3. Análisis de la calidad de las MIA

3.1. Método

Se revisaron las 33 MIA de proyectos carreteros que se encontraron disponibles para consulta pública en la biblioteca del Instituto Nacional de Ecología. Veintiseis correspondieron a la modalidad general y el resto a la modalidad intermedia. Se evaluó el grado de cumplimiento del reglamento en materia de impacto ambiental, así como el tipo de información contenida, su análisis, interpretación, presentación y congruencia. Conforme a Ross (1987), se abordaron los tres aspectos claves en una MIA 1) organización del reporte (en términos de claridad y coherencia), 2) rigor científico y técnico del análisis de datos y de impactos, y 3) la utilidad en la toma de decisiones.

Se desarrollaron dos procedimientos para evaluar las MIA 1) evaluación del contenido, y 2) determinación de la calidad de la información. En ambos casos, se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo (Excel ver. 5.0), mediante la cual se anotaron las calificaciones asignadas a cada inciso de cada capítulo, el fundamento de la calificación y las observaciones generales.

3.1.1. Evaluación del contenido

Este procedimiento consistió en verificar el cumplimiento del contenido solicitado en los instructivos para desarrollar las manifestaciones de impacto ambiental (SEDUE 1989). De acuerdo con los instructivos, las modalidades general e intermedia deben tener ocho capítulos (Tabla 1), pero en la segunda se solicita mayor detalle en la información. Se considera que los capítulos 1, 2 y 3 son descriptivos, mientras que los capítulos 4, 5, 6 y 7 son integrativos y analíticos. Los instructivos especifican el contenido de los capítulos descriptivos, desglosados en diversos apartados. Por el contrario, para los capítulos analíticos sólo se indica el contenido general.

En la evaluación de los capítulos 1, 2, y 3, los instructivos se utilizaron como listas de verificación para determinar si las MIA proporcionaban la información requerida. En el caso de los capítulos restantes, fue necesario diseñar criterios específicos, dado que los instructivos solamente mencionan el contenido esperado en términos generales, sin desglosarlo (Tabla 2). Por otra parte, se elaboró un vector binario en el que se anotó la presencia (1) o ausencia (0) de la información solicitada en cada apartado de los capítulos

Posteriormente, se obtuvo una calificación para cada capítulo, con respecto a la calificación máxima posible, aplicando la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{C_{max}} * 100$$

Donde E_i es la evaluación del capítulo i , C_j es la calificación del apartado j , n es el número de apartados, y C_{max} es la calificación máxima posible (cuando todos los apartados obtienen la máxima calificación)

3.1.2. Análisis de la calidad

En el segundo procedimiento se consideró la calidad del contenido de las MIA. Se diseñaron criterios de calidad más específicos que los utilizados para evaluar el contenido (Tabla 3). Los criterios se jerarquizaron para obtener una escala ordinal con la cual se asignó la calificación de cada apartado. Tanto los criterios como la escala fueron particulares para cada capítulo, debido al diferente contenido de cada uno. Los criterios consideraron el nivel de detalle de la información presentada, el análisis y la integración de la información.

Tabla 2 Criterios de evaluación del contenido de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras (evaluación binaria)

Capítulo	Criterio	Descripción	Escala de Calificación	
1-3	Información	Proporciona la información solicitada por los instructivos en cada apartado	No cumple	0
			Cumple	1
4	Fundamento	Especifica la fuente de la información proporcionada	Ausente	0
	Análisis	Analiza la información de los planes y programas	Presente	1
	Alcance	Los análisis comprenden la totalidad del trazo		
5	Técnica	Emplea alguna técnica para evaluar impactos (matriz de Leopold, listas de verificación, fotografía aérea)	Ausente	0
			Presente	1
	Integración	Integra la información de capítulos previos para evaluar impactos		
	Muestreos	Evidencia de realización de trabajos de campo		
	Cuantificación	Cuantifica recursos, áreas, actividades y significancia de impactos		
	Criterios	Uso de diferentes criterios de significancia para evaluar los impactos		
6	Vinculación	Relaciona las medidas de mitigación con los impactos identificados	Ausente	0
			Presente	1
	Especificidad	Incluye medidas específicas, detallando el momento, sitio de ejecución o actividades concretas		
7	Objetividad	Concluye de manera imparcial sobre los impactos positivos y negativos	No cumple	0
			Cumple	1
	Alcance	Abarca la totalidad del trazo		

Tabla 3 Criterios de evaluación de la calidad de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras (evaluación detallada)

Capítulo	Criterio	Descripción	Escala de Calificación	
1-3	Información	La información está completa, analizada y presentada de manera clara, precisa y coherente	Ausencia de información	0
			Información incompleta Datos parciales o poco específicos	1
			Información incompleta, mal presentada o analizada No sirve como base para identificar impactos	2
			Información completa pero difícil de analizar por su manejo o presentación Requiere más análisis	3
			Información completa, pero requiere correcciones pequeñas para cumplir los instructivos	4
		Información completa, fundamentada Satisface la guía	5	
4	Fundamento	Información fundamentada Especifica los documentos consultados	Ausencia del fundamento	0
			Señala el fundamento	1
	Alcance	Información que comprende la totalidad del trazo	Información incompleta Es evidente que falta información de algún(m) municipio (s) o de una parte del trazo	0
			Información completa	1
	Análisis	Análisis de los planes y programas Se vinculan con el proyecto	Ausencia de análisis	0
			Análisis pobre, parcial o incompleto Sólo describe el contenido de los documentos revisados, o analiza una parte de ellos	1
Análisis completo Se relaciona el contenido de los documentos con el proyecto. Se señalan disposiciones específicas relacionadas con el uso del suelo en el área del proyecto			2	
5	Metodología	Empleo de alguna técnica para evaluar impactos	Ausencia de técnica	0
			Presencia de alguna técnica	1
			Incluye explicación o fundamento de la técnica y la identificación de los cambios previstos	2
			Detalle del tipo de cambios previstos, en cuanto al sentido. (No se limita a decir que recursos serán alterados)	3
	Integración de la información	Integración de la información de capítulos previos	Ausencia de integración	0
			Parcial Retoma información aislada de la obra o los recursos	1
			Relaciona las características de la obra con los recursos que serán alterados y sus condiciones	2

Tabla 3 Criterios de evaluación de la calidad de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras (evaluación detallada) (continuación.)

Capítulo	Criterio	Descripción	Escala de Calificación	
5	Muestreos	Evidencia de realización de trabajo de campo	Ausencia	0
			Presencia	1
	Cuantificación	Presencia de cuantificaciones de recursos, áreas, magnitud de actividades e impactos	Ausencia	0
			Parcial. Comprende actividades o recursos de manera aislada	1
			Intermedia. Abarca actividades y recursos pero no detalla sitios o tipos de recursos	2
			Detallada. Especifica la ubicación y los tipos de recursos	3
	Criterios de significancia	Uso de diferentes criterios de significancia para evaluar impactos	Ausencia de criterios de significancia. No especifica algún criterio	0
			Presencia y uso de más de un criterio	1
			Definición de los criterios utilizados	2
Consistencia en la evaluación (aplicación de cada criterio para evaluar todos los impactos)			3	
6	Vinculación	Existe relación de las medidas de mitigación con los impactos identificados	No existe relación entre los impactos y las medidas de mitigación (Por ejemplo, algunos documentos detallan medidas de mitigación para impactos que no se mencionan en el capítulo correspondiente)	0
			Existe relación de las medidas con los impactos identificados	1
		Incluye medidas específicas, detallando el momento, sitio de ejecución o las actividades concretas	Sólo incluye medidas generales	1
			Especifica al menos una medida de mitigación reforestación	2
			Especifica las actividades a ejecutar o el sitio de implantación de las medidas	3
7	Objetividad	Concluye de manera imparcial sobre los impactos positivos y negativos. No existe sesgo	Existe sesgo porque sólo habla de los beneficios del proyecto y se ignoran los impactos negativos	0
			Incluye impactos positivos y negativos, pero solo involucra el medio natural o el socioeconómico	1
			Presenta un balance general de impactos positivos y negativos	2
			Presenta un resumen de la significancia del proyecto en el medio natural y socioeconómico	3
	Alcance	Abarca la totalidad del trazo	Omite una parte del trazo	0
			Aparentemente involucra el trazo completo	1

El uso de los criterios de evaluación permitió calificar cada apartado con respecto a: 1) datos específicos requeridos por los instructivos (SEDUE 1989), 2) los principales impactos generados por la construcción y operación de carreteras y proyectos comparables, de acuerdo con la literatura (Carpenter 1994, Conesa 1993, Colwill y Thompson 1984; MOPU 1986, SCT 1984; Treweek *et al.* 1993), y 3) el rigor analítico de los métodos para identificación y evaluación de impactos en comparación con métodos publicados (Lawrence 1993, Shopley y Fuggle 1984)

Para establecer los criterios de evaluación de cada capítulo, se consideraron diferentes aspectos según la información solicitada por los instructivos. En los capítulos 1, 2 y 3, se aplicó la metodología desarrollada por Bravo y Torres (1995). En el capítulo 4 se evaluó el fundamento y el análisis de la información (Tabla 3). Por ejemplo, se buscaron evidencias de que se consultara el Plan Director Urbano, Planes Ecológicos y se especificara su relación con el proyecto

En el capítulo 5 (identificación y evaluación de impactos), se evaluaron los siguientes elementos: integración de información, aplicación de criterios de significancia de impactos, técnica empleada, trabajo de campo y análisis de resultados (Tabla 3). Las contradicciones se penalizaron asignándoles un valor de -1.

En la evaluación del capítulo 6 (medidas de mitigación) se calificó la congruencia de las medidas de mitigación con los impactos identificados en el capítulo 5. También se evaluó el nivel de detalle de las medidas de mitigación descritas, ya que en los instructivos se solicita detallar las medidas para prevenir o mitigar los impactos identificados (SEDUE 1989) (Tabla 3)

En la evaluación del capítulo 7 (conclusiones), se evaluó si se cubrían los requerimientos de los instructivos. Éstos solicitan una evaluación integral del proyecto: un balance impacto-desarrollo

que discuta los beneficios del proyecto y su importancia en la economía local, regional o nacional, así como la influencia del proyecto en la modificación de los procesos naturales. Adicionalmente, se calificó la objetividad y si la información estaba completa o no (Tabla 3). Los estudios sin objetividad se caracterizaron por ocultar o ignorar los impactos negativos y enfatizar únicamente los impactos positivos. Con respecto a la información, se evaluó si las conclusiones abarcaron la totalidad del trazo o sólo una parte.

Con las calificaciones obtenidas con ambos procedimientos se elaboraron matrices conformadas por los ocho capítulos en los renglones y las 33 MIA en las columnas. Las calificaciones se presentaron en las celdas ($n=264$). Se obtuvieron los promedios para cada capítulo y para cada MIA. Las MIA se clasificaron en cuatro niveles de calidad, con base en los resultados (Tabla 4).

Se realizaron pruebas de signos (Wilcoxon Signed Rank Test) para determinar las diferencias entre los promedios de las modalidades general e intermedia y entre los promedios de la evaluación binaria y la detallada. Se correlacionó el número de páginas con la calidad de las MIA. Se obtuvo el coeficiente de correlación de Spearman entre esas variables. Para los análisis estadísticos se utilizó el programa STATISTIX ver 4.1.

3.1.3. Clasificación numérica.

Las 33 MIA se sometieron a una clasificación numérica para determinar la calidad relativa entre las MIA. Se aplicó la técnica politético-divisiva para segregar los grupos (Pielou 1984). La técnica consistió en la aplicación de Análisis de Componentes Principales de manera secuencial, a fin de obtener grupos homogéneos. Para ello se elaboró un histograma con los resultados del primer componente principal y se dividió en los dos subgrupos con los que se obtuvo la mayor ganancia en homogeneidad.

Tabla 4 Escala considerada en la revisión de MIA para asignar el nivel de calidad

Nivel de calidad	Características
A	Nivel superior de cumplimiento y objetividad Calificaciones mayores a 90%
B	Nivel aceptable con correcciones mínimas para su cumplimiento Calificaciones entre 80 y 90%
C	Nivel poco aceptable Requiere correcciones mayores para lograr cumplimiento/objetividad y aplicabilidad Calificaciones entre 60 y 80%
D	Rechazo Requiere estructurar el contenido para lograr cumplimiento, objetividad, aplicabilidad Calificaciones menores a 60%

La clasificación permitió agrupar las MIA con características comunes entre sí. Los grupos resultantes se sometieron a un análisis de los residuales de Gower (Bojórquez-Tapia *et al.* 1998, Pielou 1984).

Se elaboró un bigráfico o "bi-plot" (Pielou 1984) utilizando los primeros dos componentes principales de los capítulos y de las MIA. En esta gráfica se representaron los grupos obtenidos con la clasificación numérica. El análisis de componentes principales (ACP) se realizó con centrado doble y datos no estandarizados, con el programa ORDEN, versión 2.0 (Ezcurra, 1998)

3.2. Resultados

La mayoría de las MIA revisadas (78.8%) correspondió a la modalidad general (Tabla 5). El 53% de ellas fue entregado al INE en 1992 y 1993. Durante 1989 y 1990 sólo se presentaron MIA generales. Tanto en la evaluación del contenido, como en la evaluación de la calidad, no hubo diferencia significativa ($\alpha=0.5$) entre los promedios obtenidos para las modalidades general e intermedia, por lo que se manejaron sin hacer referencia al tipo de modalidad.

Los proyectos de carreteras consistieron en cuatro tipos de obra diferentes. La mayoría (66%) se refirió a la construcción de autopistas de cuatro carriles para comunicar ciudades. El resto se elaboró para la creación de infraestructura complementaria a la red vial existente, tales como libramientos y vías rápidas en las ciudades, así como para su mejoramiento o ampliación.

Tabla 5 Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos carreteros analizadas

No MIA	Año	Clave INE	Objetivo	
Modalidad General				
1	México - Cuernavaca	1989	EIA-00022	Comunicación entre ciudades
2	Cuernavaca - Acapulco	1989	EIA-00050	Comunicación entre ciudades
3	San Martín Texmelucan - Tlaxcala	1989	EIA-00051	Comunicación entre ciudades
4	Maravatio - Morelia	1989	EIA-00052	Comunicación entre ciudades
5	Constituyentes - La Venta	1989	EIA-00053	Libramiento dentro de la ciudad
6	Guadalajara - Tepic	1989	EIA-00054	Comunicación entre ciudades
7	Contadero - Periférico Sur	1990	EIA-00279	Libramiento dentro de la ciudad
8	Chamapa - Lechería	1990	EIA-00280	Libramiento de una ciudad
9	Zapotalito - Cerro Hermoso	1991	EIA-00436	Comunicación entre ciudades
10	Champotón - Campeche	1991	EIA-00302	Comunicación entre ciudades
11	Durango	1991	EIA-00448	Libramiento de una ciudad
12	Coatzacoalcos - Villahermosa	Sin dato	EIA-00677	Comunicación entre ciudades
13	Libramiento Apizaco - Tlaxcala	1992	EIA-00531	Libramiento de una ciudad
14	Vialidades de Acapulco	1992	EIA-00539	Libramiento dentro de la ciudad
15	Chihuahua - Ciudad Juárez	1992	EIA-00541	Comunicación entre ciudades
16	Cancún - Tulum	1993	EIA-00676	Comunicación entre ciudades
17	Torreón - Saltillo	1992	EIA-00699	Comunicación entre ciudades
18	Libramiento NE de Toluca	1993	EIA-00571	Libramiento de una ciudad
19	Matamoros - Reynosa	1993	EIA-00886	Comunicación entre ciudades
20	Cuacnopalan - Tehuacán	1993	EIA-01156	Comunicación entre ciudades
21	Libramiento Tapexitles Colima	1993	EIA-01348	Libramiento de una ciudad
22	Santa Ana - Sonoyta	1993	EIA-01405	Comunicación entre ciudades
23	La Gloria - Colombia	1993	EIA-01450	Comunicación entre ciudades
24	México - Puebla	1994	EIA-01845	Ampliación
25	Tlaipujahua - Angangueo	1994	EIA-01919	Comunicación entre ciudades
26	México - Tuxpan	1994	EIA-01976	Comunicación entre ciudades
Modalidad Intermedia				
27	Sayula, Ver -Ocozocuaulia, Chis	1991	EIA-00450	Comunicación entre ciudades
28	Cosoleacaque, Ver	1992	EIA-00540	Libramiento de una ciudad
29	Zacatecas - Aguascalientes	1992	EIA-00554	Comunicación entre ciudades
30	Cabo San Lucas - SJC- aeropuerto	1992	EIA-00658	Ampliación
31	Mexicali - Tijuana	1992	EIA-00695	Comunicación entre ciudades
32	Libramiento Ciudad Piedad de Cabadas	1993	EIA-01404	Libramiento de una ciudad
33	Cosoleacaque - Raudales- Guayacán - Ocozocuaulia	1993	EIA-01454	Comunicación entre ciudades

3.2.1 Análisis del cumplimiento del contenido

El promedio obtenido en la evaluación binaria fue de 63 y 64 para las modalidades general e intermedia, respectivamente (Tabla 6). Estos valores corresponden a la categoría del nivel C. El 40.5% de las celdas mostraron calificaciones bajas y se clasificaron como deficientes (Tabla 7). La mejor calidad (A) se registró en 33% de los valores. Los promedios obtenidos muestran que diez manifestaciones pertenecieron a los niveles de calidad alto y bueno (MIA 8, 10, 13, 14, 16, 18-20, 25, y 26). El resto correspondió a las calidades C y D, con valores inferiores a 80.

Las modalidades general e intermedia no difirieron en el número de capítulos por categoría ($\chi^2=21.7$, $p>0.05$, $n=264$, $g.l.=7$). Se identificaron las once MIA más deficientes (MIA 2-6, 9, 11, 12, 28, 31 y 33). En ellas, el número de capítulos con la calidad más baja varió entre 4 y 7 de un total de ocho.

Los capítulos con mayor promedio fueron el 1 y el 6. En general, se proporcionó la información solicitada por los instructivos. Las omisiones en el capítulo 1 se debieron a que el 21% de las manifestaciones no especificó al responsable de la elaboración de la MIA y el 39% de los consultores no proporcionó el número de registro como prestador de servicios en materia de impacto ambiental. Cabe señalar que en el momento de la elaboración de los estudios revisados, tanto la LGEEPA como su reglamento en materia de impacto ambiental, establecían que el registro era un requisito para la elaboración de estudios de impacto ambiental.

En el capítulo 2 fue evidente la carencia de diversos puntos solicitados por los instructivos. Cinco estudios (MIA 2-6) omitieron todos los datos de la obra. En ambas modalidades, el promedio se ubicó en la calidad C (Tabla 6). En doce MIA se registró la calidad más baja (MIA 2-9, 11, 29, 30 y 33), mientras que la superior se obtuvo sólo en dos MIA (MIA 15 y 25) (Tabla 7).

