



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL – SUSTANCIAS Y RESIDUOS PELIGROSOS

**“Propuesta metodológica para la evaluación ambiental por cuencas aplicada
en Valle de Bravo-Amanalco”**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
IQI. Miryam Martínez Rodríguez

TUTOR PRINCIPAL:
M. en I. Alba Beatriz Vázquez González, FI

COMITÉ TUTOR
Dra. Patricia Leonor Güereca Hernández, II
M.A.I. Landy Irene Ramírez Burgos, FQ
Dr. Carlos Antonio Caballero Valdés, ITESM
Dra. Gómez Balandra María Antonieta, FI

CIUDAD DE MÉXICO, DICIEMBRE DE 2019



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.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricción de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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 lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Güereca Hernández Leonor P.
Secretario: Dra. Gómez Balandra María Antonieta
Vocal 1: Dr. Caballero Valdés Carlos Antonio
1^{er} Suplente: M.A.I. Ramírez Burgos Landy Irene
2^o Suplente: M.I. Vázquez González Alba Beatriz

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, Depto. De Ingeniería Sanitaria y Ambiental, UNAM.

Tutor de tesis:

M. en I. Alba Beatriz Vázquez González

Firma

Agradecimientos

Agradece a los obstáculos, porque devoran tus límites.

ALEJANDRO JODOROWSKY

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme y brindarme la oportunidad de aprender dentro de sus aulas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por brindarme el apoyo económico necesario para el desarrollo de este proyecto de investigación. Gracias a su apoyo y al del Posgrado de Ingeniería por permitirme vivir la enriquecedora experiencia de una estancia de investigación en la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

A la M. Alba B. Vázquez González por compartirme sus conocimientos, brindarme su apoyo incondicional y sabios consejos en el ámbito personal y profesional. Por ser una mujer y profesionista a quien admiro.

A la Dra. Patricia L. Güereca Hernández por mostrarme el mundo del análisis de ciclo de vida y por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

A la Dra. Rosa Ma. Arce Ruiz por permitirme realizar mi estancia de investigación en la UPM. Gracias por recibirme, brindarme su tiempo y conocimientos sobre EAE.

A mi comité tutor y ampliado por enriquecer este trabajo.

Dedicatorias

A mis padres, con todo mi amor. A los dos porque han dedicado su vida a formarme, por elegir a nuestra familia como su prioridad y por hacerme sentir tan amada. No hay pago a todos los sacrificios realizados para darme una educación y un hogar sin carencias. Solo me queda dedicarles mis logros y hacerlos sentir orgullosos de mí.

Gracias por estar siempre presentes, ser mi ejemplo de perseverancia y por incentivar-me a perseguir mis sueños.

A mi hermano, por hacerme ver mis errores con humor, porque contigo y de ti he aprendido tanto. Sin tus ocurrencias la vida sería un tedio.

A mis amigos, Angie, Lupita, Rafa, Gian y George, por estar en los días buenos, malos y en los peores. Gracias por dejarme formar parte de sus vidas y ser indispensables en la mía. Gracias por su cariño, sus consejos, su magia, las horas interminables de risas y por llegar a mi vida para quedarse.

A Iván por llegar a mi vida y revolucionarla con tú amor y tú música. Porque imagino un camino juntos que ansío recorrer de tu mano.

A mis primos Richy, Noemi y George, y a mis sobrinas Alison, Mayte y Sofi porque los quiero infinitamente.

Contenido

CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ANEXOS	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT	X
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2
1.3 ALCANCES.....	2
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	3
2.1.1 <i>Definición</i>	3
2.1.2 <i>Antecedentes</i>	3
2.1.3 <i>Situación actual en México</i>	5
2.1.4 <i>Etapas</i>	8
2.1.5 <i>Limitaciones</i>	10
2.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA.....	11
2.2.1 <i>Definición</i>	11
2.2.2 <i>Antecedentes</i>	11
2.2.3 <i>Situación actual en México</i>	13
2.2.4 <i>Situación actual en el Mundo</i>	15
2.2.5 <i>Etapas</i>	16
2.2.6 <i>Ventajas y limitaciones</i>	18
2.3 LA CUENCA COMO UNIDAD TERRITORIAL	20
2.3.1 <i>Naturaleza jerárquica de los procesos</i>	21
2.3.2 <i>Externalidades</i>	22
2.3.3 <i>Indicadores ambientales</i>	23
2.3.4 <i>Cartografía y sistemas de información geográfica</i>	25
2.4 GESTIÓN DE CUENCA	25
2.4.1 <i>Definición</i>	25
2.4.2 <i>Antecedentes</i>	29
2.4.3 <i>Situación Actual en México</i>	31
2.4.4 <i>Situación Internacional</i>	34
2.4.5 <i>Acciones para lograr la gestión integrada de una cuenca</i>	36
3. METODOLOGÍA PROPUESTA	38
3.1 INTRODUCCIÓN.....	38
3.2 DEFINICIÓN.....	39