Tabla 6. Evaluación del cumplimiento del contenido en las MIA de proyectos carreteros

No MIA	Capítulo								Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Modalidad General									
1	100	87	71	0	40	100	50	50	62
2	40	8	37	0	40	100	0	28	32
3	40	13	33	0	20	100	0	0	26
4	40	10	25	0	20	100	0	0	24
5	0	5	20	0	20	100	0	50	24
6	0	8	24	0	20	100	0	0	19
7	100	41	71	100	60	100	0	100	71
8	80	46	82	67	80	100	100	100	82
9	100	59	53	0	0	0	50	50	39
10	100	69	82	67	100	100	100	100	90
11	40	59	69	33	0	50	50	50	44
12	80	67	63	0	20	50	0	0	35
13	80	90	78	67	60	100	100	100	84
14	100	90	80	67	60	100	100	100	87
15	100	67	57	0	40	100	100	50	64
16	100	92	71	67	60	100	100	100	86
17	100	62	76	33	80	100	50	100	75
18	100	79	80	67	60	100	50	100	80
19	100	79	80	100	80	100	100	100	92
20	100	87	82	67	100	100	50	100	86
21	80	54	69	33	40	100	50	100	66
22	100	87	90	0	60	50	100	100	73
23	100	87	76	67	20	100	50	0	62
24	100	90	80	33	80	100	50	100	79
25	100	69	80	67	80	100	100	50	81
26	100	92	73	67	100	100	50	100	85
Prom	80	61	65	38	52	90	54	66	63
Modalidad Intermedia									
27	100	83	43	33	80	100	50	100	74
28	67	67	29	33	40	100	0	100	55
29	92	58	35	33	60	100	50	100	66
30	100	56	61	100	40	50	0	100	63
31	92	61	20	67	40	100	50	0	54
32	100	86	57	67	40	100	50	100	75
33	100	56	50	0	60	100	0	100	58
Prom	93	67	42	48	51	93	29	86	64

Tabla 7 Calidad registrada respecto al cumplimiento del contenido de las MIA de proyectos carreteros

No MIA	Capitulo								Prom
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Modalidad General									
1	A	B	C	D	D	A	D	D	C
2	D	D	D	D	D	A	D	D	D
3	D	D	D	D	D	A	D	D	D
4	D	D	D	D	D	A	D	D	D
5	D	D	D	D	D	A	D	D	D
6	D	D	D	D	D	A	D	D	D
7	A	D	C	A	C	A	A	A	C
8	B	D	B	C	B	A	D	A	B
9	A	D	D	D	D	D	D	D	D
10	A	C	B	C	A	A	A	A	B
11	D	D	C	D	D	D	D	D	D
12	B	C	C	C	D	D	D	D	D
13	B	B	C	C	C	A	A	A	B
14	A	B	B	C	C	A	A	A	B
15	A	C	D	D	D	A	A	D	C
16	A	A	C	C	C	A	A	A	C
17	A	C	C	C	D	C	A	A	B
18	A	C	B	C	C	A	D	A	B
19	A	C	B	A	C	A	A	A	A
20	A	B	B	C	A	A	D	A	B
21	B	C	C	D	D	A	D	A	C
22	A	B	B	D	C	D	A	A	C
23	A	B	C	C	D	A	D	D	C
24	A	B	B	D	C	A	D	A	C
25	A	C	B	C	C	A	A	D	B
26	A	A	C	C	A	A	D	A	B
Prom	B	C	C	D	D	B	D	C	C
Modalidad Intermedia									
27	A	B	D	D	B	A	D	A	C
28	C	C	D	D	D	A	D	A	D
29	A	D	D	D	C	A	D	A	C
30	A	D	C	A	D	D	D	A	C
31	A	C	D	C	D	A	D	D	D
32	A	B	D	C	D	A	D	A	C
33	A	D	D	D	C	A	D	A	D
Prom	A	C	D	D	D	A	D	B	C

El capítulo 3 también se caracterizó por presentar información incompleta (Tablas I y II, Anexo)

En este caso, ninguna MIA alcanzó el nivel de calidad más alto. Los promedios fueron 65 para la modalidad general y 42 para la intermedia (Tabla 6). Se reportó trabajo de campo en 33% de las MIA, y éste consistió básicamente en inventarios de vegetación

Los promedios obtenidos en el capítulo 4 correspondieron a la categoría más baja (D). Solamente en tres MIA (MIA 7, 19, y 29) se registró el máximo nivel de calidad (Tabla 7). Por el contrario 33% de las MIA no incluyó este capítulo, por lo que obtuvo calificación de cero (MIA 1-6, 9, 12, 15, 22, y 33)

En general, el método de evaluación de impactos fue explicado en el capítulo 5. Sin embargo, en nueve estudios no mencionaron la técnica empleada (MIA 1-6, 9, 11, y 12) En la mayoría de las MIA la evaluación de impactos se realizó sobre análisis cualitativos, solamente se presentó cuantificación de recursos o impactos en ocho estudios, todos de la modalidad general (MIA 1, 4, 10, 17, 20, 24, 25 y 26) (Tabla III, Anexo) El promedio registrado para el capítulo 5 fue de 52 y 51 para las modalidades general e intermedia respectivamente (Tabla 6)

Los criterios diseñados para evaluar las conclusiones se cubrieron completamente sólo en nueve manifestaciones de la modalidad general (MIA 8, 10, 13-16, 19, 22, y 25) Los promedios obtenidos en este capítulo se incluyeron en la calidad D (Tabla 7), pero el promedio de la modalidad intermedia (29) fue menor que el de la general (54) (Tabla 6) Por otra parte, al evaluar las referencias se observó que 66% de las MIA obtuvieron la máxima puntuación, mientras que siete omitieron el capítulo (MIA 2-4, 6, 12, 23 y 31)

3.2.2 Análisis de calidad

El análisis de la calidad arrojó calificaciones menores que las obtenidas en la evaluación del cumplimiento del contenido. Los promedios de las MIA fluctuaron entre 11 y 70 (Tabla 8). La mayoría de las calificaciones asignadas a los capítulos (74%) fue menor a 60, por lo que correspondió a la calidad D (Tabla 9). El mejor nivel de calidad (4) se registró solamente en 8.2 % de los casos. Al igual que en el análisis de contenido, no hubo diferencia significativa ($\chi^2 = 2.94$, $p > 0.05$, $g.l. = 7$, $n = 231$) entre los promedios obtenidos para las modalidades general e intermedia.

En términos generales, la información del capítulo 1 estuvo completa y bien organizada en 75% de los estudios (MIA 1, 7-10, 13-27, y 29-33). En el resto de los casos fue notable la carencia total (MIA 5 y 6-) o parcial (MIA 2-4, 11, 12 y 28) de información. Este capítulo obtuvo la mejor calidad que el resto de los capítulos (Tabla 9).

Las manifestaciones de 1989 (MIA 2-6) presentaron las mayores deficiencias en la información y en el análisis, de tal manera que obtuvieron las calificaciones más bajas (Tabla 8). Destacó que omitieron los capítulos 4 y 7.

Las deficiencias encontradas en el capítulo 2 se debieron a que no se especificaron las actividades y los recursos a emplear durante la ejecución del proyecto. Las MIA 2-6 no describieron la obra (Tablas IV y V, Anexo). En tres casos los proyectos no habían sido adjudicados a alguna empresa constructora en el momento de la elaboración de los estudios (MIA 13, 28 y 29).

La mayor parte de la información proporcionada en el capítulo 3 fue bibliográfica. Esto fue evidente al evaluar el capítulo 5, donde solamente el 38.4% de las MIA generales incluyeron

Tabla 8 Evaluación de la calidad de las MIA de proyectos carreteros

No MIA	Capítulo							Prom
	1	2	3	4	5	6	7	
Modalidad General								
1	88	59	61	0	17	75	25	46
2	36	6	24	0	17	50	0	19
3	36	8	16	0	8	50	0	17
4	40	7	16	0	17	50	0	19
5	0	4	9	0	8	50	0	10
6	0	5	13	0	8	50	0	11
7	100	27	54	75	25	100	0	55
8	80	35	68	50	33	50	75	56
9	88	35	34	0	0	0	25	26
10	100	51	79	50	50	50	50	61
11	40	41	64	25	0	25	25	31
12	68	35	40	0	8	25	0	25
13	80	54	72	50	17	50	50	53
14	100	52	68	50	42	100	75	70
15	100	44	49	0	17	50	50	44
16	100	66	66	50	33	50	50	59
17	88	41	75	25	42	75	25	53
18	80	45	69	50	25	50	25	49
19	100	51	69	75	42	50	50	62
20	100	59	72	50	67	100	25	67
21	80	35	48	25	8	50	25	39
22	100	52	74	0	25	25	50	47
23	100	57	66	50	8	75	25	54
24	100	63	71	25	33	50	25	52
25	100	44	60	50	42	50	50	56
26	100	63	58	50	50	75	25	60
Prom	77	40	54	29	25	55	29	44
Modalidad Intermedia								
27	82	61	29	25	50	75	25	50
28	57	34	17	25	25	50	0	30
29	83	28	25	25	33	50	25	38
30	100	31	36	75	8	25	0	39
31	83	29	28	50	25	100	25	49
32	92	50	37	50	25	50	25	47
33	95	37	35	0	33	50	0	36
Prom	85	39	30	36	29	57	14	41

Tabla 9 Calidad registrada en las MIA de proyectos carreteros con la evaluación detallada

No MIA	Capítulo							Prom
	1	2	3	4	5	6	7	
Modalidad General								
1	B	D	C	D	D	C	D	D
2	D	D	D	D	D	D	D	D
3	D	D	D	D	D	D	D	D
4	D	D	D	D	D	D	D	D
5	D	D	D	D	D	D	D	D
6	D	D	D	D	D	D	D	D
7	A	D	D	C	D	A	D	D
8	C	D	C	D	D	D	C	D
9	B	D	D	D	D	D	D	D
10	A	D	C	D	D	D	D	C
11	D	D	C	D	D	D	D	D
12	C	D	D	D	D	D	D	D
13	C	D	C	D	D	D	D	D
14	A	D	C	D	D	A	C	C
15	A	D	D	D	D	D	D	D
16	A	C	C	D	D	D	D	D
17	B	D	C	D	D	C	D	D
18	C	D	C	D	D	D	D	D
19	A	D	C	C	D	D	D	C
20	A	D	C	D	C	A	D	C
21	C	D	D	D	D	D	D	D
22	A	D	C	D	D	D	D	D
23	A	D	C	D	D	C	D	D
24	A	C	C	D	D	D	D	D
25	A	D	C	D	D	D	D	D
26	A	C	D	D	D	C	D	C
Prom	C	D	D	D	D	D	D	D
Modalidad Intermedia								
27	B	C	D	D	D	C	D	D
28	D	D	D	D	D	D	D	D
29	B	D	D	D	D	D	D	D
30	A	D	D	C	D	D	D	D
31	B	D	D	D	D	A	D	D
32	A	D	D	D	D	D	D	D
33	A	D	D	D	D	D	D	D
Prom	B	D	D	D	D	D	D	D

trabajo de campo (Tabla VI, Anexo)., que casi siempre se restringió a recorridos y sólo en dos casos se realizó muestreo de vegetación. En ningún estudio se reportaron muestreos de suelo o agua. Los resultados de campo se presentaron como anexos, sin integrarlos o analizarlos en el texto. Sólo ocho de las 33 MIA incluyeron cuantificaciones de algún recurso. Éstas se refirieron sólo a la vegetación que sería alterada y/o a los recursos a extraer de los bancos de materiales

La evaluación del capítulo 4 demostró la falta de análisis de la información. La mayoría de los estudios (17) se limitó a enlistar los planes y programas de desarrollo consultados o a describir parte de su contenido (MIA 8, 10, 11, 13, 14, 16-18, 20, 21, 23-29, 31 y 32). Tres manifestaciones presentaron un análisis de la información (MIA 7, 19, y 30), pero no se explicó la relación del proyecto con las disposiciones sobre uso del suelo (Tabla VI, Anexo). El 33% de las MIA no incluyó este capítulo (MIA 1-6, 9, 12, 15, 22, y 33).

Fue notorio que la información descriptiva de la obra y del medio natural y socioeconómico no se integró para la predicción de impactos presentada en el capítulo 5. Se observó la carencia de técnicas para evaluar impactos en 10 manifestaciones generales (Tabla VI, Anexo). La técnica más utilizada fue la matriz de Leopold, empleada en 64 % de los casos. También se reportó el uso de otras técnicas tales como: listas de verificación (21%), sobreposición de mapas (9%) y fotografía aérea (6%). La mayoría de las veces se explicaron los criterios aplicados en la evaluación de impactos. Sin embargo, el 15% de los estudios se limitó a anexar la matriz, sin detallar los criterios de evaluación (MIA 13, 21, 26, 29 y 30).

En conjunto, se utilizaron doce criterios de significancia para la evaluación de impactos (Figura 2). En la mayor parte de las MIA (54%) se aplicaron entre uno y tres criterios. Las MIA 17 y 27 fueron las que aplicaron el mayor número de criterios (8). En el 67% de los casos, los impactos se catalogaron por su carácter (benéfico o adverso, positivo o negativo). En general, la duración

magnitud, extensión, significancia, importancia y mitigación se consideraron en menos del 50% de los estudios. Los impactos acumulativos solamente fueron evaluados en el 9% de las manifestaciones. Cabe señalar que en ningún caso se proporcionó la definición de los criterios, por lo que no fue posible saber si tenían el mismo significado.

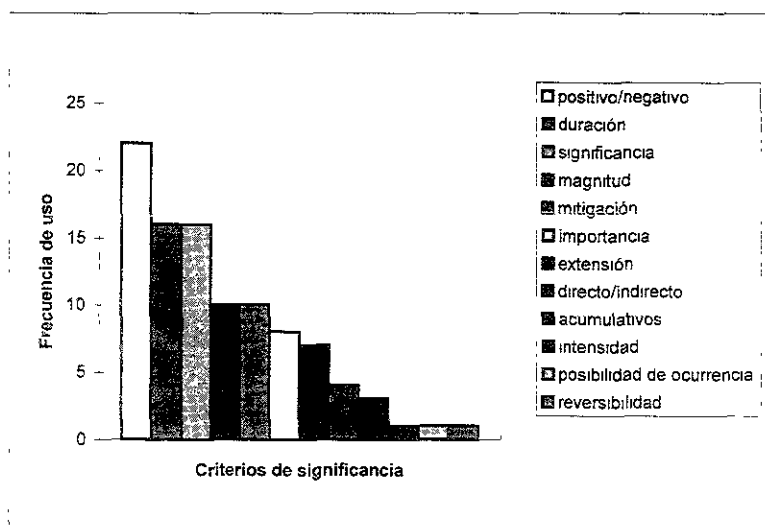


Figura 2. Criterios de significancia aplicados en la evaluación de impactos de las MIA de proyectos carreteros

Las medidas de mitigación de cuatro estudios (MIA 4, 12, 23 y 30) no tuvieron ninguna relación con los impactos identificados. En general, las medidas descritas consistieron en una lista de actividades, sin detallar los sitios o las acciones concretas (Tabla VI, Anexo)

En lo que se refiere a las conclusiones solicitadas por los instructivos en el capítulo 7, la deficiencia más común fue la falta de objetividad, ya que el 73% de los estudios no presentó un balance de impactos positivos y negativos, sino que únicamente resaltaron los impactos positivos (Tabla VI, Anexo). Finalmente, el 21 % de las MIA no incluyó el capítulo 8, relativo a las referencias

- Clasificación numérica

La técnica de clasificación numérica permitió separar siete grupos que mostraron diferencias en las calidades relativas de los capítulos (Figura 3) El único caso evidente de error de clasificación fue la MIA 27 la cual se incluyó en el grupo E, a pesar de que mostró diferencias notables en las calificaciones con respecto a los otros estudios de ese grupo.

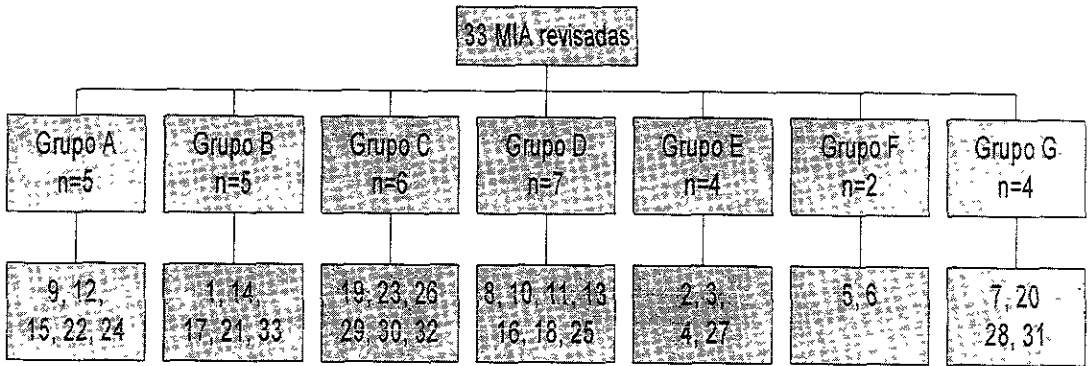


Figura 3. Clasificación de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos carreteros

El promedio general de las MIA (39.6) indicó que la calidad global fue baja (D) (Tabla 10). Al analizar los promedios obtenidos, se determinó que los capítulos más deficientes fueron el 4, 5 y 7, pues alcanzaron puntuaciones menores a 30%. Con respecto a los grupos, los promedios fluctuaron entre 10.6 (grupo F) y 52.5 (grupo D)

Tabla 10. Calificaciones promedio obtenidas para los grupos y los capítulos de las MIA de proyectos carreteros

Grupo	Capítulo							Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	
A	91.2	46.0	53.4	5.0	16.7	30.0	30.0	38.9
B	90.2	44.8	57.9	20.0	28.3	70.0	30.0	48.7
C	95.8	46.8	48.4	54.2	27.8	54.2	25.0	50.3
D	82.9	48.4	68.3	46.4	28.6	46.4	46.4	52.5
E	48.4	20.7	21.5	6.3	22.9	56.3	6.3	26.0
F	0.0	4.5	11.3	0.0	8.3	50.0	0.0	10.6
G	85.0	37.4	42.7	50.0	35.4	87.5	12.5	50.1
Promedio	70.5	35.5	43.4	26.0	24.0	56.3	21.5	39.6

Mediante los residuales de Gower se reconocieron las principales deficiencias de las MIA. Los valores por arriba del cero indican características (o calificaciones) positivas de los capítulos, mientras que los valores negativos indican mala calidad. Destaca que en ningún grupo se obtuvieron valores positivos para todos los capítulos (Figura 4). Se observó la tendencia de que los grupos con mejores calificaciones en los capítulos descriptivos (2 y 3) presentaron valores negativos en los capítulos de análisis, y viceversa. Las características de los grupos fueron:

Grupo A- Este grupo incluyó cinco manifestaciones (MIA 9, 12, 15, 22, y 24). Todas pertenecieron a la modalidad general y se realizaron entre 1991 y 1994, aunque cabe señalar que la MIA 12 no reportó la fecha de elaboración (Tabla 5). Cuatro MIA consistieron en la construcción de carreteras, y sólo una (MIA 24) se refirió a una ampliación. El grupo se caracterizó por presentar valores positivos en los capítulos descriptivos (1-3), pero negativos en los capítulos analíticos (4-6), con excepción del capítulo 7 (Figura 4). Presentó las mayores puntuaciones registradas en los residuales de los capítulos 1 y 2 (Tabla 11, Figura 4). En contraste, también obtuvo los peores valores para los capítulos de 4 y 6 (vinculación con normas y medidas de mitigación, respectivamente). De acuerdo con el promedio general, el grupo A ocupó el quinto lugar con respecto a los otros grupos (Tabla 10).