3.3	PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA MEVAC	40
3.3.1	<i>Objetivo</i>	42
3.3.2	<i>Área de Estudio</i>	42
3.3.3	<i>Identificación de Actores</i>	42
3.3.4	<i>Selección de Indicadores</i>	43
3.3.5	<i>Inventario-Descripción del Área de Estudio</i>	47
3.3.6	<i>Análisis de la Información</i>	48
3.3.7	<i>Valoración</i>	49
3.3.8	<i>Caracterización de la vulnerabilidad o de las zonas impactadas</i>	49
3.3.9	<i>Entrega de Resultados</i>	51
3.4	COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS EIA, EAC Y EAE.....	52
4.	APLICACIÓN DE MEVAC A LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO	56
4.1.1	<i>Objetivo</i>	56
4.1.2	<i>Área de Estudio</i>	56
4.1.3	<i>Identificación de Actores</i>	60
4.1.4	<i>Selección de Indicadores</i>	62
4.1.5	<i>Inventario-Descripción del Área de Estudio</i>	63
4.1.6	<i>Análisis de la Información</i>	78
4.1.7	<i>Valoración</i>	78
4.1.8	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>	79
4.1.9	<i>Entrega de Resultados</i>	80
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
6.	REFERENCIAS.....	84
7.	ANEXOS.....	89

Índice de tablas

TABLA 1. TRATADOS MULTILATERALES Y BILATERALES EN MATERIA AMBIENTAL	7
TABLA 2. LIMITANTES DE LA EIA.....	10
TABLA 3. BREVE HISTORIA DE LA EIA Y LA EAE	13
TABLA 4. EJEMPLO DE ALGUNAS APLICACIONES DE EAE MUNDIALES	16
TABLA 5. DETALLE DE LAS ETAPAS DE EAE.....	17
TABLA 6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA EAE	19
TABLA 7. FUNCIONES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	20
TABLA 8. NIVELES Y DIMENSIONES DE INTEGRACIÓN POR CUENCA.....	28
TABLA 9. ACTORES RESPONSABLES DE LA GESTIÓN POR SECTOR EN MÉXICO	33
TABLA 10. ENTIDADES DE CUENCA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	35
TABLA 11. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE METODOLOGÍAS APLICABLES A CUENCAS	40
TABLA 12. INDICADORES PARA LA MEVAC	43
TABLA 13. TABLA DE VALORACIÓN (MEVAC)	49
TABLA 14. COMPARACIÓN ENTRE EIA, EAC, EAE	52
TABLA 15. AMENAZAS AMBIENTALES DE LA CUENCA.....	56
TABLA 17. MUNICIPIOS DENTRO DE LA CUENCA	58
TABLA 18. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	59
TABLA 19. ACTORES DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO	60
TABLA 20 INDICADORES APLICADOS A LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO AMANALCO.....	62
TABLA 21. CALIDAD DEL SUELO A NIVEL MUNICIPAL.....	64
TABLA 22. CALIDAD DEL AIRE A NIVEL MUNICIPAL.....	66
TABLA 23. CRITERIOS DE VALORACIÓN Y RESULTADOS DE CALIDAD DEL AIRE	67
TABLA 24. CALIDAD DEL AGUA A NIVEL MUNICIPAL	69
TABLA 25. CRITERIOS DE VALORIZACIÓN PARA CALIDAD DEL AGUA.....	69
TABLA 26. VULNERABILIDAD SOCIAL A NIVEL MUNICIPAL	72
TABLA 27. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE ASPECTOS SOCIALES	73
TABLA 28. MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO.....	78
TABLA 29. VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD Y VULNERABILIDAD DE DIFERENTES ACTIVIDADES EN LA CUENCA.....	90

Índice de figuras

FIGURA 1. LÍNEA DEL TIEMPO EIA (MODIFICADO DE IISD, 2019).....	4
FIGURA 2. EVOLUCIÓN DE LA LEGISLACIÓN E INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL EN MÉXICO (ARRIAGA, 2017).....	5
FIGURA 3. PROCEDIMIENTO DE EIA EN MÉXICO (LGEEPA, 1988).....	6
FIGURA 4. PROCESO EN ETAPAS DE LA EIA (MODIFICADO DE ESPINOZA, 2007).....	8
FIGURA 5. PROCEDIMIENTO DE EAE PARA SU INSTRUMENTACIÓN EN MÉXICO. (AHUMADA, PELAYO, & CASTAÑÓN, 2012).....	15
FIGURA 6. ETAPAS DE LA EAE Y PARALELISMO EN LA TOMA DE DECISIONES (EUROPEAN COMMISSION; DG TREN, 2005).....	17
FIGURA 7. NATURALEZA JERÁRQUICA DE LOS PROCESOS EN LOS ECOSISTEMAS (MODIFICADO DE OSMOND ET AL. 1980.).....	21
FIGURA 8. JERARQUIZACIÓN DE ACCIONES DE GESTIÓN EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS (DOUROJEANNI, 1998).....	26
FIGURA 9. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA CUENCA (MODIFICADO DE DUOROJEANNI, 2006).....	28
FIGURA 10. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE CONSEJOS DE CUENCA (OLIVARES, S.F.).....	32
FIGURA 11. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN AMBIENTAL POR CUENCAS (MEVAC). (ELABORACIÓN PROPIA).....	42
FIGURA 12. CUENCA VALLE DE BRAVO-AMANALCO (FUENTE: PMDU VALLE DE BRAVO).....	58
FIGURA 13. MAPA DE CALIDAD DEL SUELO CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	65
FIGURA 14. MAPA DE CALIDAD DEL AIRE DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	68
FIGURA 15. CRITERIOS DE VALORACIÓN POR PARÁMETRO EN CALIDAD DEL AGUA (CONAGUA, 2018).....	70
FIGURA 16. MAPA DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	71
FIGURA 17. MAPA DE VULNERABILIDAD SOCIAL DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	75
FIGURA 18. MAPA DE ZONAS DE VULNERABILIDAD ALTA Y BAJA DE LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	77
FIGURA 19. MAPA VULNERABILIDAD AMBIENTAL Y OPORTUNIDAD SOCIAL (ELABORACIÓN PROPIA).....	78
FIGURA 20. CARACTERIZACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA DE VALLE DE BRAVO AMANALCO (ELABORACIÓN PROPIA).....	80
FIGURA 21. MAPA DE ZONAS DE VULNERABILIDAD DE LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO (MEVAC) (ELABORACIÓN PROPIA).....	81

Anexos

ANEXO I. INSTRUMENTOS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL (LGEEPA, 1988).....	89
ANEXO II. SÍNTESIS DE PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA CUENCA (ADAPTADO DE MONTOYA, RÍOS, E HINCAPIÉ, 2019)90	

Resumen

Este trabajo resalta la importancia de las cuencas hidrográficas, ya que su dinámica se refleja en los servicios ambientales que está provee (calidad del agua, biodiversidad, etc.) y su deterioro repercute en la calidad de vida de su población, la productividad y otros factores.

Actualmente existe un vacío en términos de planificación y gestión con enfoque sistémico de las cuencas hidrográficas. Debido a que los impactos territoriales provenientes del desarrollo que agotan los servicios ambientales que la cuenca ofrece, no están regulados, ni en México ni en muchas otras regiones. La regulación en México se limita a la normatividad relacionada con los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que evalúan proyectos individuales.

Dado lo anterior es evidente la necesidad de evaluar y regular los cambios en las cuencas hidrográficas y sus zonas de influencia. Este trabajo propone una metodología para la Evaluación Ambiental por Cuencas (MEVAC) que permita ubicar geográficamente las zonas impactadas por la degradación de los componentes ambientales, así como las zonas que presenten vulnerabilidad social y económica. MEVAC se desarrolla como un instrumento que complementa a la EIA y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) y que ayuda a la ordenación territorial, se basa en el uso de indicadores para la valoración de cada componente e integra la información en un SIG.

La metodología para la Evaluación Ambiental por Cuencas se aplica a la Cuenca de Valle de Bravo Amanalco y con ella se determina que las zonas más impactadas o vulnerables son, los municipios de Almoloya de Juárez, Villa Victoria y Zinacantepec. Los resultados de esta evaluación sirven para identificar las zonas prioritarias que requieren de PPP¹ que atenuen su vulnerabilidad, orientar sobre los sitios donde no es aconsejable la aprobación de nuevos proyectos, o en caso de autorizarlos, exigir medidas más severas de mitigación y compensación. Sin embargo, las principales limitaciones para la aplicación al caso de estudio fueron la disponibilidad de la información con el grado de detalle requerido y la carencia de información reciente.

¹ Políticas planes y programas

Abstract

This work highlights the importance of watersheds, since its dynamics are reflected in the environmental services it provides (water quality, biodiversity, etc.) and its deterioration has an impact on the quality of life of its population, productivity and others. factors.

There is currently a gap in terms of planning and management with a systemic approach to river basins. Because the territorial impacts from development that deplete the environmental services offered by the basin are not regulated, either in Mexico or in many other regions. The regulation in Mexico is limited to the regulations related to Environmental Impact Studies (EIA) evaluate individual projects.

Given the above, the need to evaluate and regulate changes in river basins and their areas of influence is evident. This work proposes a methodology for the Environmental Assessment by Basins (MEVAC) that allows to geographically locate the areas impacted by the degradation of the environmental components, as well as the areas that present social and economic vulnerability. MEVAC is developed as an instrument that complements the EIA and the Strategic Environmental Assessment (EAE) and helps territorial planning, is based on the use of indicators for the assessment of each component and integrates the information into a GIS.

The methodology for the Environmental Assessment by Basins is applied to the Valle de Bravo Amanalco Basin and it is determined that the most impacted or vulnerable areas are, the regions of Almoloya de Juárez, Amanalco, Villa Victoria and Zinacantepec. The results of this evaluation serve to identify the priority areas that require PPP² to mitigate their vulnerability, provide guidance on the places where it is not advisable to approve new projects, or if authorized, demand more severe mitigation and compensation measures. However, the main limitations for the application to the case study were the availability of the information with the required degree of detail and the lack of recent information.

² Policies, plans and programs

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El acelerado crecimiento demográfico e industrial es sin duda la raíz del importante deterioro ambiental. Motivado por la búsqueda de una mejor calidad de vida, la falta de estrategias de planeación y manejo de recursos, y el desconocimiento del valor ecológico de los ecosistemas es lo que ha propiciado: el aprovechamiento irracional de los recursos, la degradación de los sistemas naturales que nos sustentan y dan origen a la vulnerabilidad ambiental actual. Los impactos como la contaminación del aire y el agua, la erosión de suelo y la extinción de especies, plantean riesgos para la vida humana y comprometen nuestro bienestar y el de generaciones futuras.