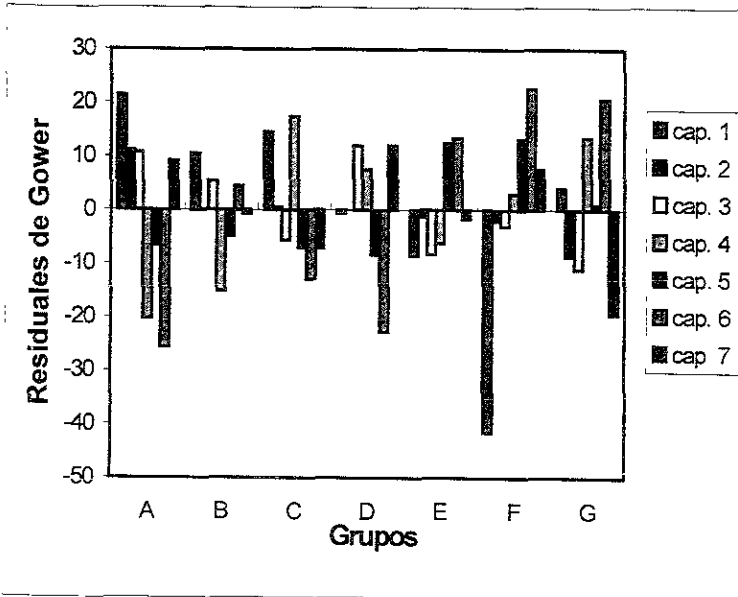


Figura 4 Residuales de Gower calculados para los grupos de Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos carreteros. Las series corresponden a los capítulos de las MIA.

Tabla 11 Residuales de Gower

Grupo	Capítulo						
	1	2	3	4	5	6	7
A	21.4	11.2	10.8	-20.3	-6.6	-25.6	9.2
B	10.5	0.2	5.4	-15.1	-4.8	4.5	-0.6
C	14.6	0.6	-5.6	17.5	-6.9	-12.9	-7.2
D	-0.5	0.0	12.0	7.6	-8.3	-22.8	12.1
E	-8.5	-1.3	-8.3	-6.2	12.5	13.5	-1.7
F	-41.5	-2.0	-3.0	3.0	13.3	22.7	7.5
G	4.0	-8.6	-11.1	13.5	0.9	20.7	-19.4

Grupo B.- Este grupo, comprendió cuatro evaluaciones de modalidad general (MIA 1, 14, 17 y 21), y una de modalidad intermedia (MIA33). Los estudios datan de 1989 (1), 1992 (2) y 1993 (2) (Tabla 5). Los proyectos abarcaron construcción de carreteras entre ciudades, vialidades internas y un libramiento. Se obtuvieron residuales positivos en los capítulos 1, 3 y 6 casi nulos en los

capítulos 2 y 7, y negativos en los capítulos 4 y 5 (Figura 4, Tabla 11). El capítulo 4 obtuvo la puntuación más baja. Por el promedio que obtuvo, este grupo representó el cuarto lugar de los grupos (Tabla 10).

Grupo C.- Este grupo incluyó seis manifestaciones (MIA 19, 23, 26, 29, 30, y 32) elaboradas entre 1992 (2), 1993 (3) y 1994 (1) (Tabla 5). Los proyectos que se evaluaron en las MIA consistieron en la construcción de cuatro carreteras, una ampliación y un libramiento. La mitad del grupo perteneció a la modalidad general y la otra mitad a la intermedia. El grupo se caracterizó por tener residuales negativos en tres capítulos integrativos (capítulos 5, 6 y 7); y uno descriptivo (capítulo 3) (Figura 4) La mayor puntuación se registró en el capítulo 4 (Tabla 11). Este grupo fue uno de los mejores, ya que su promedio correspondió a la segunda calificación más alta (50.3) (Tabla 10)

Grupo D.- Este grupo contuvo a las MIA de mejor calidad. Incluyó siete informes (MIA 8, 10, 11, 13, 16, 18, y 25), de los cuales sólo uno correspondió a la modalidad intermedia. Las manifestaciones se realizaron en 1990 (1), 1991 (2), 1992 (2), 1993 (1) y 1994 (1) para evaluar la construcción de tres carreteras y cuatro libramientos (Tabla 5). El grupo obtuvo residuales positivos en los capítulos 3, 4 y 7; valores negativos en los capítulos 5 y 6, y residuales nulos en los capítulos 1 y 2 (Figura 4). El capítulo 5 presentó la menor calificación, aunque cabe señalar que ésta fue una de las mejores calificaciones registradas, con respecto a los otros grupos. En general, este grupo obtuvo el promedio más alto de todos los grupos, con valor de 52.1 (Tabla 10)

Grupo E - Este grupo abarcó cuatro manifestaciones relativas a la construcción de carreteras para comunicar ciudades (MIA 2, 3, 4, y 27). Tres se realizaron en 1989, bajo el formato de la modalidad general (Tabla 5). La MIA 27 se elaboró en 1991 y perteneció a la modalidad intermedia. El grupo E se caracterizó por tener el mayor número de capítulos (5) con residuales negativos (Capítulos 1-4 y 7) (Tabla 11, Figura 4). Solo dos capítulos (5 y 6) obtuvieron puntuaciones positivas. En

general, los promedios de todos los capítulos fueron bajos y el grupo ocupó el sexto lugar con respecto a los otros grupos (Tabla 10).

Grupo F.- Este grupo incluyó dos MIA de la modalidad general (MIA 5 y 6). Fueron realizadas en 1989 (Tabla 5), una para construcción de carretera y otra para libramiento. El grupo se caracterizó por presentar las peores calificaciones en todos los capítulos, con excepción del capítulo 6 (Tabla 10). De hecho, los capítulos 1, 4 y 7 registraron promedios de cero. Los residuales fueron negativos para los capítulos 1-3 y positivos para el resto (Figura 4). Los promedios fueron bajos, por lo que este grupo ocupó el último lugar entre los grupos (Tabla 10).

Grupo G - Este grupo englobó cuatro evaluaciones (MIA 7, 20, 28, y 31) realizadas en 1990 (1), 1992 (2) y 1993 (1) (Tabla 5) Las manifestaciones incluyeron las modalidades general (2) e intermedia (2) y abarcaron proyectos para construcción de carreteras entre ciudades y libramientos. El grupo presentó promedios elevados en los capítulos 1 y 6 (Tabla 10) Los residuales fueron positivos para los capítulos 1, 4, 5 y 6 (Figura 4) El resto de los capítulos tuvo residuales negativos. De acuerdo con el promedio, este grupo ocupó el tercer lugar en su evaluación (Tabla 10).

4. Procedimiento de evaluación de impactos

Con la revisión de las MIA. presentada en el capítulo anterior, se obtuvieron índices de calidad bajos. La baja calidad registrada se debió en gran parte a problemas metodológicos que derivaron en mal manejo de información, en la falta de rigor para evaluar impactos, o en ambos casos. En general, se observó la falta de integración y de análisis de la información. Se registró la ausencia de técnicas para evaluar impactos en 30% de las MIA. Además, en 64% de los casos se utilizó la matriz de Leopold para la evaluación de impactos, a pesar de las limitaciones que se mencionaron en el apartado 2.3.2. En cuanto a los criterios de evaluación de impactos, se detectó que la duración, magnitud, extensión, significancia, importancia y mitigación se consideraron en menos del 50% de los estudios y los impactos acumulativos solamente fueron evaluados en 9% de las manifestaciones.

En virtud de estos resultados, se consideró necesario desarrollar un método para evaluar impactos ambientales que fuera sistemático y objetivo. En este capítulo se presenta el método matricial propuesto. Los resultados se presentan mediante un caso de estudio.

4.1. Método

Las evaluaciones de impacto ambiental deben desarrollarse mediante procedimientos que permitan una evaluación sistemática e integral de los impactos ambientales previsibles de proyectos de desarrollo. En general, las evaluaciones comprenden básicamente dos fases; 1) caracterización ambiental y descripción del proyecto, y 2) predicción y evaluación de impactos, mismas que fueron descritas en los incisos 2.3.1 y 2.3.1 (Figura 1).

El método matricial presentado en este trabajo corresponde a la segunda etapa de Identificación y Evaluación de Impactos, en la cual se incorporan los datos y resultados obtenidos en la fase de caracterización. En esta fase se elabora una matriz de interacciones tipo Leopold: las actividades de la obra se disponen en las columnas y los factores ambientales en los renglones. Se establece la definición de las actividades, de las variables ambientales y de los indicadores de impacto. Un indicador es un parámetro mensurable de cambio ambiental (Munn 1975). Esto ayuda a evitar confusiones y desviaciones en la evaluación. En la matriz se identifican las dependencias directas entre actividades y factores. Las interacciones se marcan en las celdas correspondientes, como 0 (ausentes) o 1 (presentes). Para ello es necesario realizar reuniones de trabajo donde todos los especialistas exponen sus resultados y opiniones.

El siguiente paso es elaborar un diagrama de flujo a partir de la matriz. Esta fase simplifica el examen de las relaciones causa y efecto directas, así como de las interacciones de orden superior. Las interacciones de orden superior son aquellas generadas por interdependencias entre los componentes del sistema, que no están directamente conectados, como uniones indirectas de retroalimentación y cadenas causales (Shopley *et al.* 1990). El análisis de dependencias de orden superior se facilita a través del desarrollo de una matriz de unión mínima que representa la conexión más corta entre las variables en una cadena causal indirecta (Shopley *et al.* 1990). Puesto que el número de interacciones en una matriz puede ser considerable, los diagramas de flujo pueden ser complejos y difíciles de representar. Por tanto, es conveniente usar un esquema sistemático para delinear las cadenas causales. Un modelo estructural interpretativo ordena jerárquicamente las variables involucradas y con ello facilita la elaboración de diagramas de flujo (Vizayakumar y Mohapatra 1989, 1992). Tanto el modelo estructural interpretativo como la matriz de unión mínima son generados por un proceso similar. La matriz binaria es elevada exponencialmente a la n -ésima potencia x^n , donde n es la interacción de mayor orden.

Posteriormente se realiza una simulación cualitativa (KSIM) (Holling 1978, Kane 1972, Kane *et al.* 1973) para revelar el comportamiento dinámico de los componentes del sistema. Se generan conjuntos de escenarios para detectar la sensibilidad de las variables a diferentes circunstancias

La importancia de cada interacción se evalúa por medio de los indicadores ambientales que se definieron con anterioridad y la significancia de impactos. Ésta última es evaluada con un conjunto de once criterios catalogados como básicos, complementarios y de calidad (Tabla 12) (Bojórquez-Tapia 1989, Duinker y Beanlands 1986)

Tabla 12. Criterios utilizados para evaluar la significancia de impactos

Criterios	Definición
BASICOS	
Magnitud	Intensidad de la afectación en el área del impacto
Extensión espacial	Área de afectación con respecto a la disponible en la zona de estudio
Duración	Tiempo del efecto
COMPLEMENTARIOS	
Sinergia	Interacciones de orden mayor entre impactos
Acumulación	Presencia de efectos aditivos de los impactos
Controversia	Oposición de los actores sociales al proyecto por el impacto
Mitigación	Existencia y eficiencia de medidas de mitigación
CALIFICADORES	
Información	Cantidad y calidad de datos que soportan la predicción
Certeza	Probabilidad de ocurrencia
Confianza	Incertidumbre con respecto a la predicción del impacto
Estándares	Diferencia con respecto a la norma ambiental

Se supone que cualquier impacto tiene, al menos, magnitud, extensión y duración, por lo que los criterios básicos son indispensables para definir una interacción. Por otra parte, los criterios complementarios pueden o no ocurrir, pero si se presentan provocan un incremento en el impacto. Por el contrario, la mitigación tiene el efecto opuesto: es decir, disminuye la significancia del

impacto. Los calificadores no modifican el impacto pero indican la capacidad predictiva de la evaluación. De esta manera, los criterios básicos definen las características directas e inmediatas, los complementarios toman en cuenta las relaciones de orden superior y los calificativos relacionan a los otros dos con el fundamento técnico de la predicción.

Los criterios son evaluados bajo una escala ordinal, correspondiente a expresiones orales relacionadas al efecto de una actividad sobre el indicador del componente ambiental (Tabla 13). La evaluación de la mayoría de los criterios es directa, pero los efectos sinérgicos y los acumulativos requieren de la simulación dinámica y de las dependencias de orden superior. Cuando se tiene incertidumbre en determinar el valor de un criterio se asigna el mayor. Esta regla es consistente con una racionalidad precautoria para conflictos ambientales (Crowfoot y Wondolleck 1990) que implica disminuir la posibilidad de subestimar un impacto y minimizar el riesgo al público (Shrader-Frechette y McCoy 1993). Cabe señalar que la evaluación del criterio de estándares ambientales es binaria, ya que se valora como presencia o ausencia.

Tabla 13 Escala ordinal utilizada para evaluar cada uno de los criterios de significancia

Valor	Criterio
0	Nulo
1	De nulo a bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Bajo a moderado
5	Moderado
6	Moderado a alto
7	Alto
8	muy alto
9	Extremadamente alto

Puesto que el valor máximo en la escala ordinal es 9, los efectos de la variable j sobre la variable i se pueden describir con los criterios de significancia. El índice básico (MED_{ij}) y el índice complementario (SAC_{ij}) se calculan con las siguientes ecuaciones (Bojórquez-Tapia *et al* 1998):

$$MED_{ij} = \frac{1}{27} (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij}) \quad (1)$$

$$SAC_{ij} = \frac{1}{27} (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij}) \quad (2)$$

Donde M_{ij} = magnitud, E_{ij} = extensión espacial, D_{ij} = duración, S_{ij} = efectos sinérgicos, A_{ij} = efectos acumulativos, y C_{ij} = controversia.

Como se mencionó anteriormente, los criterios básicos no pueden ser evaluados como nulos (su valor mínimo es uno y el máximo 27), mientras que los criterios complementarios pueden tener valores de 0 hasta 27, de tal manera que al aplicar las ecuaciones anteriores, los índices fluctúan en los siguientes intervalos:

$$0.03 \leq MED_{ij} \leq 1$$

$$0 \leq SAC_{ij} \leq 1$$

El impacto de una interacción (I_{ij}) está dado por la combinación de los criterios básicos y los complementarios. Los impactos se incrementan cuando existe alguno de los criterios complementarios (sinergia, acumulación y controversia). La relación de las ecuaciones (1) y (2) está dada por la siguiente ecuación.

$$I_{ij} = (MED_{ij})^{1-SAC_{ij}} \quad (3)$$

De acuerdo con la ecuación anterior, la importancia de un impacto se incrementa cuando los criterios complementarios están presentes, mientras que si están ausentes, el impacto queda definido solamente por los criterios básicos, sin modificarse (Figura 5)

Sin embargo, la significancia (S_y), final de un impacto debe tomar en consideración las medidas de mitigación (T_y), para lo cual se aplica la siguiente ecuación:

$$S_y = I_y * \left[1 - \frac{1}{9} (T_y) \right] \quad (4)$$

Puesto que los criterios básicos no pueden ser nulos, el intervalo de fluctuación de S_y es:

$3/27 \leq S_y \leq 1$ Las medidas de mitigación son evaluadas en una escala ordinal similar a la

empleada para los criterios básicos y complementarios. En la evaluación de las medida de

mitigación se toman en cuenta los costos para discernir su importancia relativa y las posibilidades de implementación.

Los criterios calificadores no se involucran en las ecuaciones aplicadas para el cálculo de la significancia de impactos, su importancia radica en que indican la fortaleza del fundamento de la evaluación. Cuando la significancia final de un impacto resalta, por ser muy alta o menor a la esperada, se revisan los valores asignados a los criterios calificadores, y con base en ellos, se verifican las calificaciones otorgadas a los criterios básicos y complementarios.

Finalmente, los valores de S_{ij} son clasificados en cuatro clases de significancia de impactos: baja (0 a 0.25), moderada (0.25 a 0.49), alta (0.50 a 0.74) y muy alta (0.75 a 1.00). Aquí se evalúa la eficiencia de las medidas de mitigación. Esto se realiza observando la magnitud en la reducción de la significancia de un impacto, así como el número de impactos que son aminorados, directa o indirectamente, por una sola medida de mitigación

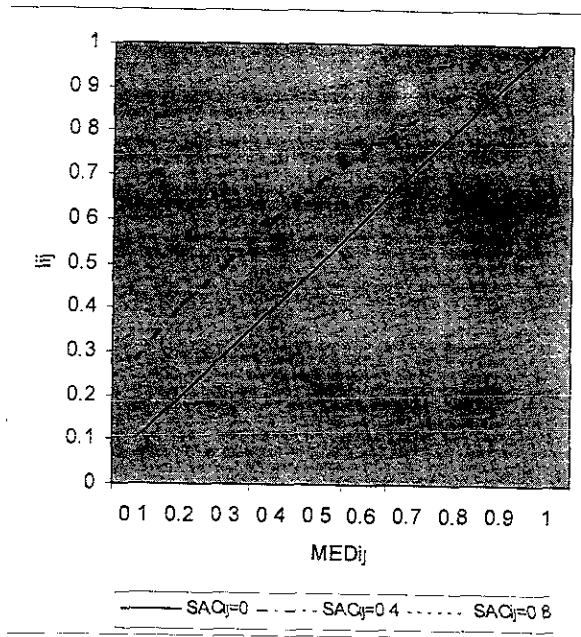


Figura 5. Variaciones del valor de los Impactos (I_{ij}) en función de los criterios complementarios (SAC_{ij}) El valor de impacto no se altera cuando $SAC_{ij}=0$, pero se incrementa cuando $SAC_{ij}>0$.

4.2. Resultados. Evaluación de impactos biológicos mediante un caso de estudio

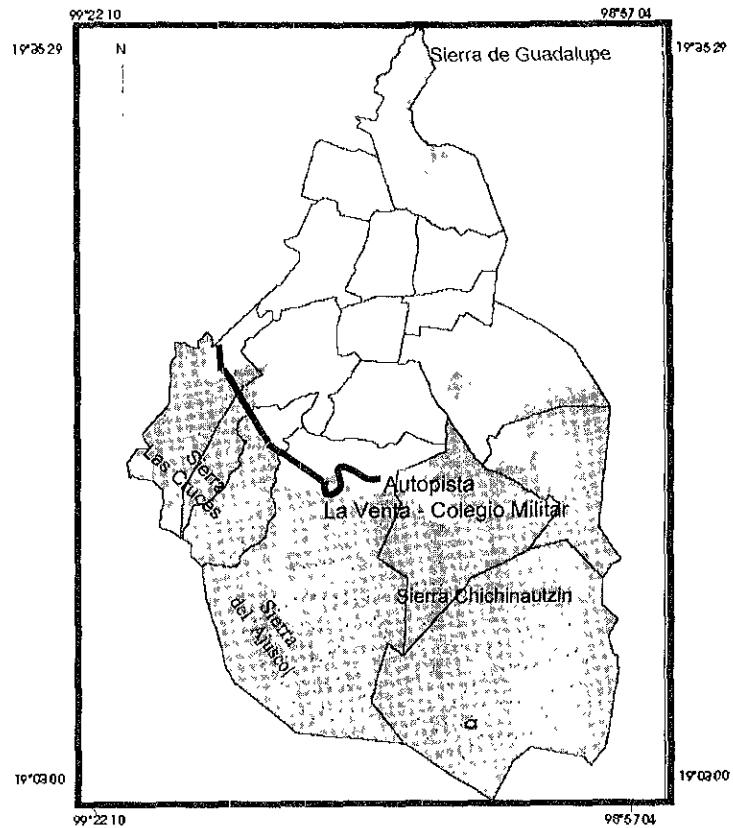
El procedimiento presentado en la sección anterior se aplicó en un caso de estudio: una Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad específica para el proyecto carretero La Venta – Colegio Militar. El proyecto consistió en una autopista de 4 carriles y 23.3 km ubicada en el suroeste de la Ciudad de México (Figura 6).

La elaboración de la MIA se dividió en las dos fases que se describieron en el capítulo 2: fase de caracterización y fase de identificación y evaluación de impactos (Figura 1). El método propuesto para evaluación de impactos se aplicó en la segunda etapa, tomando como base la información generada en la primera

4.2.1. Fase de caracterización

La caracterización estuvo a cargo de un grupo multidisciplinario de especialistas en flora, fauna, conservación, hidrología, suelos, geología, cartografía, aspectos socioeconómicos, imágenes de satélite, aspectos legales, sistemas de información geográfica, bosques, ingeniería ambiental, tránsito y urbanismo. En esta fase se generó gran cantidad de información de los diferentes temas abordados. Ante la imposibilidad de incluirla en este trabajo, solamente se mencionan algunos de los aspectos más sobresalientes.

El área de estudio fue dividida en regiones geomórficas, siguiendo una clasificación jerárquica (Cendrero y Díaz de Terán 1987, Bos 1993). Se identificaron dos unidades geomórficas y seis unidades naturales. Las unidades geomórficas son la Sierra Las Cruces y Sierra Chichinautzin que pertenecen a la unidad morfoestructural de Estructuras Tectovolcánicas



□ Suelo de conservación de la Ciudad de México

0 5 10 km

Figura 6 Ubicación del proyecto carretero La Venta - Colegio Militar

Se identificaron 18 cuencas hidrológicas y se ubicaron sobre el trazo del proyecto. Las características ambientales y socioeconómicas se asociaron con las unidades naturales. Se elaboraron mapas temáticos de hidrología superficial, hidrología subterránea, vegetación y uso del suelo, geología, topografía, y aspectos demográficos.

Los resultados de la caracterización biológica indicaron que las Estructuras Tectovolcánicas contienen 279 especies de vertebrados terrestres. La Clase Aves resultó la más numerosa (18% del total nacional), seguida por mamíferos (12% del total nacional), reptiles y anfibios (3% del total nacional). La diversidad de la zona afectada por el trazo de la carretera fue menor que la diversidad regional, debido a que el área impactada por la carretera es sólo una reducida fracción de las Estructuras Tectovolcánicas y a que el trazo cruza tanto áreas conservadas como perturbadas.

Asimismo, en las Estructuras Tectovolcánicas, se han registrado 53 especies de vertebrados endémicos del país. La clase con más especies endémicas es reptiles, seguida por aves, mamíferos y anfibios. También existen especies migratorias de mamíferos y de aves. Las especies en peligro de extinción incluyen 14 especies de aves, 7 de mamíferos, 3 de reptiles y 7 de anfibios. Estas especies enfrentan problemas severos de destrucción de su hábitat y, en menor escala, cacería y efectos por la contaminación.

En cuanto a vegetación, la zona de estudio presenta cinco tipos de vegetación: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, matorral y plantaciones forestales. Además existe vegetación de tipo agrícola-pastizal-urbano. El bosque de oyamel ocupa la mayor superficie, siguiéndole en orden de importancia el de pino.

Los usos actuales más importantes de las zonas boscosas del Distrito Federal y, particularmente las de la zona suroeste del valle, son la protección de cuencas hidrográficas, la conservación de fauna y flora natural y la recreación. En la zona de estudio se encuentran los tres parques nacionales del Distrito Federal: Parque Nacional Cumbres del Ajusco, Parque Nacional Desierto de los Leones y Parque Nacional Lomas de Padierna. Además, el gobierno del Distrito Federal ha establecido otras áreas protegidas en las zonas boscosas aledañas que colindan con la mancha urbana (Cañada de Contreras, Zona de Preservación Forestal del Río Magdalena).

Se han documentado cuatro patrones generales de distribución de la fauna, asociados con la vegetación (1) en las áreas caracterizadas por bosques densos se encuentra la mayor concentración de vertebrados terrestres; (2) la mayor diversidad de especies se localiza en los bosques de encino, seguida por los bosques de pino y bosques de oyamel. (3) existen decrementos pronunciados en la diversidad a lo largo de gradientes altitudinales, y (4) en tipos de vegetación menos diversos hay concentraciones de especies endémicas o en peligro de extinción

Como resultado de la caracterización del medio socioeconómico, se identificaron los intereses de los sectores sociales. La principal preocupación tanto del público como del gobierno se relacionó con los efectos del proyecto sobre: 1) inducción del crecimiento de la mancha urbana en áreas naturales, 2) deforestación durante la construcción de la carretera, 3) mayor riesgo de extinción de flora y fauna, 4) reducción de la recarga de acuíferos y 5) mayor contaminación atmosférica. Por el contrario, los principales beneficios del proyecto, de acuerdo con los desarrolladores, serían menor tiempo de recorrido y una reducción en las emisiones atmosféricas provenientes de automóviles dentro de la Ciudad de México

Esta identificación de intereses permitió que el proceso de evaluación dirigiera los conflictos ambientales más probables ocasionados por el proyecto. Para abordarlos, se establecieron tres

escalas de trabajo. Ciudad de México, regional y local. Bajo la primera escala se evaluaron los efectos del proyecto sobre el tránsito y niveles de contaminación del aire dentro de la Ciudad de México. En la segunda se consideraron las Sierras que atraviesa el proyecto (Las Cruces y Sierra Chichinautzin) y se evaluó el riesgo de extinción local y regional de especies. Finalmente, con la escala local se analizó la modificación de cobertura natural, crecimiento urbano, reducción de infiltración, disponibilidad de agua y contaminación atmosférica. Estos impactos se examinaron a lo largo de un cinturón de 1 km hacia ambos costados del centro geométrico de la carretera.

4.2.2. Fase de Identificación y Evaluación de Impactos

Esta fase estuvo a cargo de los especialistas encargados de la integración de información y evaluación de impactos. Para desarrollarla se tomó como punto de partida la información generada por los especialistas en la fase de caracterización, consultas directas a ellos y talleres multidisciplinarios.

Los impactos ambientales se identificaron a partir de una matriz de interacciones que incluyó 33 factores ambientales dispuestos en los renglones y 25 actividades del proyecto colocadas en las columnas (Figura 7). También se emplearon diagramas de flujo elaborados para cada actividad. A manera de ejemplo se presenta el diagrama de flujo elaborado para la actividad de desmonte (Figura 8).

Las actividades consideradas para la etapa de preparación del sitio fueron: Liberación del derecho de vía, caminos de acceso, desmonte, despalme, excavación, compactación, arroje de taludes, disposición en bancos de tiro, movimiento de tierras, cortes y terraplenes, disposición de residuos.

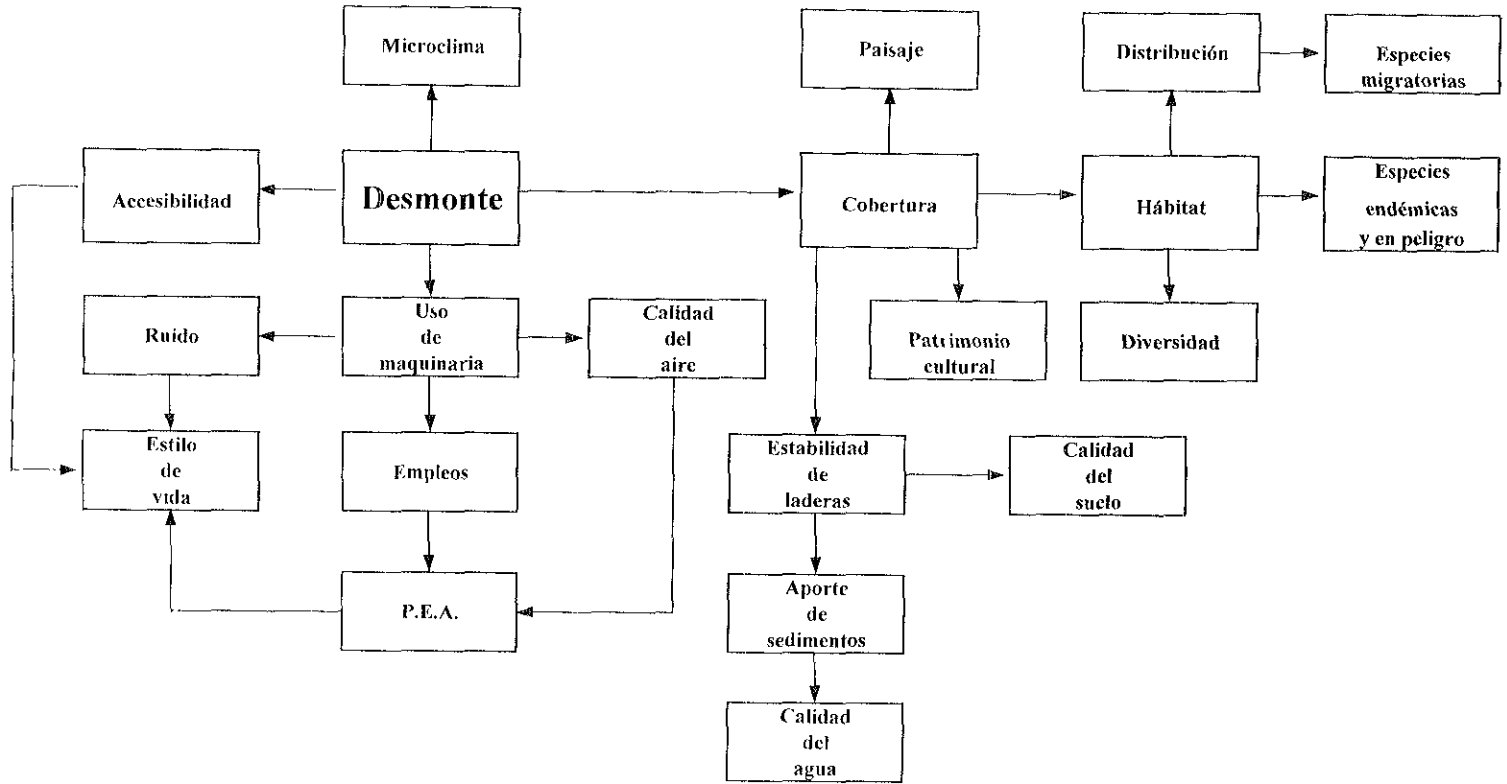


Figura 8 Diagrama de flujo elaborado para identificar las interacciones ocasionadas por el desmorte

líquidos y madera, reubicación de edificaciones y uso de explosivos. Las actividades correspondientes a la etapa de construcción fueron: bancos de préstamo, túnel y viaductos, estructuras y obras complementarias, muros de contención, entronques, rehabilitación y reforestación, pavimentación y líneas de transmisión. Finalmente, para la etapa de operación se incluyó: circulación vehicular, requerimientos de energía, áreas de servicio y entronques.

Las variables ambientales que se tomaron en cuenta comprendieron factores fisicoquímicos, biológicos y socioeconómicos. En los primeros se consideró: calidad del aire, microclima, ruido, puntos de interés geológico, relieve y estabilidad de laderas, calidad del suelo, calidad del agua, manantiales y pozos, abastecimiento de agua, cauces y recarga de acuíferos. Los biológicos incluyeron: cobertura de la vegetación, especies vegetales endémicas y en peligro de extinción, diversidad de la fauna, distribución de la fauna, hábitat de la fauna, especies animales endémicas y en peligro y especies migratorias. En los aspectos socioeconómicos se analizó la distribución de la población, actividades productivas, población económicamente activa, integridad de comunidades, estilo de vida, paisaje, uso del suelo, accesibilidad, expropiación, productividad agropecuaria, patrimonio cultural, fragmentación de asentamientos humanos, transporte y vivienda.

Además de las variables incluidas en la matriz, se consideraron cinco variables complementarias para precisar las cadenas causales de los diagramas de flujo. Éstas fueron: empleo, precio de la tierra, uso de maquinaria, aporte de sedimentos y costo del transporte. Se definieron todas las variables: las actividades del proyecto, los factores ambientales e indicadores (Tablas VII y VIII - Anexo), así como las interacciones identificadas. Las definiciones se incorporaron en un programa de cómputo diseñado *ad hoc* por un especialista. Posteriormente, se generó un modelo estructural interpretativo y una simulación cualitativa (KSIM). Esto facilitó el análisis de interacciones de orden superior y el comportamiento dinámico de los componentes del sistema.

Se identificó un total de 274 interacciones, de las cuales 28 se relacionaron con la flora y la fauna (Tabla 14). Para evaluar cada interacción de la matriz, se establecieron los valores de los criterios básicos, complementarios y de calidad. Se utilizó cuando menos un indicador para cada interacción. Las estimaciones de los cambios de cada indicador fueron derivadas de diversas fuentes tales como resultados de la caracterización, discusiones interdisciplinarias, y modelos de simulación. Por ejemplo, los datos de cobertura se obtuvieron a partir de imágenes de satélites y fotografías aéreas a través de un sistema de información geográfica. La presencia de hábitats importantes se derivó de la literatura y se correlacionó con sistemas terrestres y cobertura por medio del sistema de información geográfica

Posteriormente, se aplicaron las ecuaciones 1-4. Los valores asignados a los criterios de significancia (MED, SAC y calificadores) se incorporaron al programa de cómputo y el cálculo de las ecuaciones 1 - 4 se obtuvo automáticamente. El programa también se utilizó en las operaciones de matrices matemáticas para obtener la matriz de unión mínima y el modelo estructural interpretativo, así como la simulación KSIM.

De las 28 interacciones relacionadas con los factores biológicos, 19 correspondieron a impactos negativos y nueve se evaluaron como impactos positivos. Los impactos negativos fueron ocasionados por cuatro actividades: caminos de acceso, desmonte, uso de explosivos y circulación vehicular; mientras que los positivos se originaron por tres actividades: arrojado de taludes, muros de contención, y rehabilitación y reforestación.

Al evaluar los impactos con base en los criterios básicos, no se registraron impactos bajos (Tabla 15). La mayoría de los impactos se catalogó como moderados, seguidos por los altos y muy altos. Por otra parte, para los criterios complementarios, la mayor parte de las interacciones se clasificaron como impactos bajos y moderados. No se registraron valores muy altos.

Tabla 14 Definición de interacciones identificadas entre las actividades de la obra y los factores biológicos

Interacción	Definición
Impactos negativos	
1 Caminos de acceso (2) – Cobertura vegetal (13)	Necrosis, clorosis y descenso de productividad en la vegetación debido a incrementos de niveles de gases contaminantes (NOx, CO, HC, SOx) emitidos por la maquinaria empleada para la ampliación de los caminos de acceso
2 Caminos de acceso (2) – Diversidad de fauna (15)	Cambio en diversidad de fauna por la predominancia de especies generalistas y la desaparición de especies nativas
3 Caminos de acceso (2) – Hábitat (17)	Pérdida de hábitat por la desaparición de cobertura vegetal ocasionada por la disminución en la calidad del aire derivada del uso de maquinaria
4 Caminos de acceso (2) – Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Pérdida de hábitat por cambio de cobertura vegetal
5 Desmante (3) - Cobertura vegetal (13)	Eliminación de vegetación a lo largo del área efectiva alterada
6 Desmante (3) - Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	Pérdida de hábitats por cambio de cobertura
7 Desmante (3) - Diversidad de fauna (15)	Cambio en diversidad de fauna: incremento de especies generalistas y desaparición de especies nativas
8 Desmante (3) - Distribución de fauna (16)	Modificación de los patrones de distribución de especies por efectos de barrera o desaparición de sitios de anidación, refugio, alimentación y reproducción
9 Desmante (3) - Hábitat (17)	Reducción del hábitat por pérdida de cobertura vegetal
10 Desmante (3) - Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Pérdida de hábitat por cambio de cobertura vegetal
11 Desmante (3) - Especies migratorias (19)	Eliminación de hábitats utilizados por especies migratorias derivada de la pérdida de cobertura vegetal
12 Uso de explosivos (13) – Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	Pérdida de hábitats por cambio de cobertura vegetal
13 Uso de explosivos (13) – Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Pérdida de hábitats por cambio de cobertura vegetal

Tabla 14. Definición de interacciones identificadas entre las actividades de la obra y los factores biológicos
Continuación...

14	Circulación vehicular (22) – Cobertura vegetal (13)	Necrosis, clorosis y descenso de productividad en la vegetación debido a incrementos de niveles de gases contaminantes (NOx, CO, HC, SOx) causados por la circulación vehicular
15	Circulación vehicular (22) - Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	Pérdida de hábitat por cambio de cobertura vegetal
16	Circulación vehicular (22) - Diversidad de fauna (15)	Cambio en diversidad de fauna: incremento de especies generalistas y desaparición de especies nativas
17	Circulación vehicular (22) - Distribución de fauna (16)	Modificación de los patrones de distribución de especies por efectos de barrera, por desaparición de sitios de anidación, refugio, alimentación y reproducción o por riesgos de atropellamiento
18	Circulación vehicular (22) - Hábitat (17)	Reducción del hábitat por pérdida de cobertura vegetal
19	Circulación vehicular (22) - Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Pérdida de hábitat por cambio de cobertura vegetal
Impactos positivos		
1	Arrope de taludes (7) - Cobertura vegetal (13)	Disminución de la pérdida de cobertura vegetal por el arrope de taludes
2	Muros de contención (17) – Cobertura vegetal (13)	Disminución de la pérdida de cobertura vegetal por la construcción de muros de contención
3	Muros de contención (17) - Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	Disminución de la pérdida de hábitats por cambio de cobertura vegetal
4	Muros de contención (17) - Diversidad de fauna (15)	Disminución de la pérdida de hábitats por incremento de cobertura vegetal
5	Muros de contención (17) - Distribución de fauna (16)	Disminución de la pérdida de hábitats por incremento de cobertura vegetal
6	Muros de contención (17) - Hábitat (17)	Disminución de la pérdida de hábitat por pérdida de cobertura vegetal
7	Muros de contención (17) - Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Disminución de la pérdida de hábitats por cambio de cobertura vegetal
8	Rehabilitación y reforestación (19) - Cobertura vegetal (13)	Incremento de vegetación a lo largo del derecho de vía
9	Rehabilitación y reforestación (19) - Hábitat (17)	Incremento de sitios de anidación, refugio, alimentación y reproducción para la fauna por la cubierta vegetal de los taludes

Tabla 15 Proporción de impactos bajos, medios, altos y muy altos obtenidos para los impactos biológicos después de aplicar los diferentes criterios.

Factores	n	Criterios básicos				Criterios complementarios				Significancia				Significancia ajustada con las medidas de mitigación			
		Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Muy Alto (%)
Cobertura vegetal (13)	11	0	91	9	0	82	18	0	0	0	91	9	0	73	27	0	0
Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	10	0	100	0	0	80	20	0	0	0	100	0	0	20	80	0	0
Diversidad de fauna (15)	13	0	77	0	23	69	31	0	0	0	77	0	23	23	69	0	8
Distribución de fauna (16)	13	0	62	38	0	69	8	23	0	0	62	15	23	15	69	15	0
Hábitat (17)	14	0	57	43	0	93	7	0	0	0	57	43	0	0	57	43	0
Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	11	0	73	27	0	82	9	9	0	0	73	18	9	18	73	9	0
Especies migratorias (19)	16	0	50	25	25	50	6	44	0	0	50	0	50	0	50	0	50

La significancia se obtuvo al combinar los criterios básicos y los complementarios. Las proporciones de los valores de significancia fueron, en orden descendente: moderada, muy alta y alta. No hubo impactos bajos. Estas proporciones se modificaron al aplicar las medidas de mitigación, por lo que el orden final fue el siguiente: media, baja, alta y muy alta (Tabla 15).

Los resultados demostraron que los criterios complementarios incrementaron la significancia de las interacciones, mientras que las medidas de mitigación disminuyeron el nivel de los impactos, tanto para las actividades como para los factores ambientales (Figura 9).