El efecto acumulado de acciones individuales a pequeña escala tiene un impacto regional y global sobre la calidad y disponibilidad de los recursos. El agravamiento de los problemas ambientales, a partir de la década de los 70, lo hizo evidente. Así como, la necesidad de revertir el daño provocado, incorporar la variable ambiental y los criterios ecológicos dentro de las políticas orientadas a la planificación como un factor de garantía de proceso y adoptar diferentes medidas para amortiguar los efectos negativos de la actividad humana.

Esto obligó a buscar no solo el crecimiento económico, sino un desarrollo sostenible que considere satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer a las generaciones futuras; Teniendo en cuenta la capacidad de los recursos para regenerarse y manteniendo un balance entre los hábitats naturales y los modificados por el hombre. Por consiguiente, es importante identificar y cuantificar el grado de transformación de estos.

Los instrumentos técnicos que posibilitan la cuantificación de la alteración que provocará una actividad en el medio y que constituyen herramientas de protección y gestión ambiental, para la toma de decisiones son: La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).

La evaluación de impacto ambiental identifica y valora los efectos de proyectos que pueden afectar la salud, el bienestar humano y al entorno, para ver la calidad del ambiente que habría con o sin dicha acción. Tales evaluaciones se realizan en la fase previa al proyecto, con objeto de efectuar una mejor planeación y formulación de alternativas desde el punto de vista ambiental, y considerar adecuadamente los factores ambientales, por parte de las autoridades, cuando aprueben una propuesta.

La evaluación ambiental estratégica es un instrumento de planeación gubernamental, que evalúa las consecuencias ambientales de las propuestas de políticas, planes y programas (PPP) para garantizar que sean plenamente incluidas y apropiadamente tomadas en cuenta en las etapas iniciales de la toma de decisiones al mismo nivel que las consideraciones económicas y sociales (Verheem & Tonk, 2012). Trasciende más allá de un estudio de impacto ambiental y cuya perspectiva es el crecimiento y desarrollo sustentable de un país o región.

Ambos instrumentos se complementan, dentro del concepto de evaluación ambiental. Sin embargo, estas herramientas de evaluación realizan el análisis delimitando el impacto, con un enfoque restringido y es necesario un instrumento capaz de determinar el efecto acumulativo y sinérgico que se propaga espacial y

temporalmente, que en forma individual no siempre es advertido. Dicho instrumento como lo es la Evaluación Ambiental por Cuencas (EAC), está basado en un sistema cuyos límites son puestos por la propia naturaleza, la Cuenca Hidrográfica.

Las cuencas hidrográficas periurbanas son la principal fuente de los servicios ecosistémicos (SE) para las poblaciones urbanas. A pesar de esta importancia, se ha subestimado su valor, debido a que aún no se tiene conciencia de la necesidad de la EAC, del rol de la cuenca ni las relaciones de interdependencia de los sistemas biofísicos y socioeconómicos que conlleva en una región, ya que son un proceso complejo que involucra a una amplia gama de partes interesadas que viven y compiten por recursos limitados, a diferentes escalas temporales y espaciales.

Esta investigación pretende realizar una propuesta metodológica que permita evaluar cualquier cuenca hidrológica por medio de indicadores de sostenibilidad y determinar su estado actual. Su evaluación permitirá por medio de mapas y empleando sistemas de información geográfica (SIG) conocer las áreas de mayor vulnerabilidad ambiental, social y económica. Dicha información brindará un panorama claro sobre los problemas y zonas de atención prioritaria, ayudará en la toma de decisiones de autorización de nuevos proyectos, PPP asociados a la cuenca y permitirá tener una línea base para futuras evaluaciones.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una metodología para la evaluación ambiental por cuencas (MEVAC), empleando indicadores ambientales, análisis multicriterio y sistemas de información geográfica. Para poder determinar las zonas de mayor vulnerabilidad ambiental en la cuenca y así ayudar en el proceso de toma de decisiones respecto a nuevos proyectos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar las bondades y desventajas de emplear EIA y EAE.
- Seleccionar indicadores ambientales para la metodología MEVAC.
- Analizar y seleccionar la metodología de análisis multicriterio (AMC) para la metodología MEVAC.
- Diseñar la metodología MEVAC.
- Aplicar la metodología MEVAC a un caso estudio, la cuenca de Valle de Bravo- Amanalco.
- Emplear indicadores ambientales y AMC para analizar y valorar los resultados en el caso de estudio.
- Determinar espacialmente las zonas vulnerables en la cuenca, empleando SIG.

1.3 Alcances

- Generar el marco conceptual relativo a la Evaluación de Impacto Ambiental, la Evaluación Ambiental Estratégica y la Evaluación Ambiental por Cuencas.
- Proponer una metodología de evaluación ambiental por cuencas aplicable en México, que contribuya a través de indicadores a alcanzar el desarrollo sostenible.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describen los instrumentos de gestión ambiental la EIA y la EAE. Se muestra su estado actual a nivel nacional e internacional, se describen sus etapas y limitaciones y se plantea la necesidad de generar una nueva metodología.

2.1 Evaluación de impacto ambiental

2.1.1 Definición

La EIA es un proceso de análisis que identifica, predice, interpreta y valora los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados (Garmendia, 2009).