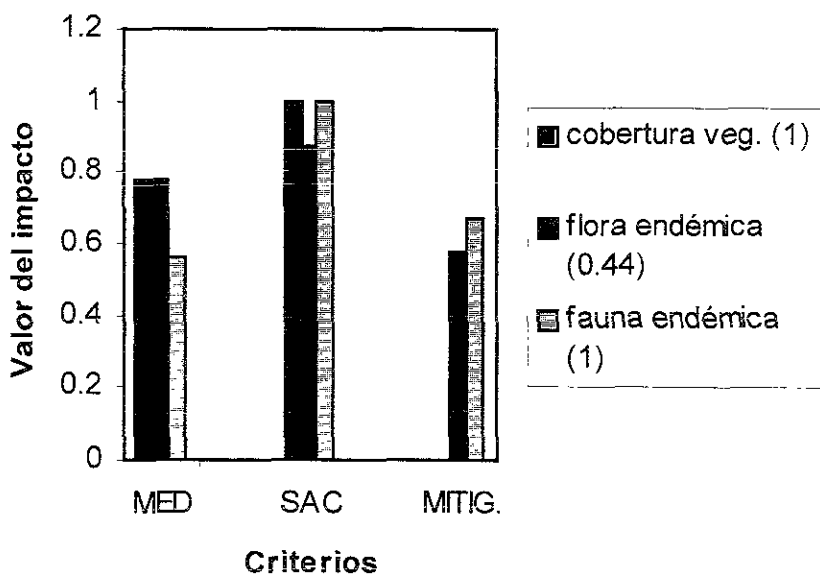


Fig. 9. Efecto de los criterios de significancia sobre el valor del impacto. Los impactos dados originalmente por los criterios básicos (MED) se incrementan al combinarse con los criterios complementarios (SAC), pero disminuyen por el efecto de las medidas de mitigación. Los números que aparecen en la leyenda corresponden al valor del índice obtenido para los criterios complementarios (SAC).

La Tabla IX del anexo detalla las calificaciones asignadas a los impactos negativos, así como las medidas de mitigación específicas. La evaluación de las interacciones positivas se muestra en la Tabla X del anexo.

5. Discusión

5.1 Análisis de la calidad de las MIA

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) son herramientas de planeación que proporcionan información objetiva acerca de las consecuencias previstas por la ejecución de proyectos de desarrollo. Dado que las EIA generalmente forman parte de un proceso para la toma de decisiones, el tema clave es qué tan bien están soportadas las decisiones sobre un proyecto (Beattie 1995, Lawrence 1993). Por tanto, la contribución de una EIA consiste en proveer datos objetivos para sustentar la toma de decisiones y la resolución de conflictos ambientales (Crowfoot y Wondolleck 1990, Harashina 1995). Para ello es necesario un análisis meticuloso de los impactos previsibles y la posibilidad de mitigarlos

En México, la resolución de conflictos presupone que el público pueda revisar las MIA que se someten al Instituto Nacional de Ecología (INE), para su evaluación. Un punto crucial en tal proceso es la capacidad de los grupos de interés y las autoridades de analizar y criticar objetivamente las MIA. El presente estudio propone un enfoque de evaluación para la examinación escrupulosa de EIA. Este enfoque se basa en un tema clave relativo a la resolución de conflictos: si los contenidos técnicos de las MIA son suficientemente útiles a las autoridades para autorizar o rechazar un proyecto y si informan apropiadamente a los grupos de interés

Cerca del 80% de las MIA examinadas en este estudio pertenecieron a la modalidad general. No se encontraron los criterios aplicados por el INE para determinar la modalidad bajo la cual habrían de presentarse los proyectos. Esto se detectó por que no hay una relación clara entre las modalidades

Los resultados de este estudio revelaron que la calidad de las MIA fue baja. Se identificaron problemas generales en las MIA y otros particulares en los capítulos. Destacan deficiencias en el manejo de información y en la evaluación de impactos, los cuales se discuten a continuación.

5.1.1 Manejo de información

Durante la elaboración de una EIA se incorpora y maneja información de diferente índole. El tipo y el análisis de la información contenida en las MIA son un factor que limita su calidad. Las bajas calificaciones registradas para los capítulos 2, 3, 4 y 5 (Tablas 8-10) fueron consecuencia, principalmente, del mal manejo de la información, que derivó en la falta de fundamento, de integración y de análisis de datos.

Los problemas de información se originan desde la recopilación. Comúnmente, esta fase está limitada porque no existen datos publicados, o bien éstos no son actuales o locales. Por otro lado, si la búsqueda no es eficiente y exhaustiva, la consulta se limita a menos fuentes de las que realmente existen, pudiendo omitir datos importantes o recientes. Al respecto, la pobreza y antigüedad de las referencias en las MIA revisadas indican la ineficiente búsqueda de información.

Una vez obtenida la información, se incorpora al estudio de evaluación de impacto ambiental. El manejo de información implica análisis, integración, síntesis y objetividad. Esta actividad es de suma importancia, ya que determina en gran medida la utilidad y calidad de las MIA. En la medida en que se analiza e integra la información obtenida, ya sea bibliográfica o de campo, se tienen los elementos para que la evaluación de impactos sea sustentada y objetiva. De tal forma que si no se emprende una análisis integral de la información, el análisis de impactos carece de fundamento y se basa en criterios subjetivos.

emprende una análisis integral de la información, el análisis de impactos carece de fundamento y se basa en criterios subjetivos

Si no se tiene capacidad de **análisis**, no se aporta una visión integral de las condiciones del medio ni del análisis de impactos, que es en último término el objetivo de las MIA. Al respecto, se detectó que algunas MIA se limitaron a incluir los resultados de campo o cuantificaciones de materiales o recursos, como anexos, sin presentar un análisis, discusión o conclusión

Por su parte, la falta de **integración** originó que las MIA revisadas presentaran la información como si se tratara de un cuestionario solamente, o bien, como si se tratara de capítulos independientes, sin relación alguna entre ellos

Otra deficiencia detectada fue la **manipulación** de datos, detectada por la omisión de información y por lo tendencioso de las conclusiones. En particular, en 30% de las MIA la información se presentó incompleta. Esto pudo confirmarse al revisar tanto el texto como mapas, tablas y figuras. De esta manera, los resultados concuerdan con lo reportado por Gilpin (1995) en el sentido de que algunas MIA omiten información relevante a la toma de decisiones. El otro ejemplo se detectó en la falta de objetividad del capítulo 7, donde el 70% de las manifestaciones manipularon la información de tal manera que en las conclusiones se ignoraron o subestimaron los impactos negativos sobre los recursos naturales ocasionados por efectos de barrera, deforestación y contaminación (CONESA 1993, SCT 1984) y se resaltaron los impactos benéficos de las carreteras, tales como su papel en el desarrollo económico e industrial (SEDESOL 1994, SCT 1992). Solamente dos manifestaciones tuvieron calificación mayor al 60% en este capítulo. Ello resulta grave si se considera que este capítulo es de fundamental importancia para la evaluación integral de un proyecto (SEDUE 1989) y puede ser el fundamento para la toma de decisiones, sobre todo porque los funcionarios y ejecutivos no son especialistas en todas las áreas. De esta manera, resalta la

importancia de que los estudios de impacto ambiental sean objetivos, tal como lo señala Weitzenfeld (1990)

El análisis del cumplimiento de contenido mostró que las MIA de modalidad general cumplieron con los datos requeridos para los capítulos 1 y 6, mientras que el promedio de la modalidad intermedia cubrió las estipulaciones de los Capítulos 1, 6 y 7 (Tabla 6). Por su parte, el análisis de la calidad del contenido reveló que, en promedio, solamente las MIA intermedias proporcionaron datos adecuados para el capítulo 1 (Tabla 10) Estos capítulos corresponden a información sobre los desarrolladores y consultores que realizaron la evaluación, las medidas de mitigación y la literatura citada. Ninguna de las MIA revisadas completó los requerimientos oficiales para los componentes descriptivos y analíticos críticos. descripción ambiental (capítulo 3), evaluación de impactos (capítulo 5) y conclusiones (capítulo 7)

En general, las MIA más antiguas tuvieron las calificaciones más bajas en calidad, debido principalmente a que la información era incompleta y carecía de análisis. Estos resultados concuerdan con lo señalado por De Jongh (1988) en el sentido de que la eficiencia y los beneficios potenciales de las EIA en los primeros años de su instauración pueden estar limitados por insuficiencia en experiencia y personal capacitado. Sin embargo, aun las manifestaciones más recientes presentaron deficiencias en el análisis de información, y no fueron de mejor calidad. Esto indica que el procedimiento de evaluación del impacto ambiental en México continúa presentando los problemas y deficiencias propios de las primeras etapas de implementación

La baja calidad obtenida en las MIA indica que no son consideradas como una herramienta de planeación, sino que más bien son vistas como un requerimiento burocrático necesario para obtener aprobación de proyectos. De acuerdo con Ross (1994) éste es uno de los principales problemas que limitan la efectividad de las EIA. Como resultado se producen estudios descriptivos

y poco analíticos, que más bien parecen estar conformados por capítulos independientes. En general, puede decirse que no se cumple el carácter dual del procedimiento de impacto ambiental considerado por SEDESOL (1994), ya que sólo constituye un procedimiento jurídico administrativo para la aprobación, rechazo o modificación de proyectos y se deja de lado la función como herramienta de planeación (Lee 1988)

5.1.2 Evaluación de impactos

- Deficiencias de las MIA de proyectos carreteros en la evaluación de impactos

Los resultados de la revisión del capítulo 5, referente a la evaluación de impactos, también indicaron baja calidad en este capítulo. Se detectaron los problemas de falta de fundamento, integración y análisis que se mencionaron en la sección anterior, pero también se encontraron problemas metodológicos que se detallan en este apartado.

Con el análisis numérico y de los residuales se ponderó la consistencia entre los capítulos de las MIA. La ventaja de la técnica de clasificación es que descubre las desviaciones promedio que un capítulo tiene con respecto al comportamiento de todas y cada una de las MIA revisadas, y no de las calificaciones absolutas. El análisis de residuales pesó la calidad relativa del contenido una MIA consistente no debería desviarse significativamente de la media. De este modo, por efectos de la fórmula empleada, los valores altos obtenidos con los residuales de Gower (Tabla 11) no correspondieron necesariamente a las calificaciones elevadas (Tabla 10). Esto fue debido a que en el cálculo, cada promedio se comparó con el promedio de los capítulos, de los grupos y el promedio de promedios. Así, aun cuando el capítulo 7 tuvo el mismo valor en los grupos 1 y 2 los residuales fueron diferentes porque el promedio para los grupos fue diferente.

Los grupos identificados mediante la clasificación numérica mostraron que la calidad relativa de los capítulos estuvo lejos de ser consistente. Al revisar los residuales de Gower (Figura 4), resalta el hecho de que tres de los siete grupos tuvieron calificaciones positivas en los capítulos descriptivos, pero obtuvieron bajas calificaciones en los capítulos de integración (Tabla 11). Esto señala que se realizaron descripciones adecuadas pero que no se tuvo la capacidad de análisis e integración. Por el contrario, los grupos que tuvieron valores positivos en los capítulos integrativos (grupos 5, 6 y 7) presentaron calificaciones negativas en los capítulos descriptivos, por lo que seguramente no existió una base confiable de información para la evaluación de impactos.

De esta forma, se detectaron dos de los principales problemas señalados por Gilpin (1995), que se refieren a la falta de capacitación y la carencia de una base de datos confiable. Al respecto, solamente 54% de las MIA incluyó trabajo de campo, lo que sugiere que la predicción de impactos se hizo con base en información bibliográfica, que en algunos casos no era actualizada ni específica para la zona de estudio. La pobreza de las referencias y la carencia de cuantificaciones también indican que las evaluaciones de impactos se realizan de una manera poco objetiva y fundamentada.

Durante la evaluación de los impactos es necesario considerar las características espacio temporales de los mismos, tales como extensión y duración, ya que ellas determinan en gran medida la importancia y seriedad de cada uno. Así deben establecerse criterios de significancia que consideren los diferentes componentes de los impactos. Al respecto, en la revisión de las MIA se detectaron deficiencias referentes a los criterios de evaluación. Por una parte, se encontró que no se precisaron los criterios aplicados, o bien éstos fueron inconsistentes. Es decir, no se contó con un procedimiento sistemático de evaluación de impactos. Por otra parte, no se incluyeron criterios específicos para evaluar los impactos indirectos, acumulativos y a largo plazo, solamente se consideraron los impactos más evidentes y directos, como comúnmente ocurre en las EIA.

(Wood y Bailey 1994, Treweek *et al.* 1993, Contant y Wiggins 1991). De esta manera, considerando las afirmaciones de Lawrence (1993), las MIA revisadas son poco útiles para la planeación, puesto que la falta de métodos sistemáticos limita la certidumbre de los resultados y por tanto la toma de decisiones.

Los resultados demuestran que las MIA para proyectos carreteros son descriptivas, inconsistentes y no sistemáticas. En general, no enfocan los temas clave y carecen de tratamiento de alternativas y valores, debido al uso de matrices de interacción como único método para evaluación de impactos. De hecho, la subjetividad y el sesgo que ha caracterizado a la mayoría de las EIA (Bojórquez-Tapia y Ortega 1989) se deben en gran medida a las limitaciones del enfoque matricial utilizado para la evaluación (Holling 1978, Lawrence 1993). En primer lugar, las matrices de interacción no necesariamente son integrativas o sistemáticas. En segundo lugar, solamente consideran interacciones binarias y los impactos secuenciales son difíciles de identificar. En tercer lugar, la significancia de impactos no es explícita. Y en cuarto lugar, impiden el escrutinio y la rastreabilidad. Esto último se debe a que no puede reproducirse el proceso mediante el cual se alcanza la interpretación y las conclusiones. De esta manera, las matrices de interacción son consideradas como un enfoque ilustrativo más que analítico (Holling 1978). Por tanto, para mejorar las EIA en México a corto plazo es necesario modificar el método "tradicional" de evaluación de impactos, de tal forma que se logre una evaluación rigurosa de los impactos.

Una alternativa para incrementar la efectividad de las EIA en el manejo de datos consiste en fomentar el uso de matrices matemáticas. Las matrices matemáticas obligan a los usuarios a ser rigurosos en la definición de interacciones y con ello se logra una evaluación de impactos más objetiva. Los productos obtenidos (la matriz de unión mínima y los modelos estructurales) evidencian el orden jerárquico y patrones de conectividad entre las variables, mientras que las simulaciones cualitativas simplifican el análisis dinámico de relaciones causa-efecto (Holling 1978).

Shopley *et al.* 1990, Vizayakumar y Mohapatra 1989, 1992). De esta manera, las matrices matemáticas permiten la evaluación de interacciones de orden superior y facilitan la consideración de rutas complejas entre variables y la segregación de los impactos directos o primarios de los efectos secundarios, esto es, aquellos generados por las interdependencias entre los componentes del sistema (Shopley *et al.* 1990).

La efectividad de una evaluación se incrementa mediante el uso de matrices matemáticas. La matriz binaria inicial tiene que tomar en cuenta los temas, intereses y conflictos percibidos de los diferentes grupos de interés. Las matrices matemáticas pueden incrementar la efectividad de las EIA en el manejo de datos, principalmente porque los usuarios son forzados a definir explícitamente las interacciones directas e interdependencias de orden superior entre las variables (Holling 1978, Shopley *et al.* 1990).

- Representatividad de los resultados sobre la revisión de MIA

Las 33 MIA revisadas en este estudio representaron el 100% de las manifestaciones de carreteras disponibles al público, pero menos del 1% del número total sometido al INE en el periodo de 1991-1994 (INE 1994). Por tanto, surge una pregunta: ¿qué tan generales son los resultados de este estudio? Esta pregunta es difícil de contestar debido a que hasta donde sabemos, los estudios de esta clase han sido producidos en diferentes lugares, por diferentes personas físicas y morales. Sin embargo, como no hay razón para creer que las MIA de carreteras fueron peores o mejores que las de otros proyectos, los resultados de este estudio podrían ser considerados comunes al promedio de las MIA en México. Los hallazgos de otros autores soportan la noción de que las MIA de proyectos carreteros presentan condiciones semejantes que el resto de las MIA (Ezcurra 1995, INE 1994, Pisanty-Levy 1993).

Las capacidades técnicas y analíticas actuales en México parecen ser comparables a aquellas encontradas en otros países, debido a que se han reportado resultados similares para países desarrollados y en vías de desarrollo. Dickman (1991) concluyó que en Canadá las MIA proveen pocos datos útiles para los tomadores de decisiones y no logran adoptar métodos científicos de prueba de hipótesis. Treweek *et al.* (1993) y Thompson *et al.* (1997) concluyeron que la información provista en las MIA era limitada, de pobre calidad y que fue imposible evaluar las implicaciones ecológicas de los proyectos en el Reino Unido. Sánchez (1993) concluyó que el número de proyectos de MIA preparado cada año en Francia fue inversamente proporcional a su calidad. Lewis (1989) encontró que las técnicas de evaluación de impactos usadas en Taiwan fueron inadecuadas y no proveyeron información para evaluar las alternativas de los proyectos. Nardini *et al.* (1997) concluyeron que las EIA, como se practican actualmente en Chile, no contribuyen a la planeación. Ross (1994) encontró que las MIA en las Filipinas tuvieron deficiencias en información y no fueron usadas efectivamente como una herramienta de planeación. Finalmente, Fowler y Dias de Aguiar (1993) detectaron que las fallas en las MIA de Brasil eran causadas por enfoques interdisciplinarios inadecuados.

La efectividad de las EIA para hacer que exista adecuada información ambiental disponible a los tomadores de decisiones está limitada en todos los países debido a que la adopción e implantación del proceso de IA están relacionados a circunstancias institucionales y políticas (Beattie 1995, Hollick 1986, Ross 1994; Wandesforde Smith *et al.* 1985; Wood y Bailey 1994). En particular, estos resultados pueden ser asociados a la interferencia política por la necesidad de la SCT de realizar su propio programa de desarrollo, sin atender los intereses de otros sectores. Esta interferencia es originada en algún grado por los tomadores de decisiones públicos y privados, cuya percepción es que las MIA son requerimientos burocráticos para aprobación de proyectos. Adicionalmente, las prácticas corruptas de servidores públicos y consultores no pueden ser descartadas como una explicación del pobre desempeño de las MIA en algunos casos.

Los resultados de este estudio reflejan una opinión acerca del contenido de las MIA. No se pretende afirmar que las MIA no tuvieron utilidad alguna. Pudieron haber sido útiles, a pesar de sus bajas calificaciones, si la información esencial (datos básicos, análisis y conclusiones) se hubiera presentado de una manera consistente. En tal caso, los tomadores de decisiones podrían lógicamente derivar datos cruciales para basar sus enjuiciamientos.

Una manera para mejorar la calidad de los estudios sería permitir y fomentar la participación ciudadana continua durante los procesos de evaluación de proyectos. Sánchez (1993) señala que las mejores EIA son producidas cuando el público está estrechamente involucrado en la resolución del proyecto o cuando hay fuerte oposición al mismo. En estos casos se pone mayor cuidado en la elaboración de los estudios y la evaluación de los impactos se realiza con más rigor. Anteriormente en México no existían mecanismos para la consulta pública y los archivos sólo podían consultarse después que la autoridad había emitido alguna resolución (Pisanty-Levy, 1993). Actualmente, el nuevo reglamento en materia de impacto ambiental establece que los expedientes de evaluación deben estar disponibles al público diez días después del ingreso de las manifestaciones y su correspondiente solicitud de evaluación. Asimismo, otorga el derecho a la comunidad de solicitar una consulta pública (INE, 2000).

Otro aspecto importante para elevar la efectividad de las MIA es intensificar la capacitación en distintos sectores: industrial, servidores públicos, servidores civiles, empresas consultoras y grupos ecológicos.

De acuerdo con Kakonge (1994) el monitoreo debe constituir una parte importante del sistema de impacto ambiental. Esto es de especial importancia ya que por una parte ayuda a evaluar la calidad de las MIA, analizando si los impactos identificados son los impactos reales, y por otra, permite

verificar la ejecución adecuada de las medidas de mitigación, ya que muchos promoventes evitan realizarlas una vez que han conseguido el permiso (Tongcompou y Harvey 1994, Pisanty-Levy, 1993).

5.2. Caso de estudio

Con la participación del equipo interdisciplinario fue posible realizar caracterizaciones (del medio natural, del medio socioeconómico y de la obra) precisas, confiables y actualizadas. De esta manera, se contó con una base de datos adecuada (Bojórquez-Tapia *et al.* 1994) y fue posible obtener cuantificaciones precisas de las áreas y los recursos a ser afectados. Además, facilitó la determinación de las relaciones críticamente importantes.

Para la aplicación del procedimiento de evaluación de impactos presentado en este trabajo, se formó un equipo multidisciplinario conformado por especialistas en diferentes materias. Los datos empleados se obtuvieron a partir de mediciones en campo, modelos de simulación y el conocimiento de los expertos. Se utilizaron resultados cuantitativos de los especialistas y de la aplicación del Sistema de Información Geográfica, pero también fue necesario tomar en cuenta algunos elementos de juicio durante la evaluación de impactos. Ésta fue la única etapa del proceso donde se emplearon criterios subjetivos. El resto del procedimiento se realizó mediante operaciones matemáticas. Sin embargo, es necesario mencionar que antes de la aplicación del procedimiento desarrollado en este trabajo, intervienen juicios personales y subjetivos para seleccionar el área de influencia, la información a utilizar y las variables a considerar. Estas actividades no son parte propiamente del procedimiento presentado en este trabajo, (el método comprende sólo la fase de evaluación de impactos), pero son necesarias para su aplicación.

Los resultados indicaron que el establecimiento de definiciones para cada actividad, factor, indicador e interacción involucrados en la evaluación permitió tener un control sobre la evaluación misma, ya que se evitó la ambigüedad y se uniformizaron las opiniones de los evaluadores. Los diagramas de flujo no sólo permitieron ubicar el impacto en el contexto de cada actividad, sino que indicaron las relaciones indirectas entre los factores involucrados. Es importante que las definiciones sean precisas y, en el caso de los factores ambientales, incluyan unidades que permitan ubicar al recurso o factor en términos objetivos

La información utilizada durante el desarrollo de una EIA comprende diferentes tipos de datos. Algunos son objetivos y precisos, tales como los bibliográficos y resultados de trabajo de campo, pero también se incluyen datos derivados de percepciones, intuiciones y suposiciones de expertos. Esto último confiere a las EIA incertidumbre y subjetividad. No obstante, los estudios pueden ser objetivos si se cuenta con una fuente de datos veraz, actualizada y en escala adecuada (Bojórquez-Tapia *et al* 1994), y si intervienen un equipo interdisciplinario en el que unas personas tengan tendencias hacia el desarrollo y otras hacia la conservación. Esto evita sesgos en la evaluación, ya que en las reuniones de especialistas se busca un consenso para evitar que la evaluación sea tendenciosa. Es importante que el mismo grupo de expertos participe en la evaluación de todos los impactos

En la evaluación de impactos del proyecto carretero La Venta - Colegio Militar, se consideraron once criterios de significancia. Cada impacto fue evaluado once veces, una por cada criterio utilizado. La evaluación se realizó para cada criterio de manera individual, sin considerar por el momento la importancia de cada uno. Esto facilitó la evaluación, porque se consideraba sólo un criterio a la vez y hubo menor posibilidad de confusión. Cuando se tenían dudas sobre el valor de los criterios de significancia, se hacía consenso entre los evaluadores. Si no se obtenía un acuerdo, se utilizaba la calificación mayor, para no subestimar el impacto. De acuerdo con Wilson

(1998) considerar un impacto negativo como significativo cuando faltan evidencias de lo contrario, mejora las EIA.

También es importante utilizar herramientas que permitan manejar datos biológicos, geográficos y sociales, tales como los modelos de simulación, la percepción remota, los sistemas de información geográfica y las matrices matemáticas. Con estas técnicas se obtiene una evaluación cuantitativa en la que se pueden involucrar grandes cantidades de datos y manejar la información de manera objetiva, insesgada y rigurosa (Lawrence 1993).

El uso del programa diseñado para manejar el banco de datos facilitó detectar la influencia de los diferentes tipos de criterios considerados. También fue posible analizar los impactos por actividad y por factor, de acuerdo a su significancia. Este método ofrece gran control en la evaluación, porque, como demuestran los resultados, evita distorsiones y hace posible su repetición, revisión y comprobación.

La evaluación de impactos biológicos demostró que el proyecto se ubica en áreas cuya cobertura vegetal ha sido alterada en una proporción mayor. Mediante el trabajo de los especialistas y el uso de sistemas de información geográfica y la interpretación de imágenes de satélite, se evidenció la alta fragmentación de la cobertura vegetal. Los resultados indicaron que la mayor proporción de cobertura del suelo que sería transformada correspondía al uso agrícola pastizal y urbano, siguiéndole en extensión el bosque de encino, el matorral, el bosque de pino y el bosque de oyamel. Estos tipos de cobertura se localizaron como parches a lo largo del trazo de la carretera sin formar masas continuas. En el caso de la fauna, los impactos serían debidos a la pérdida y la alteración de los hábitats naturales, así como al tránsito de vehículos. Sin embargo, se consideró que el efecto marginal de la carretera sobre el proceso de deterioro en la zona es insignificante porque la cobertura vegetal que sería alterada es pequeña y fragmentada. Por otra parte, se

diseñaron medidas de mitigación para disminuir el efecto de barrera y riesgo de atropellamientos, tales como obras de paso, muros de contención y barreras reflejantes. No se espera que la carretera afecte hábitats de especies endémicas o en peligro de extinción, pero se recomendó emprender un programa de rescate de fauna realizado por expertos.

Los resultados muestran que las matrices matemáticas pueden ser una herramienta válida para la predicción de impactos debido a que facilitan la inclusión de múltiples puntos de vista y perspectivas de diferentes miembros de un equipo interdisciplinario. De hecho, éstos son prerequisites para una evaluación de impactos ambientales más razonada (Canter 1991, Weaver *et al* 1996).

El uso de índices de impacto, tales como los usados en el caso de estudio La Venta- Colegio Militar, producen valores de significancia de impactos consistentes con el principio precautorio de minimizar el riesgo público (Shrader-Frechette y McCoy, 1993). Las diferentes alternativas del proyecto pueden ser comparadas mediante las calificaciones significantes.

Las reuniones de trabajo permitieron que los especialistas conocieran las características del proyecto y el intercambio de opiniones. Esto ayudó a identificar los factores ambientales susceptibles de ser alterados directa o indirectamente, a determinar la relación entre los diversos factores ambientales, así como a identificar efectos secundarios y sinérgicos. También ayudó a esquematizar las relaciones causa-efecto entre actividades y factores, así como a identificar la importancia de los conflictos.

La matriz de interacción se preparó tomando en cuenta los problemas, intereses y conflictos percibidos de los diferentes grupos de interés. De esta manera se cumplió una de las funciones de la MIA referente a proporcionar información para los procesos de disputa ambiental (Crowfoot y

Wondolleck 1990, Harashina 1995), ya que se abordaron los conflictos ambientales más probables

La aplicación de las ecuaciones permitió estimar una significancia ajustada de impactos, considerando los incrementos de la significancia, pero también su disminución por las medidas de mitigación. Posteriormente, la determinación de los niveles de significancia permitió visualizar el porcentaje de impactos muy altos, bajos, etc. Las ecuaciones produjeron valores de significancia de impactos consistentes con el principio precautorio de minimizar el riesgo público (Shrader-Frechette y McCoy 1993). Además, se pueden comparar diferentes alternativas del proyecto a través de las calificaciones de significancia. La evaluación de impactos del caso de La Venta-Colegio Militar demuestra que el uso de índices facilita la manipulación de diferentes clases de datos, que incluyen mediciones directas de campo, modelos de simulación cuantitativa e incluso el conocimiento de expertos o intuición

Las evaluaciones de impactos son frecuentemente criticadas por no considerar las alternativas correctas. La EIA del proyecto carretero La Venta-Colegio Militar ha sido cuestionada por algunos grupos locales de interés. Tales críticas confirman que las diferentes personas consideran diferentes alternativas dependiendo de sus preferencias, de sus intereses, de lo que tienen en juego y la percepción de lo que constituye una buena resolución (Crowfoot y Wondolleck 1990). En particular, en el caso de estudio se analizaron cinco trazos alternativos desde el punto de vista ambiental y técnico

Las ventajas del procedimiento matricial presentado aquí son: 1) la información es organizada en un formato simple, 2) los enjuiciamientos sobre los impactos son rastreables, 3) es un procedimiento sistemático y objetivo en el que todos los impactos se evalúan bajo los mismos criterios; 4) se facilita la identificación de conflictos ambientales debido a que la racionalidad que

respalda la evaluación puede ser verificada, y 5) existe mayor certidumbre en los resultados y se facilita la racionalidad en la toma de decisiones.

Los datos reales, más fácilmente obtenidos para los criterios básicos, pueden ser separados de los valores más subjetivos enjuiciados para los criterios complementarios. Además, los resultados permiten al equipo interdisciplinario estimar la eficiencia de las medidas de mitigación y facilitan explorar las alternativas

Otra ventaja es que la información es organizada en un formato simple, mientras que los enjuiciamientos de impactos son sistemáticos y rastreables. El establecimiento de conflictos ambientales es facilitado debido a que la racionalidad atrás de la evaluación puede ser verificada. De esta manera, cumple las condiciones que Lawrence (1993) señala para un procedimiento científicamente válido: la rastreabilidad de los datos, la cuantificación de los cambios y la inclusión de métodos matemáticos válidos. Con este procedimiento se previenen algunos de los problemas detectados en la revisión de las MIA de carreteras, tales como ambigüedad e inconsistencia de los criterios de evaluación. Se pretende obtener una evaluación integral al considerar el análisis de impactos indirectos, acumulativos y a largo plazo, no solamente los más evidentes y directos como generalmente se hace (Canter y Carty 1993, Contant y Wiggins 1991, Duinker y Beanlands 1986). Los criterios de significancia básicos y complementarios comprenden diferentes componentes y características de los impactos y con ello se obtiene una evaluación más objetiva. Además, se califican tanto los impactos positivos como los negativos y ello permite hacer un balance del proyecto. Con esto se evita que se ignoren o subestimen los impactos negativos sobre los recursos naturales o que se resalten sólo los impactos benéficos, como se detectó en el capítulo 7 de las MIA revisadas.

Además, como ventaja adicional se logra hacer una síntesis en el informe de impacto ambiental

(MIA). Debe presentarse el resultado de la evaluación, pero será suficiente detallar solamente aquellos impactos con significancia alta, o de mayor interés. Como consecuencia, los documentos no contendrían demasiado detalle en aspectos poco relevantes que requieren procesos de revisión largos (Tongcompou y Harvey 1994)

6. Conclusiones

Los resultados de este trabajo indican que no existen mecanismos de control de calidad de los estudios de impacto ambiental. Esto fue evidente por el contenido de los documentos, así como por el manejo y análisis de la información. Se deduce que se presentan deficiencias tanto en la elaboración de las MIA por parte de empresas y consultores, como en su revisión por parte de la autoridad. Comúnmente el sistema de EIA es visto como un requerimiento burocrático necesario para obtener aprobación de proyectos. De esta manera, los consultores no se preocupan por obtener un buen resultado y dejan de lado la capacitación del personal, la participación de un equipo multidisciplinario y la realización de trabajos de campo.

La calidad de las MIA analizadas fue pobre, pues bajo los criterios utilizados, tuvieron calificaciones menores a 60 (escala 1-100). Estas bajas calificaciones se debieron en gran parte a diversas deficiencias en el manejo de información tales como falta de análisis, o detalle, presentación poco clara, empleo de datos regionales, omisión de información y hasta contradicciones. Esto provocó descripciones deficientes del proyecto y/o del medio natural, así como la falta de integración y análisis. Por otra parte, también se detectaron deficiencias en la evaluación de impactos, tanto por los criterios empleados como por las técnicas aplicadas. Además, por lo general, no se especificaron las bases de la predicción de impactos ni los conflictos surgidos en cada proyecto.

Con estos resultados se concluye que la información contenida en las MIA no fue suficiente para apoyar la toma de decisiones y para informar adecuadamente a los grupos de interés. En general, la información estuvo incompleta, mal analizada o mal integrada.

Por otra parte, el procedimiento desarrollado para la evaluación de impactos demostró que el uso de matrices matemáticas y los once criterios de significancia aplicados en ecuaciones matemáticas, permitieron lograr una evaluación sistemática y rigurosa

El equipo interdisciplinario, los trabajos de campo y el uso de un sistema de información geográfica permitieron obtener cuantificaciones y facilitaron el manejo de grandes cantidades de datos en forma objetiva, insesgada y rigurosa

La matriz de Leopold fue particularmente útil en la etapa de visualización para identificar impactos. Al combinar esta técnica con matrices matemáticas y modelos de simulación se superaron las principales desventajas del método, relacionadas con la omisión impactos secuenciales y de magnitud o significancia de impactos. Las ventajas del procedimiento matricial presentado aquí son: organización de la información en un formato simple rastreabilidad de los análisis y de la evaluación, sistematización y objetividad en la evaluación. Además, se obtiene mayor certidumbre en los resultados y ello facilita la racionalidad en la toma de decisiones. Se pretende obtener una evaluación integral al considerar el análisis de impactos directos, indirectos, acumulativos y a largo plazo. El uso de criterios de significancia básicos y complementarios permiten una evaluación más objetiva y sistemática. Además, al facilitar un balance del proyecto mediante el análisis de la significancia total de impactos, evita que se ignoren o subestimen los impactos negativos sobre los recursos naturales. Las matrices matemáticas permiten considerar interacciones de orden superior y de cadenas causales

Se considera que el procedimiento de evaluación de impacto ambiental en México no es efectivo porque presenta deficiencias de diversa índole que involucran aspectos políticos, administrativos y técnicos, entre los que destaca la carencia de métodos sistemáticos confiables y la falta de objetividad. Algunas de estas limitaciones son características de las

primeras etapas de instauración de los sistemas de EIA. Esto quiere decir que hasta la elaboración del presente estudio, se habían mantenido los primeros criterios de evaluación sin incorporar nuevos métodos de evaluación y que la experiencia acumulada no se había incorporado para corregir errores.

Recientemente, en el 2000 esta situación cambió. Como primer punto, se modificó el Reglamento de Impacto Ambiental estableciendo nuevas modalidades (regional y particular) (DOF 2000), y en segundo lugar se publicaron nuevas guías para la elaboración de MIA. Ahora existen guías por sector (por ejemplo vías de comunicación, hidráulico, industrial, forestal y petrolero). Estas guías solicitan información más extensa y precisa que los instructivos anteriores. Además, obliga a que los participantes en la elaboración de una MIA analicen e integren la información. Se considera que estas características permitirán mejorar la calidad de las MIA pues exigen que el manejo de la información sea mejor y más riguroso.

La evaluación de impactos que se busca ahora aparentemente es más rigurosa dado que se deben considerar diferentes características y efectos de los impactos por ejemplo, su carácter (adverso, benéfico), su duración, la posibilidad de mitigarlo, su persistencia después de la mitigación (residual), y los efectos acumulativos. Además, se debe incluir y evaluar el efecto de las medidas de mitigación. Sin embargo, queda un hueco en lo que se refiere a aspectos metodológicos, puesto que nuevamente se otorga una libertad absoluta para aplicar el método que sea más conveniente, de tal manera que no se garantiza una evaluación sistemática y objetiva y existe la posibilidad de que se siga aplicando la matriz de interacciones como único método.

Por otra parte, un punto importante es que ahora la elaboración de una MIA con las nuevas guías requiere más inversión en tiempo, recursos humanos y recursos financieros. Y si bien

Literatura citada

- Beacon, L.S. 1980 The technical and judgemental dimension of impact assessment *Environmental Impact Assessment Review*, 1:109-124.
- Beattie, R. B. 1995. Everything you already know about EIA (but don't often admit). *Environmental Impact Assessment Review*, 15:109-114.
- Bojórquez-Tapia L.A. 1989 Methodology for prediction of ecological impacts under real conditions in Mexico. *Environmental Management*, 13:545-551.
- Bojórquez-Tapia L.A. y A. Ortega. 1989. Análisis de técnicas de simulación cualitativa para la predicción del impacto ecológico *Ciencia*, 40:71-78
- Bojórquez-Tapia. L.A. y E. Ongay-Delhumeau. 1992 International lending and resource development in Mexico can environmental quality be assured? *Ecological Economics* 5 197-211
- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ongay-Delhumeau, y E. Ezcurra. 1994. Multivariate approach for suitability assessment and environmental conflict resolution *Journal of Environmental Management*, 41:187-198
- Bojórquez-Tapia. L.A., P. Balvanera y A. D. Cuarón 1994. Biological inventories and computer data bases: their role in environmental assessments. *Environmental Management*, 18:775-785.
- Bojórquez-Tapia, L.A., E. Ezcurra y O. García. 1998 Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. *Journal of Environmental Management*. 53:91-99
- Bos, J 1993. Zoning in forest management. *Journal of Environmental Management*. 37:127-145
- Bravo, A. H. y R. Torres. 1995. Revisión detallada del estudio de evaluación de impacto ambiental de la carretera "La Venta - Colegio Militar" Distrito Federal Efluentes Ecológicos S.A. de C.V. México, D.F
- Bregman, J.I y K.M. Mackenthun. 1992 *Environmental Impact Statements*. Lewis Publishers Inc Nueva York. 279p
- Bruns, D.A., C.S. Staley, R.C. Cope, y K S Moor. 1994. An ecosystem approach to ecological characterization in the NEPA process En: Hiidebrand, S.G y J.B. Cannon. *Environmental Analysis. The Nepa Experience* Lewis publ Nueva York. 103-124pp
- Canter, L.W 1991 Interdisciplinary teams in environmental impact assessment *Environmental Impact Assessment Review*. 11:375-387
- Canter, L.W y G.A. Canty. 1993. Impact significance determination - basic considerations and a sequenced approach. *Environmental Impact Assessment Review* 13 275-297.
- Carpenter T J 1994 *The Environmental Impact of Railways* Chichester England John Wiley & Sons

- Cendrero y Díaz de Terán. 1987. The environmental map system of the University of Cantabria, Spain En: Arnold, P. y C. Lütting (eds.), *Mineral resource extraction, environmental protection and land use planning in the industrial and developing countries* pp 149-181. E. Schweizerbart Verlag, Stuttgart
- Colwill, D M. y Thompson, J. R. 1984. Assessing the impacts on plants of mayor highway developments. En: R.D. Roberts y T.M. Roberts (eds.) *Planning and Ecology* Chapman and Hall. New York. 464p.
- Conesa, F.V. 1993. *Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Contant, C. K. y L. L. Wiggins 1991. Defining and analyzing cumulative environmental impacts *Environmental Impact Assessment Review*, 11.1297-309.
- Crowfoot, J. E. y J. M. Wondolleck. 1990. *Environmental Disputes, Community Involvement in Conflict Resolution*. Island Press. Washington, D.C. 278 p.
- De Jongh, P. 1988. Uncertainty in EIA. En: Wathern, P. (ed.) *Environmental Impact Assessment Theory and Practice*. Routledge. Nueva York. 62-84p
- Dickman, M. 1991. Failure of an environmental impact assessment to predict the impact of mine tailing on Canada's most northerly hypersaline lake *Environmental Impact Assessment Review*, 11 171-180.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 1988a. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*. 28 de enero de 1988 México. D F
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1988b. Reglamento de la Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Impacto Ambiental *Diario Oficial de la Federación*, 7 de junio de 1988 México, D.F.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1992. Ley Federal sobre Metrología y Normalización *Diario Oficial de la Federación*, 1 de junio de 1992. México, D.F.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*, 13 de diciembre de 1996 México. D F
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2000. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental *Diario Oficial de la Federación*, 30 de mayo del 2000. México, D F.
- Duinker, P.N y G E. Beanlands 1986. The significance of environmental impacts and exploration of the concept *Environmental Management*, 10 1-10
- Ezcurra, E. 1995. Las evaluaciones de impacto ambiental *Gaceta Ecológica*. México
- Ezcurra, E. 1998. ORDEN versión 2.0
- Fowler, H.G. y A. Dias de Aguiar. 1993. Environmental impact assessment in Brazil *Environmental Impact Assessment Review*, 13 169-176