De acuerdo con la FAO (2011), la EIA es una herramienta para que los tomadores de decisiones identifiquen los posibles impactos ambientales de los proyectos propuestos, a fin de evaluar los enfoques alternativos, y de diseñar e incorporar medidas adecuadas de prevención, mitigación, gestión y monitoreo.

Por lo que la EIA es un proceso que tiene dos objetivos generales. Por un lado, establece el procedimiento jurídico-técnico-administrativo para la aprobación, modificación o rechazo de un proyecto, por parte de las distintas administraciones públicas encargadas de la toma de decisiones. Por el otro, trata de elaborar un análisis encaminado a predecir las alteraciones que el proyecto o actividad puede producir en la salud humana y medio ambiente, considerando en su proceso el análisis de tres principales componentes conceptuales: ecosistémico (atmósfera, hidrosfera, litosfera, biosfera), administrativo (aspectos organizativos, políticos, socioeconómicos) e investigación (básica y aplicada, monitoreo y educación ambiental); todos los componentes se interrelacionan entre sí en tres niveles de acción: global, regional y local, lo que se refleja en el esquema conceptual del desarrollo sustentable (Romano Velasco, 2000).

2.1.2 Antecedentes

La evaluación ambiental tiene sus antecedentes en la Ley Nacional de Protección al Ambiente (*“National Environmental Policy Act”*, NEPA) de los Estados Unidos de América publicada en 1969. Esta fue la primera legislación que incluyó el requerimiento de evaluar los efectos ambientales de determinadas actividades humanas antes de la toma de decisión.

La figura 1 muestra la línea del tiempo de la EIA, con sus inicios en EUA, y ejemplo seguido por Suecia, Canadá, Australia, Nueva Zelanda, etc. (Wood, 2003). Sin embargo, fue durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, cuando el mecanismo de la EIA fue aceptado y divulgado ampliamente a nivel mundial, y se exigió su incorporación en las agendas políticas de los países (ONU, 1992). En América Latina, el proceso respondió inicialmente a satisfacer los requisitos exigidos para conceder créditos por parte de organismos financieros internacionales como el BID³ o el

³ Banco Interamericano de Desarrollo

BM⁴. Colombia fue pionera en incorporar la EIA en 1973, seguido por México (1978), Brasil (1988), Venezuela (1992), Bolivia (1992), Paraguay, Chile y Honduras (1993), y Uruguay (1994) (Espinoza, 2007).

De este modo, en los últimos 20 años y con otros pactos firmados, 191 países de las Naciones Unidas han considerado el proceso de evaluación de impacto ambiental como herramienta indispensable de política pública ambiental en sus diversas modalidades (Perevochtchikova, 2013).

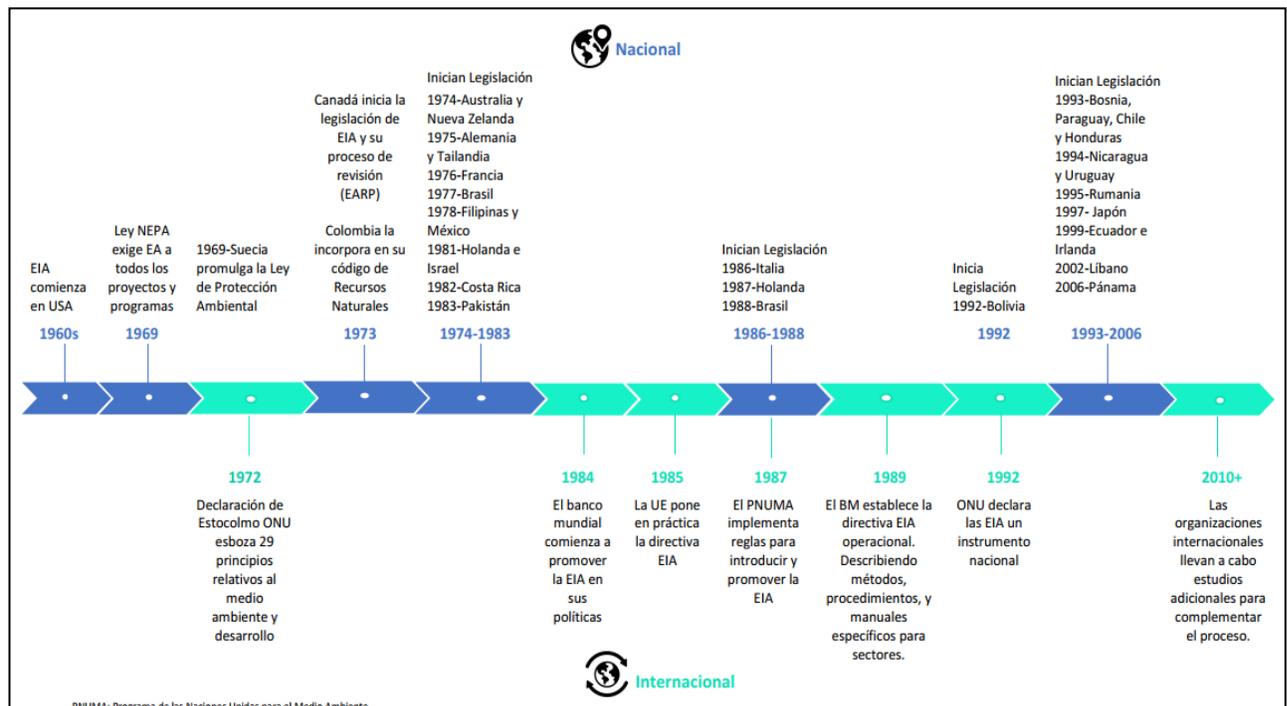


Figura 1. Línea del tiempo EIA (Modificado de IISD, 2019)