- Gilpin, A. 1995. *Environmental Impact Assessment (EIA)*. Cambridge University Press. Londres 182p.
- Harashina, S. 1995. Environmental dispute resolution process and information exchange *Environmental Impact Assessment Review*, 15:69-80.
- Hollick, M. 1986. Environmental Impact Assessment: an international evaluation. *Environmental Management*, 12:79-90.
- Holling, C S. (ed). 1978 *Adaptive environmental management assessment and management*, John Wiley and Sons, Toronto.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 1994. Evaluación de impacto ambiental. Bases para una reforma. Documento de trabajo para discusión. México, D.F
- Kakonge, J O. 1994. Monitoring of environmental impact assessments in Africa *Environmental Impact Assessment Review*, 14.295-304.
- Kane, J. 1972. A primer for a new cross-impact language -KSIM *Technological Forecasting and Change*, 4 129-142.
- Kane J , Y Vertinsky y W W. Tompson. 1973. KSIM: A methodology for interactive resource policy simulation. *Water Resources Bulletin*, 9:65-79
- Lawrence, D P. 1993. Quantitative versus qualitative evaluation: a false dichotomy? *Environmental Impact Assessment Review*, 13.3-11
- Lee N. 1988. Training requirements for environmental impact assessment. En: Wathern, P (ed) *Environmental Impact Assessment Theory and Practice*. Routledge. Nueva York. 143-158p
- Leff, E. 1990. *Medio ambiente y desarrollo en México*. PNUMA. México, D.F. 1-74p.
- Leu W. W.P. Williams y A W. Bark. 1996. Development of an environmental impact assessment evaluation model and its application: Taiwan case study *Environmental Impact Assessment Review*. 16:115-133.
- Lewis S J L. 1989. EIA in Taiwan: Current status and future trends. *Environmental Impact Assessment Review*, 9 67-73
- MOPU (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo) 1986. *Guías Metodológicas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental 1. Carreteras y Ferrocarriles*. Monografías de la Dirección Gral de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones MOPU. Madrid.
- Moreira, V. Y. 1992. EIA in Latin America. En: Wathern, P (de) *Environment Impact Assesment Theory and Practice*. Routledge. Londres. 332 pp
- Morris, P. 1994. Ecology - overview. En: Morris, P y R Therival (eds) *Methods of Environmental Impact Assessment*. UBC Press. Vancouver. 378 pp

- Munn, R.E. (ed) 1975. Environmental impact assessment: Principles and procedures SCOPE, Report 5. Toronto.
- Nardini, A , H. Blanco, y C. Senior. 1997. Why didn't EIA work in the Chilean project Canal Laja-Diguillin? *Environmental Impact Assessment Review*, 17:56-63
- Pielou, E.C. 1984. The interpretation of ecological data: A primer on classification and ordination John Wiley John Wiley & Sons. Nueva York 263p.
- Pisanty-Levy, J. 1993. Mexico's environmental assessment experience. *Environmental Impact Assessment Review*, 13:267-272.
- Ross 1987. Evaluating environmental impact statements *Journal of Environmental Management*, 25:137-147
- Ross, W.A. 1994. Environmental impact assessment in the Philippines. progress, problems, and directions for the future *Environmental Impact Assessment Review*, 14:217-232
- Sánchez, L E 1993. Environmental impact assessment in France *Environmental Impact Assessment Review*, 13 255-265
- SCT 1984. *Impacto de los caminos en el Medio Ambiente* SCT. México, D.F 173 pp.
- SCT---- 1992. Anuario estadístico 1992. Secretaría de Comunicaciones y Transportes México, D F
- SEDESOL. 1994. *México. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. 1993-1994*. SEDESOL-INE, México, D F
- SEDUE, 1989. Instructivo para desarrollar la Manifestación de Impacto Ambiental en su modalidad General. *Gaceta Ecológica*, 3:88-94. México, D.F.
- Shopley, J. B y R.F. Fuggle. 1984. A comprehensive review or current environmental impact assessment methods and techniques *Journal of Environmental Management*, 31 197-213
- Shopley, J.B., M. Snowman, y R. Fuggle. 1990 Extending the capability of the component interactin matrix as a technique for addressing secondary impacts in environmental management *Journal of Environmental Management*, 31:197-213.
- Shrader-Frechette, K.S. y E.D McCoy 1993 *Method in Ecology, Strategies or Conservation* Cambridge University Press Cambridge 328 pp
- Steiner, F 1983 Resource suitability methods for analyses *Environmental Management*, 5 401-420
- Thompson, S , J.R. Treweek y D.J. Thurling 1997 The ecological component of environmental impact assessment A critical review of British environmental statements. *Journal of Environmental Planning and Assessment*, 40:157-171
- Tongcompou, C y N Harvey 1994 Implications of recent EIA changes in Thailand *Environmental Impact Assessment Review* 14.271-294

- Treweek, J.R., S. Thompson, N. Veitch y C. Japp. 1993. Ecological Assessment of Proposed Road Developments: A Review of Environmental Statements. *Journal of Environmental Planning and Management*, 36:295-307.
- Vizayakumar, K y P.K.J. Mohapatra 1989. An interpretative structural model of environmental impacts of a coal field. *Journal Environmental Systems*, 19:71-83.
- Vizayakumar, K y P.K.J. Mohapatra. 1992 Environmental impact assessment of a coalfield. *Journal of Environmental Management*, 34 79-103.
- Wandesforde-Smith, G. R.A. Carpenter y J. Horberry. 1985. EIA in developing countries: An introduction. *Environmental Impact Assessment Review*, 5.201-206
- Wathern, P 1992. *Environment Impact Assesment. Theory and Practice* Routledge. Londres 332 p.
- Weaver, A v B., T Greyling, .B W Van Wilgen y F J. Kruger. 1996. Logistics and team management of a large environmental impact assessment: proposed dune mining at St Lucia, South Africa *Environmental Impact Assessment Review*, 16:103-113.
- Weinert, E 1994. Biomonitoring of environmental change using pant distribution patterns. En Jeffrey, D. W y B Madden (eds) *Bioindicators and environmental management* Academic Press. Nueva York 458 pp
- Weitzenfeld, H 1990. *Manual Básico de Evaluación del Impacto en el Medio Ambiente y la Salud de Proyectos de Desarrollo*. ECO/OMS.
- Wilson, L 1998. A practical method for environmental impact assessment audits. *Environmental Impact Assessment Review*, 18.59-71
- Wood,C y J Bailey 1994. Predominance and independence in environmental impact assessment. the western Australia model. *Environmental Impact Assessment Review* 14:37-59.
- Wright, D S y G.D Greene 1987. An environmental impact assesment methodology or mayor resource developments *Journal of Environmental Management*, 24 1-16.
- Zeiss. C 1994 Impact screening of solid waste management facilities with stepmatrix-reverse network method. *Environmental Impact Assessment Review*, 14 11-35

Tabla 1 Evaluación del contenido para los capítulos 1, 2 y 3 de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras Modalidad general

Capítulo	Sección	MIA																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
I	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		3	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	2	4	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		7	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		8	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		9	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		10	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		11	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Porcentaje		100	40	40	40	0	0	100	80	100	100	40	80	80	100	100	100	100	80	100	100	80	100	100	100	100
	II	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2			1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2		3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	
		5	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	
		6	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		7	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		8	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		9	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		10	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Porcentaje		100	40	40	40	0	0	100	80	100	100	40	80	80	100	100	100	100	80	100	100	80	100	100	100		
III	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	3	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		4	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		7	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
		8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		9	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
Porcentaje		87	8	13	10	5	8	41	46	59	69	59	67	90	90	67	92	62	79	79	87	54	87	87	80		

Capítulo	Sección	MIA																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	
	3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	4	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	6	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	7	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	8	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	9	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	
	10	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
III	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	
	2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	
	3	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	4	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	5	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	6	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
	7	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
	3	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
	3	-	1	1	0	0	0	-	1	0	1	0	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	0	1	1
	4	-	-	-	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	4	1	1	-	0	0	0	0	1	1				1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	-	-	0	0	0	0	0	1	1				1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Porcentaje		71	37	33	25	20	24	16	19	12	18.7	15.6	14.2	17.8	18.2	12.9	16	17.3	19.2	17.8	18.2	15.6	20	16.4	18.2	18.2	15.4	

Tabla II Evaluación del contenido de los capítulos 1, 2 y 3 de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras Modalidad Intermedia

Capítulo	Sección	MIA							
		27	28	29	30	31	32	33	
I	1.1	1	1	1	1	1	1	1	
		2	1	0	0	1	1	1	
		3	1	1	1	1	1	1	
		4	1	1	1	1	1	1	
		5	1	1	1	1	1	1	
		6	1	1	1	1	1	1	
	1.2	1	1	1	1	1	1	1	
		2	1	0	1	1	1	1	
		3	1	1	1	1	1	1	
		4	1	1	1	0	1	1	
		5	1	1	1	1	1	1	
		6	1	0	1	1	1	1	
	Porcentaje		100	67	92	100	92	100	
	II	2.1	1	1	1	1	1	1	1
			2	1	1	0	1	1	1
			3	1	1	1	0	1	1
			4	1	1	1	1	1	1
			5	1	1	1	1	1	1
6			1	1	0	1	1	1	
2.2		1	1	1	1	1	1	1	
		2	1	0	0	0	1	0	
		3	1	1	1	0	1	1	
		4	1	0	0	1	0	1	
		5	1	1	1	1	0	0	
		6	1	1	1	1	1	1	
2.3		1	1	1	1	1	1	1	
		2	1	0	0	1	1	1	
		3	1	0	0	1	1	1	
		4	1	1	1	1	1	1	
		5	1	1	1	1	1	1	
		6	1	1	0	1	1	1	
		7	1	0	0	1	0	1	
		8	1	1	1	0	1	0	
		9	0	1	1	1	0	1	
		10	1	1	1	1	0	1	
		11	1	0	0	1	1	0	
		12	1	0	0	0	1	1	
		2.4	1	1	1	0	1	0	0
2			1	0	0	1	0	1	
3			1	0	1	1	1	1	
4			1	1	0	0	1	0	
5			1	0	0	0	1	0	
6			1	1	1	0	1	0	
7			1	1	1	0	1	0	
8			1	1	1	0	1	1	
9			0	1	1	1	1	0	
10			0	0	0	0	0	0	
11			0	1	1	0	0	1	
12			0	1	1	0	0	1	
13			0	1	1	0	0	1	
Porcentaje		83	67	58	56	61	86		

Capítulo	Sección	MIA							
		27	28	29	30	31	32	33	
III	3.1.2	D2	1	1	1	0	1	1	1
		3	0	0	1	1	0	1	0
		4	1	0	0	0	0	1	1
		5	1	1	0	0	1	1	1
		6	1	1	1	0	0	1	1
		7	0	0	1	0	0	1	1
		8	0	0	0	0	0	0	0
		9	0	0	0	0	0	1	0
		10	1	1	1	1	1	1	1
		11	1	0	0	1	1	0	1
		12	1	0	0	1	0	1	0
		13	1	0	0	0	1	1	1
		E.1	1	1	1	1	1	0	1
	2		1	0	0	1	0	0	0
	3		0	0	0	1	0	1	0
	4		0	0	0	0	1	0	0
	5		0	0	1	1	0	1	0
	6		1	1	1	1	0	1	1
	7		0	0	0	1	0	1	0
	8		0	0	0	1	0	0	0
	9		1	0	0	1	0	1	0
	10		0	0	0	1	0	1	0
	11		0	0	0	1	0	1	0
	12		0	0	0	1	0	1	0
	13		0	0	0	1	0	1	0
	3.1	1	0	1	0	1	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0	0
		3	1	0	0	1	0	1	0
		4	0	0	0	1	0	0	0
		5	0	0	0	1	0	1	0
		6	0	0	0	1	0	1	0
		7	0	0	0	1	0	1	0
		8	0	0	0	1	0	1	0
		9	1	0	0	1	0	1	0
		10	0	0	0	1	0	1	0
		11	0	0	0	1	0	1	0
		12	0	0	0	1	0	1	0
		13	0	0	0	1	0	1	0
	A.1	1	1	1	1	1	1	1	1
		2	1	1	1	0	0	0	1
		3	0	1	1	1	0	0	1
		4	1	1	0	1	1	1	1
		5	0	0	0	1	0	0	0
		6	0	0	0	1	0	0	0
		7	0	0	0	1	0	0	0
8		1	0	0	0	0	0	0	
9		1	1	1	1	0	1	0	
10		0	0	0	0	0	0	0	
11		0	0	0	0	0	0	0	
12		0	0	0	0	0	0	1	
13		0	0	0	0	0	0	1	
B.1	1	1	1	1	0	1	1	1	
	2	0	0	0	1	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	1	
	4	0	0	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	0	0	0	1	
	6	0	0	0	1	0	0	1	
	7	1	0	1	1	1	1	1	
	8	1	1	1	1	1	1	1	
	9	0	1	0	1	0	1	1	
	10	0	0	0	1	0	0	0	
	11	0	0	0	1	0	0	0	
	12	0	0	0	1	0	0	0	
	13	0	0	0	1	0	0	0	
C.1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	1	0	1	1	0	1	0	
	3	1	0	0	1	0	1	1	
	4	0	0	1	1	0	1	0	
	5	1	1	1	1	1	1	1	
	6	0	0	0	1	0	0	0	
	7	1	1	0	1	0	0	1	
	8	0	0	0	1	0	0	0	
	9	0	0	0	1	0	0	0	
	10	0	0	0	1	0	0	0	
	11	0	0	0	1	0	0	0	
	12	0	0	0	1	0	0	0	
	13	0	0	0	1	0	0	0	

Tabla II Evaluación de los capítulos 1, 2 y 3 de las MIA intermedias (continuación)

Cap	Sección	MIA							
		27	28	29	30	31	32	33	
II	3.1.3	C5	0	0	0	1	0	1	1
	3.2.1	A1	1	0	0	0	1	1	1
		2	1	1	1	1	1	1	1
		3	1	0	0	1	1	1	1
		4	1	1	1	1	1	0	1
		5	0	0	0	0	0	0	0
		6	1	1	1	1	1	1	1
		7	1	0	0	1	1	0	1
	B1	1	1	1	1	0	1	0	1
		2	0	1	1	1	1	1	1
		3	0	1	1	1	1	1	0
		C1	1	1	1	1	1	1	1
			2	1	1	1	1	1	1
			3	1	1	1	1	1	1
			4	1	1	1	0	1	1
	5	1	0	0	1	1	0	1	
	6	1	0	1	1	1	0	1	
	7	1	1	1	0	1	1	1	
	3.2.2	A1	1	0	0	0	1	1	1
		2	1	1	1	0	1	-	-
		B1	1	0	0	1	1	1	0
			2	0	0	0	1	0	0
			3	0	0	0	0	1	0
		4	1	0	1	1	0	0	
		5	1	0	1	1	0	0	
		C1	0	0	1	1	1	0	1
			2	0	0	1	0	1	0
			3	0	0	0	0	1	-
			4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	1	1	0	0		
3.2.3	1	1	0	0	1	1	1		
	2	1	0	0	1	1	1		
	3	1	0	0	1	1	0		
	4	0	0	0	1	1	1		
	5	1	0	0	1	1	1		
	6	0	0	0	1	1	0		
	7	0	0	0	1	1	1		
	8	0	0	0	1	1	0		
	9	0	0	0	1	1	0		
	10	0	0	0	1	1	0		
	11	0	0	0	1	1	0		
Porcentaje		43	29	35	61	20	57	50	

Tabla III Evaluación del contenido para los capítulos 4, 5, 6, 7 y 8 de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras

Modalidad	MIA	CAPÍTULO 4				CAPÍTULO 5						CAPÍTULO 6			CAPÍTULO 7			CAPÍTULO 8			
		A	B	C	%	A	B	C	D	E	F	%	A	B	%	A	B	%	A	B	%
General	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		40	1	1	100	0	1	50	1	0	50
	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0		40	1	1	100	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0		20	1	1	100	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1		20	1	1	100	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0		20	1	1	100	0	0	0	1	0	50
	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0		20	1	1	100	0	0	0	0	0	0
	7	1	1	1	100	1	0	1	1	0		60	1	1	100	0	0	0	1	1	100
	8	1	1	0	67	1	1	1	1	0		80	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	50	1	0	50
	10	1	0	1	67	1	1	1	1	1	-1	80	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	11	1	0	0	33	0	0	0	0	0		0	0	1	50	0	1	50	1	0	50
	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0		20	0	1	50	0	0	0	0	0	0
	13	1	0	1	67	1	0	1	1	0	-1	40	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	14	1	0	1	67	1	1	1	0	0		60	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	15	0	0	0	0	1	0	0	1	0		40	1	1	100	1	1	100	1	0	50
	16	1	0	1	67	1	1	1	0	0		60	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	17	1	0	0	33	1	1	1	0	1	-1	60	1	1	100	0	1	50	1	1	100
	18	1	0	1	67	1	1	1	0	0		60	1	1	100	1	0	50	1	1	100
	19	1	1	1	100	1	1	1	1	0		80	1	1	100	1	1	100	1	1	100
	20	1	0	1	67	1	1	1	1	1		100	1	1	100	0	1	50	1	1	100
21	1	0	0	33	1	0	1	0	0	-1	20	1	1	100	0	1	50	1	1	100	
22	0	0	0	0	1	0	1	1	0	-1	40	0	1	50	1	1	100	1	1	100	
23	1	0	1	67	1	0	0	0	0		20	1	1	100	0	1	50	0	0	0	
24	1	0	0	33	1	1	0	1	1		80	1	1	100	0	1	50	1	1	100	
25	1	0	1	67	1	0	1	1	1	0	80	1	1	100	1	1	100	1	0	50	
26	1	0	1	67	1	1	1	1	1	0	100	1	1	100	0	1	50	1	1	100	
Intermedia	27	1	0	0	33	1	1	1	0	0	80	1	1	100	0	1	50	1	1	100	
	28	1	0	0	33	1	0	1	0	0	40	1	1	100	0	0	0	1	1	100	
	29	1	0	0	33	1	0	1	1	0	60	1	1	100	0	1	50	1	1	100	
	30	1	1	1	100	1	0	0	1	0	-1	20	0	1	50	0	0	0	1	1	100
	31	1	0	1	67	1	0	1	0	0	40	1	1	100	0	1	50	0	0	0	
	32	1	1	0	67	1	0	0	1	0	0	40	1	1	100	0	1	50	1	1	100
	33	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	60	1	1	100	0	0	0	1	1	100

CLAVES

Criterio	Capítulo				
	4	5	6	7	8
A	Fundamento	Técnica	Vinculación	Objetividad	Existencia
B	Análisis	Integración	Especificidad	Completo	Completa
C	Todo el trazo				
D	Trabajo de campo				
E	Cuantificación				
F	Contradicción				

Tabla IV Evaluación de la calidad de los capítulos 1, 2 y 3 de las MIA Modalidad General (continuación)