En México, el largo proceso de la implementación del instrumento ha tenido una evolución en su forma de desarrollo y cuantificación. Ha estado orientada y motivada por el propio desarrollo de los Acuerdos Internacionales, los enfoques que la comunidad internacional le daba desde su origen al ambiente y a la propia evolución de la legislación ambiental y las instituciones encargadas de su instrumentación.

Esta evolución representada en la figura 2, muestra como la perspectiva del tema fue cambiando desde su origen. Partiendo de un enfoque higienista o de salud (década de 1970). Con la aprobación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en 1971. Posteriormente con la promulgación de la Ley Federal de Protección al Ambiente, las funciones incorporadas por la Secretaría de Salud y la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (Wathern, 1988).

Pasando por un enfoque urbanista (años ochenta). Con la formulación de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), y la asunción de las funciones ecológicas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. La Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) recibió las facultades de establecer normas y coordinar el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. A partir del año de 1983, a

⁴ Banco Mundial

La EIA se concibe como un instrumento obligatorio de la Política Ambiental (Ver Anexo I) de aplicación inmediata, que evalúa las alternativas de desarrollo y orienta a la prevención del deterioro y el desequilibrio ecológico que pudiera derivar del desarrollo económico del país, ya que emplea como insumos de información y directrices fundamentales los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales y Regionales.

El proceso de EIA ha evolucionado hasta posicionarse en un instrumento de gestión ambiental de carácter preventivo, certificado bajo la norma ISO 9001:2015 (Arriaga, 2017).

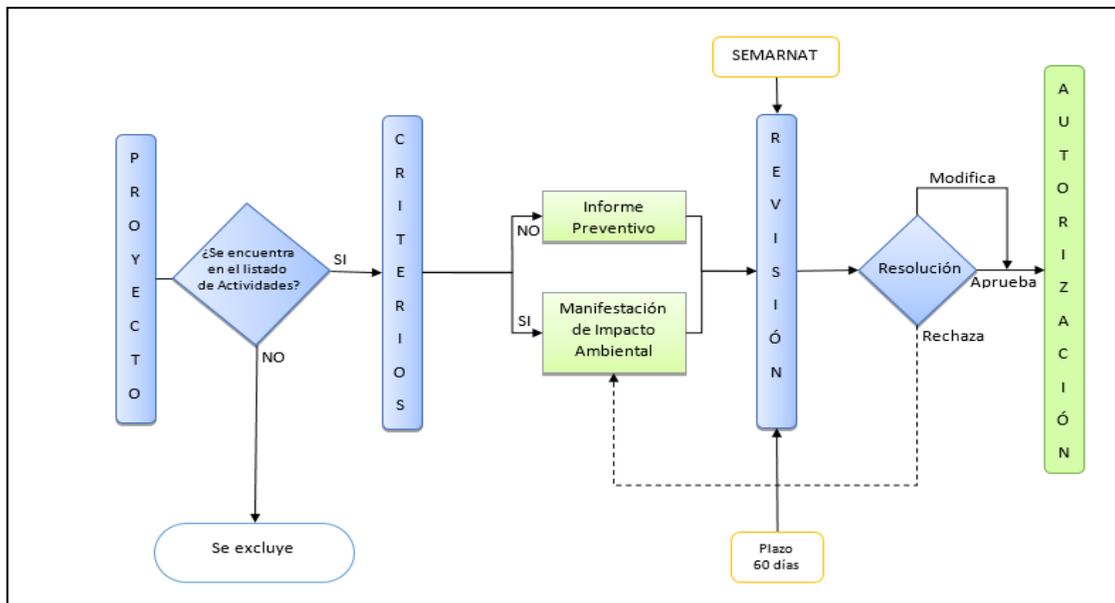


Figura 3. Procedimiento de EIA en México (LGEPA, 1988)

El desarrollo sustentable implica la incorporación de variables ambientales, sociales y económicas en todos los procesos y ámbitos de toma de decisión tanto de carácter regional y nacional como en el internacional. Por lo que ha cobrado una mayor importancia en las negociaciones internacionales de comercio, al reconocerse que los acuerdos comerciales tienen efectos sobre el medio ambiente y sobre la capacidad de gestión ambiental de los países.

Sin embargo, las evaluaciones ambientales no han sido incluidas explícitamente en los distintos tipos de acuerdos comerciales. En lo que respecta a tratados internacionales, la EIA es atendida principalmente en zonas fronterizas, la tabla 1 refleja los aspectos considerados referente a la evaluación ambiental en los distintos tratados internacionales de carácter bilateral y multilateral que ha firmado México entre los años 1983 y 1996.

Tabla 1. Tratados multilaterales y bilaterales en materia ambiental celebrados por México que incorporan la EIA

Lugar y Fecha de Adopción	Tratado	Consideraciones de la Evaluación Ambiental
La Paz, Baja California. 14-agosto-1983.	Convenio entre México y Estados Unidos sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio ambiente en la Zona Fronteriza.	Las partes evaluarán los proyectos que pueden tener impactos significativos en el ambiente de la zona fronteriza, para prevenir o mitigar los efectos ambientales adversos (artículo 7).
Guatemala. 10-abril-1987.	Convenio entre México y Guatemala sobre la Protección y Mejoramiento del Ambiente en la Zona Fronteriza.	Las partes evaluarán los proyectos de desarrollo con impactos transfronteriza y considerarán las medidas para prevenir o mitigar efectos adversos (artículo 5).
Washington, D.C. 03-octubre-1989.	Acuerdo entre México y Estados Unidos sobre la Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.	La EIA se incluye como una de las formas de cooperación (artículo 4).
Ciudad de México. 16-marzo-1990.	Acuerdo de Cooperación Ambiental entre México y Canadá	Las partes acuerdan cooperar en los temas relacionados con la EIA de proyectos de desarrollo (artículo II).
Brasilia, Brasil. 10-octubre-1990.	Acuerdo de Cooperación en materia de Medio Ambiente entre México y Brasil.	Las partes acuerdan cooperar en los temas de EIA de proyectos de desarrollo (artículo II.1).
Belmopán, Belice. 20-septiembre-1991.	Convenio entre México y Belice sobre la Protección y Mejoramiento del Ambiente y Conservación de los Recursos Naturales en la Zona Fronteriza.	Las partes evaluarán los proyectos de desarrollo que puedan tener impactos significativos en el ambiente de la zona fronteriza, y considerarán las medidas para prevenir o mitigar efectos adversos (artículo 6).
Río de Janeiro, Brasil. 05-junio-1992.	Convenio sobre la Diversidad Biológica.	Las partes realizarán la EIA de los proyectos de desarrollo, y harán los arreglos para garantizar que se tengan en cuenta las consecuencias ambientales de sus políticas y programas (artículo 14.1, a y b).
México, Ottawa y Washington. 17-diciembre-1992.	Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte.	El consejo examinará y hará recomendaciones respecto a la EIA de proyectos que puedan tener efectos transfronterizos perjudiciales (artículo 10, numeral 7, inciso a).
Ciudad de México y Washington. 16-noviembre-1993.	Acuerdo entre México y Estados Unidos sobre el Establecimiento de la omisión de Cooperación Ecológica Fronteriza y en el Banco de Desarrollo de América del Norte	Para cada proyecto con efectos ambientales, que se ubique en la zona fronteriza, como parte de la solicitud que se haga a la COCEF, los interesados presentarán una EIA (Artículo II, sección 3, inciso c).

Caracas, Venezuela. 01-diciembre-1996.	Convención Interamericana para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas.	Las partes podrán requerir las EIA de las actividades en desarrollos costeros y marinos que puedan afectar los hábitats de las tortugas marinas (Anexo II.1)
---	--	--

Fuente: (Ahumada, Pelayo, & Castañon, 2012)

2.1.4 Etapas

La EIA es un proceso preventivo, predictivo e iterativo. Su propósito es predecir los posibles impactos ambientales de una propuesta y proveer de información necesaria a los tomadores de decisión para responder adecuadamente (Brady, 2005). Este proceso ha ido evolucionando y estableciéndose bajo las exigencias legales, procedimientos y metodologías de análisis. Se compone de 5 etapas como se muestra en la figura 4 y contiene medidas de retroalimentación que son diseñadas para revisar la propuesta y reconsiderar los impactos ambientales. Las etapas de la EIA se describen a continuación, de acuerdo con la experiencia internacional se reconocen como obligatorias para su correcta aplicación como instrumento de gestión (Espinoza, 2007).