Capítulo	Sección	MIA																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26								
2	1	1	3	3	1	3	2	1	3	4	1	5	3	4	4	3	5	1	5	4	3	4	0	2	3	3	5	4							
		2	2	2	0	0	1	0	0	4	0	3	3	0	4	3	2	3	3	2	3	4	0	4	2	5	0	3							
		3	5	0	0	0	0	0	3	5	3	3	5	0	4	5	0	4	5	5	4	4	5	5	0	4	5	5							
		4	3	0	0	0	0	0	2	2	0	4	5	0	3	3	5	0	5	5	5	0	0	3	3	3	5	5							
	2	1	0	1	2	2	3	3	4	3	0	4	4	2	2	2	3	5	4	4	5	4	2	3	5	4	4	3							
		2	0	0	0	2	0	0	0	5	1	4	5	1	4	3	0	4	4	5	5	3	4	5	5	2	5	5							
		3	3	1	0	0	0	0	0	3	0	3	5	0	2	4	5	4	5	3	5	5	2	3	5	1	3	4							
		4	3	0	0	0	0	2	3	2	0	4	4	1	1	2	3	5	5	5	5	4	2	3	4	2	5	5							
	3	1	0	0	0	0	0	0	5	5	0	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5							
			2	5	0	0	0	0	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	5	5	5	0	5	0	4	3	3	2	5						
		2	3	5	0	0	0	0	4	5	0	5	5	0	5	0	0	5	5	5	5	5	0	3	3	4	5	5	5						
			4	5	0	0	0	0	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5						
		5	5	5	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5						
			6	5	3	2	0	0	0	5	3	5	5	5	5	5	0	0	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5	5						
			7	5	3	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	0	6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	3						
8	5	3	2	0	0	1	5	4	0	5	5	0	5	2	0	5	5	3	5	2	5	5	5	5	5	0	5								
	9	5	0	0	0	0	5	5	0	5	5	0	5	5	0	0	5	5	5	5	5	0	2	5	5	4	0								
III	1	1	5	0	0	0	0	5	5	0	5	5	0	5	0	0	5	0	5	2	3	0	2	0	5	4	0								
		2	4	0	0	0	1	0	3	2	3	4	2	3	5	2	2	4	5	5	2	5	0	5	2	5	2	5							
			1	4	0	0	2	1	2	4	5	3	4	4	2	5	3	5	5	5	3	2	5	2	5	4	5	4	2						
			2	4	1	0	3	0	0	5	5	4	5	0	2	5	4	0	5	5	3	0	5	2	2	5	5	2	5						
			3	3	0	0	0	1	2	3	3	2	4	3	2	5	3	2	2	2	3	2	2	2	2	5	4	5	2	3					
	4	4	4	0	0	0	0	3	3	4	3	4	4	2	4	5	4	4	5	3	3	4	2	3	3	4	2	3							
		5	4	0	0	0	0	2	2	2	2	2	1	3	2	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2							
		6	5	0	0	0	0	0	2	2	5	2	2	2	3	2	2	2	2	3	0	4	2	5	5	5	1	2							
		7	5	5	0	0	0	0	5	3	4	5	5	2	5	4	3	4	4	3	5	4	2	3	5	5	2	0							
		1	4	3	1	0	0	0	4	4	2	5	5	2	5	5	5	5	5	3	5	4	3	5	3	2	2	0							
	3	2	4	3	1	0	0	0	4	4	0	5	2	5	0	2	3	5	3	0	5	4	5	4	5	5	0	2	2						
			3	-	3	4	0	0	0	-	4	0	5	0	2	5	-	-	3	-	-	-	-	-	4	5	-	0	2	2					
		4	-	-	-	0	0	0	3	4	3	5	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	0	2	3						
			4	4	3	0	0	0	0	4	4	2	3	5	5	0	0	5	0	3	5	4	4	5	4	5	4	2	3						
			5	-	-	0	0	0	0	4	4	4	5	2	3	5	0	4	0	3	2	4	4	4	5	2	2	2	2						
Promedio		3	3	1	3	0	8	0	8	0	5	0	7	2	7	3	4	1	7	3	8	3	5	2	0	3	7	3	5	3	5	3	0	3	0
Porcentaje		61	25	17	18	12	16	57	71	38	84	69	45	78	74	56	73	83	77	77	80	58	84	76	81	71	69								

Tabla V Evaluación de la calidad de los capítulos 1, 2 y 3 de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras Modalidad intermedia

Capítulo	Sección	MIA								
		27	28	29	30	31	32	33		
I	11	1	5	5	5	5	5	5		
		2	5	0	0	5	5	2	5	
		3	5	5	5	5	5	5	5	
		4	5	5	5	5	5	5	5	
		5	5	5	5	5	5	5	5	
		6	5	5	5	5	5	5	5	
	12	1	5	4	5	5	5	5	5	
		2	2	0	5	5	5	5	4	
		3	3	3	5	5	2	5	4	
		4	3	-	5	5	0	5	5	
		5	3	2	2	5	5	3	4	
		6	3	0	3	5	3	5	5	
	Promedio		4.1	3.1	4.2	5.0	4.2	4.6	4.8	
	Porcentaje		81.7	56.7	83.3	100	83.3	91.7	95.0	
	II	21	1	5	5	4	4	3	4	5
			2	3	5	0	1	1	2	2
			3	4	3	3	0	4	5	5
			4	4	5	5	2	4	5	4
5			4	2	2	2	1	4	1	
6			5	5	0	2	1	5	1	
22			1	3	3	4	-	3	2	4
			2	3	0	0	0	0	1	0
			3	4	2	2	0	2	2	2
			4	2	0	0	2	0	1	0
			5	4	1	1	-	0	0	4
			6	4	2	2	3	2	2	5
23		1	2	0	0	2	2	5	1	
		2	4	0	0	1	1	2	2	
		3	4	0	0	1	1	2	2	
		4	3	3	2	4	2	2	2	
		5	5	2	1	2	2	5	2	
		6	2	1	0	5	3	2	0	
		7	4	0	0	5	0	4	0	
		8	2	3	3	0	0	5	0	
		9	0	3	2	4	0	2	5	
		10	2	1	1	4	0	5	5	
		11	2	0	0	1	1	2	0	
		12	3	0	0	0	3	3	2	
24		1	2	2	0	2	0	0	0	
		2	5	0	0	1	0	1	1	
		3	4	0	2	2	2	2	2	
		4	2	1	0	0	2	1	0	
		5	2	0	0	0	3	0	0	
		6	2	1	2	0	1	2	0	
		7	5	-	3	0	2	0	0	
		8	2	2	2	0	0	2	4	
		9	0	3	3	1	1	2	0	
	10	0	0	0	0	0	0	0		
	11	3	5	0	0	0	5	0		
	12	5	4	0	0	4	0	0		
13	4	5	0	0	5	0	0			
Promedio		3.1	1.8	1.4	1.7	1.4	2.6	1.8		
Porcentaje		61.3	34.4	27.5	31.3	28.8	50.0	36.9		
III	31	1	4	0	0	3	0	3	2	
		2	3	2	4	4	4	5	4	
		3	2	2	2	2	1	5	2	
		4	0	0	0	0	0	2	0	
		5	2	2	5	2	0	5	2	
		6	0	0	0	4	0	0	0	
	31 A1	1	0	0	0	4	0	0	0	
		2	2	2	0	4	0	0	0	
		3	2	0	0	3	0	0	0	
		4	2	0	0	0	0	5	0	
		5	4	4	4	1	0	4	0	
		6	0	0	0	0	0	4	0	
	B1	1	0	0	0	5	4	0	0	
		2	4	2	2	3	4	3	3	
		3	4	0	2	4	0	0	5	
		4	4	0	0	5	0	0	0	
		5	0	0	0	3	0	0	0	
		6	0	0	0	2	0	0	0	

Capítulo	Sección	MIA							
		27	28	29	30	31	32	33	
	B7	1	3	2	0	5	0	0	4
		2	0	0	0	2	0	0	4
		3	4	3	5	1	0	5	5
		4	2	4	0	5	1	0	5
		5	4	0	0	1	0	5	2
		6	0	0	1	1	0	5	0
	C1	1	2	5	5	4	5	2	4
		2	2	4	4	0	3	2	3
		3	0	0	3	2	0	2	0
		4	2	0	0	0	0	2	3
		5	2	2	0	0	0	3	2
		6	2	1	4	0	0	2	2
III	312	D1	2	0	0	4	0	0	2
		2	2	4	4	0	3	2	3
		3	0	0	3	2	0	2	0
		4	2	0	0	0	0	2	3
		5	2	2	0	0	0	3	2
		6	2	1	4	0	0	2	2
	E11	7	0	0	4	0	0	2	2
		8	0	0	0	0	0	0	0
		9	0	0	0	0	0	2	0
		10	2	5	4	5	4	4	4
		11	2	0	0	3	4	0	2
		12	2	0	0	2	0	4	0
		13	2	0	0	0	2	3	4
		14	5	5	2	5	0	3	0
		15	4	0	0	2	0	0	2
		16	3	0	0	1	0	5	0
		17	4	0	0	4	0	5	0
		18	5	0	0	2	-	0	4
	313	1	6	4	1	2	5	0	4
		2	7	0	0	0	5	0	2
		3	8	0	0	0	1	0	0
		4	2	2	0	2	4	2	3
		5	2	0	0	0	-	0	0
		6	3	5	0	0	-	3	0
		7	4	0	0	0	-	0	0
		8	5	0	0	0	-	0	0
		9	6	0	0	0	-	0	0
		10	7	0	0	0	-	0	0
		11	8	0	0	0	-	0	0
		12	9	2	0	0	-	0	0
	313	1	10	0	0	-	0	2	0
		2	11	0	0	0	-	0	2
		3	12	0	0	0	-	3	2
		4	3	0	1	0	3	0	0
		5	2	0	0	0	0	0	0
		6	3	4	2	0	1	0	3
	313	7	4	5	0	0	2	3	0
		8	5	0	0	0	0	0	0
		9	6	0	0	0	0	0	4
		10	7	0	0	0	0	0	0
		11	8	0	0	0	4	0	3
		12	9	0	0	3	0	0	2
	313	1	10	0	2	3	0	0	1
		2	11	0	0	0	0	0	3
		3	4	0	0	3	4	0	3
		4	2	5	2	4	0	4	0
		5	3	0	0	3	4	0	4
		6	4	0	0	4	0	0	0
	313	7	5	5	0	2	0	0	
		8	6	2	2	0	0	0	
		9	3	0	2	2	1	0	
		10	4	1	2	0	1	2	
		11	5	2	5	5	2	4	
		12	6	0	1	5	0	2	
	313	1	7	0	0	0	5	0	
		2	8	0	0	5	0	0	
		3	8	0	0	5	0	0	
		4	8	3	1	2	0	2	
		5	2	0	0	0	0	0	
		6	3	0	0	0	0	0	
	313	7	4	0	0	0	0	2	
		8	4	0	0	0	0	0	
		9	3	0	0	0	0	0	
		10	4	0	0	0	0	0	
		11	4	0	0	0	0	4	
		12	4	0	0	0	0	4	

Tabla VI Evaluación de los capítulos 4, 5, 6, 7 y 8 de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de carreteras

Modalidad	CAPÍTULO 4					CAPÍTULO 5						CAPÍTULO 6			CAPÍTULO 7			CAPÍTULO 8				
	MIA	A	B	C	%	A	B	C	D	E	F	%	A	B	%	A	B	%	A	B	%	
General	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1		17	1	2	75	0	1	25	1	0	50	
	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0		17	1	1	50	0	0	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0		8	1	1	50	0	0	0	0	0	0	
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2		17	1	1	50	0	0	0	0	0	0	
	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	1	1	50	0	0	0	1	0	50	
	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	1	1	50	0	0	0	0	0	0	
	7	1	1	1	75		1	0	1	1	0		25	1	3	100	0	0	0	1	1	100
	8	1	1	0	50		1	1	1	1	0		33	1	1	50	2	1	75	1	1	100
	9	0	0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	1	25	1	0	50
	10	1	0	1	50		2	1	2	1	1	-1	50	1	1	50	1	1	50	1	1	100
	11	1	0	0	25		0	0	0	0	0		0	0	1	25	0	1	25	1	0	50
	12	0	0	0	0		0	0	0	1	0		8	0	1	25	0	0	0	0	0	0
	13	1	0	1	50		1	0	1	1	0	-1	17	1	1	50	1	1	50	1	1	100
	14	1	0	1	50		2	1	2	0	0		42	1	3	100	2	1	75	1	1	100
	15	0	0	0	0		1	0	0	1	0		17	1	1	50	1	1	50	1	0	50
	16	1	0	1	50		1	1	2	0	0		33	1	1	50	1	1	50	1	1	100
	17	1	0	0	25		2	1	2	0	1	-1	42	1	2	75	0	1	25	1	1	100
	18	1	0	1	50		1	1	1	0	0		25	1	1	50	1	0	25	1	1	100
	19	1	1	1	75		2	1	1	1	0		42	1	1	50	1	1	50	1	1	100
	20	1	0	1	50		2	1	2	1	2		67	1	3	100	0	1	25	1	1	100
	21	1	0	0	25		1	0	1	0	0	-1	8	1	1	50	0	1	25	1	1	100
	22	0	0	0	0		2	0	1	1	0	-1	25	0	1	25	1	1	50	1	1	100
	23	1	0	1	50		1	0	0	0	0		8	1	2	75	0	1	25	0	0	0
	24	1	0	0	25		1	1	0	1	1		33	1	1	50	0	1	25	1	1	100
	25	1	0	1	50		2	0	1	1	1	0	42	1	1	50	1	1	50	1	0	50
	26	1	0	1	50		2	1	1	1	1	0	50	1	2	75	0	1	25	1	1	100
Intermedia	27	1	0	0	25	2	1	2	1	0	0	50	1	2	75	0	1	25	1	1	100	
	28	1	0	0	25	2	0	1	0	0	0	25	1	1	50	0	0	0	1	1	100	
	29	1	0	0	25	2	0	1	1	0	0	33	1	1	50	0	1	25	1	1	100	
	30	1	1	1	75	1	0	0	1	0	-1	8	0	1	25	0	0	0	1	1	100	
	31	1	0	1	50	2	0	1	0	0	0	25	1	3	100	0	1	25	0	0	0	
	32	1	1	0	50	2	0	0	1	0	0	25	1	1	50	0	1	25	1	1	100	
	33	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	33	1	1	50	0	0	0	1	1	100	

CLAVES

Criterio	Capítulo				
	4	5	6	7	8
A	Fundamento	Técnica	Vinculación	Objetividad	Existencia
B	Análisis	Integración	Especificidad	Completo	Completa
C	Todo el trazo	Criterio			
D		Trabajo de campo			
E		Cuantificación			
F		Contradicción			

Tabla VII Definición de las actividades de la obra que presentaron interacción con los factores biológicos

Actividades	Definición
Caminos de acceso (2)	Red de caminos que se amplían para comunicar los frentes de trabajo
Desmonte (3)	Remoción de la vegetación por medio de tractores o motosierras para despejar el área de construcción
Arrope de taludes (7)	Obras de cobertura de la superficie del talud con vegetación, malla fértil o materiales sintéticos
Uso de explosivos (13)	Aplicación de materiales detonantes para la remoción de material pétreo
Muros de contención (17)	Construcción de muros de contención
Rehabilitación y reforestación (19)	Revegetación con especies ad/hoc y obras de mejoramiento
Circulación vehicular (22)	Uso de la carretera por los autotransportes

Tabla VIII. Definición de los factores ambientales biológicos e indicadores de impacto.

Factores Ambientales	Definición	Indicador
Cobertura vegetal (13)	Superficie con cobertura vegetal (ha)	<p>Cobertura vegetal (ha) afectada</p> <p>Descenso de productividad en la vegetación debido al incremento en los niveles de gases contaminantes (ton/ha)</p> <p>Superficie (ha) de terraplenes con recubrimiento vegetal *</p> <p>Superficie (ha) de formaciones vegetales no afectadas, por el efecto del muro de contención *</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales sembradas o rehabilitadas *</p>
Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	Número de especies vegetales endémicas o en peligro de extinción	<p>Número de especies vegetales en peligro de extinción y endémicas afectadas</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales no afectadas, por el efecto del muro de contención *</p>
Diversidad de fauna (15)	Número de especies de vertebrados	<p>Número de especies de vertebrados con posibilidades de ser afectadas</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales no afectadas, por el efecto del muro de contención *</p>
Distribución de fauna (16)	Distribución (ha) de las distintas comunidades	<p>Superficie (ha) de hábitat afectado</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales no afectadas, por el efecto del muro de contención *</p>
Hábitat (17)	Cobertura vegetal (ha)	<p>Superficie (ha) de hábitat afectado</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales no afectadas, por el efecto del muro de contención *</p> <p>Superficie (ha) de las formaciones vegetales sembradas o rehabilitadas *</p>
Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	Número de especies animales endémicas o en peligro de extinción	<p>Número de especies animales en peligro de extinción y endémicas afectadas</p> <p>Superficie de zonas boscosas (ha) no afectadas por el efecto del muro de contención *</p>
Especies migratorias (19)	Número de especies migratorias	Proporción de especies migratorias

Tabla IX Resultados de la evaluación de los impactos negativos identificados sobre los factores biológicos.

Actividad	Factor biológico	MED	SAC	SIGNI F	MITIG	CER	PRED	EST	INF
Camino de acceso	Cobertura vegetal	0.56	0.56	0.77	0.00	3	1	x	1
	Diversidad de fauna (15)	0.22	0.44	0.43	0.29	1	0	x	0
	Hábitat (17)	0.22	0.44	0.43	0.29	1	0	x	0
	Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	0.22	0.44	0.43	0.29	1	0	x	0
Desmonte	Cobertura vegetal (13)	0.78	1.00	1.00	0.00	3	1	x	1
	Especies de flora endémicas o en peligro de extinción (14)	0.78	0.44	0.87	0.58	1	0	3	0
	Diversidad de fauna (15)	0.56	1.00	1.00	0.00	1	0	x	0
	Distribución de fauna (16)	0.56	1.00	1.00	0.00	1	0	x	0
	Hábitat (17)	0.78	1.00	1.00	0.00	3	1	x	1
	Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	0.56	1.00	1.00	0.67	1	0	1	1
	Especies migratorias (19)	0.56	1.00	1.00	0.00	0	0	x	0
Uso de explosivos	Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	0.33	0.33	0.48	0.00	2	0	0	0
	Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	0.33	0.22	0.43	0.00	1	0	0	0
Circulación vehicular	Cobertura vegetal (13)	0.56	0.67	0.82	0.27	1	1	x	1
	Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción (14)	0.56	0.33	0.68	0.23	2	1	0	0
	Diversidad de fauna (15)	0.56	0.44	0.72	0.24	1	1	x	1
	Distribución de fauna (16)	0.56	0.44	0.72	0.24	1	1	x	1
	Hábitat (17)	0.56	0.44	0.72	0.24	1	1	x	1
	Especies animales endémicas o en peligro de extinción (18)	0.56	0.44	0.72	0.24	1	1	x	1

MED=Criterios básicos, SAC=Criterios complementarios; Signif =Significancia, dada por la combinación de MED y SAC, Mitig = medida de mitigación; Cer= Certeza, Pred= confianza en la predicción; Est= Estándares; Inf=Información

Tabla X. Resultados de la evaluación de los impactos positivos identificados sobre los factores biológicos.

Actividad	Factor Ambiental	MED	SAC	SIGNIF	CER	PRED	EST	INF
Arrope de taludes	Cobertura vegetal	0.56	0.33	0.68	3	0	x	1
Muros de contención	Cobertura vegetal	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
	Especies vegetales endémicas o en peligro de extinción	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
	Diversidad de fauna	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
	Distribución de fauna	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
	Habitat	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
	Especies animales endémicas o en peligro de extinción	0.56	0.00	0.56	3	1	x	1
Rehabilitación y reforestación	Cobertura vegetal	0.78	0.56	0.89	3	1	x	1
	Habitat	0.78	0.56	0.89	3	1	x	1