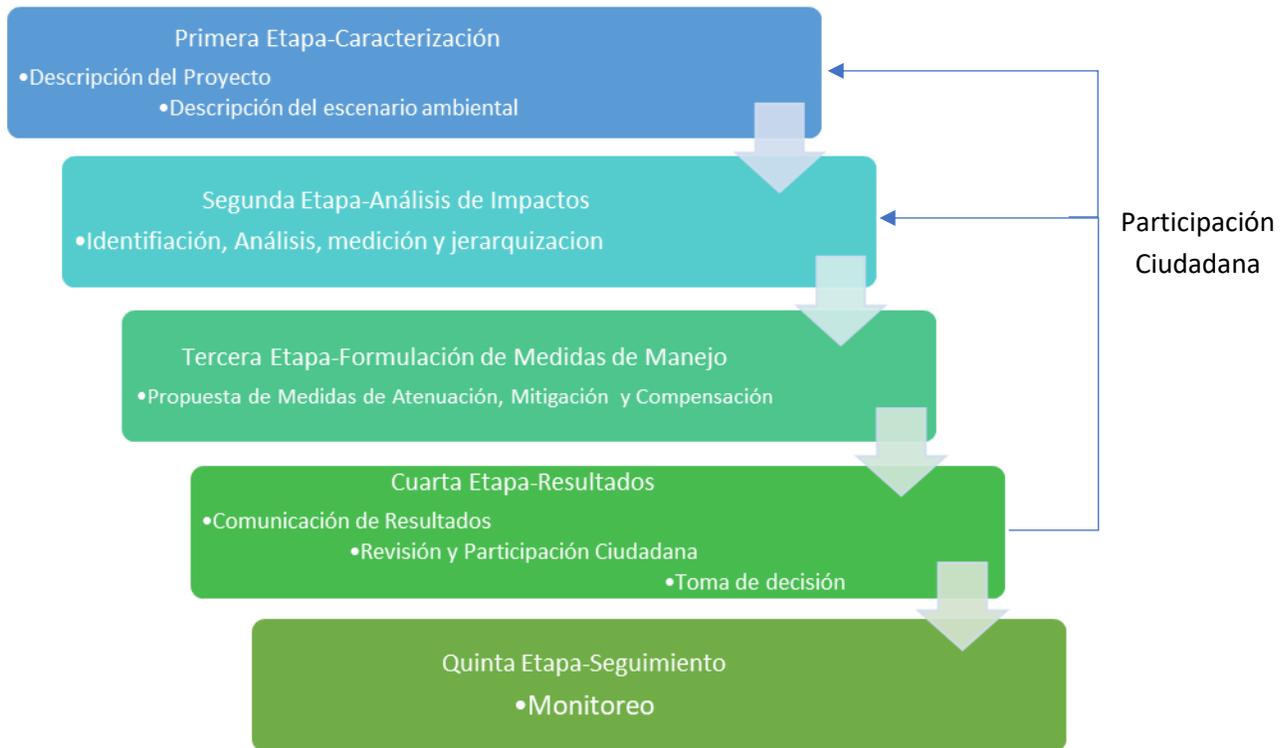


Figura 4. Proceso en etapas de la EIA (Modificado de Espinoza, 2007)

1. Primera Etapa-Characterización.

Selección y alcance, o evaluación preliminar. Desde un comienzo, en la decisión sobre la localización del proyecto se deberían incorporar los aspectos ambientales. Generalmente la propuesta de actividad llega a fase de EIA cuando casi todos los aspectos técnicos y operativos ya se han concretado de forma casi irreversible. Una evaluación preliminar proporciona la mejor oportunidad de evitar impactos significativos al

evadir localizaciones ambientalmente sensibles y seleccionar diseños y procesos que tengan un reducido efecto ambiental. La selección de áreas alternativas para el proyecto se hace equilibrando los factores económicos, técnicos, ambientales y sociales.

Descripción del proyecto y del escenario ambiental. Una vez que la forma y localización de la propuesta están determinadas se continúa con el “screening” y el “scoping”. La selección o “screening” se refiere a la deliberación de si se requiere o no una EIA, ello dependerá del tipo y tamaño del proyecto. Por otro lado, el propósito de la definición de alcances o “scoping” es de identificar las actividades que generarán los impactos que son más probables de ser significativos, y los posibles elementos ambientales que serán afectados. Una vez identificados, se realiza la descripción de las actividades y del estado actual o línea base de los componentes ambientales, mediante una revisión de datos publicados o bien realizando estudios en el área. La cobertura y extensión de los estudios requeridos se establecen en esta etapa.

2. Segunda Etapa-Análisis de Impactos.

Identificación, análisis, medición y jerarquización de los impactos significativos. Uno de los principales propósitos de la EIA es predecir los impactos ambientales de una propuesta. La evaluación consiste básicamente en tres elementos:

- Entender la condición de línea base, con el objeto de conocer como es el ambiente en ausencia de un proyecto.
- Predecir la magnitud de los impactos, con los cambios en el ambiente producidos por el proyecto. Expresados en forma cuantitativa o cualitativa. No todos los impactos ambientales pueden ser predichos exactamente y se debe considerar cierto grado de incertidumbre.
- Evaluación del grado de significancia de los impactos. Esta evaluación generalmente está basada en los cambios en la condición o la calidad del ambiente. Habitualmente se utilizan escalas de clasificación para comunicar si el impacto presenta una importancia menor, moderada o alta.

3. Tercera Etapa- Formulación de Medidas de Manejo.

Propuesta de medidas de atenuación, mitigación y compensación. En el caso que se identifiquen impactos ambientales significativos, se elaboran medidas para ejecutar las acciones de manera que los impactos negativos sean eliminados, minimizados o compensados y se revierta el daño ambiental. La aplicación exitosa surge de medidas tomadas de forma correcta y en el tiempo preciso. Para ello, normalmente se requiere de un plan escrito y diseñado especialmente para tales fines.

4. Cuarta Etapa- Resultados.

Preparación de informes y comunicación de resultados, se expresan los resultados de la evaluación en un formato adecuado a los requerimientos establecidos. El informe posee una estructura típica que ayuda al promovente en la planificación de la EIA, a los tomadores de decisiones a analizar la información y al público a entender los impactos y medidas.

Revisión, es ejecutada por autoridades gubernamentales, organismos o expertos independientes previamente acreditados, o paneles ad hoc. Permite determinar si la información es relevante, confiable en

términos de la información que entrega y la interpretación de los datos y suficiente para la toma de decisión. Verificando el cumplimiento de planes, políticas y estándares existentes.

Participación ciudadana, aspecto que se desarrolla particularmente durante la revisión de los documentos.

Toma de decisiones, donde se define la aprobación, rechazo o acondicionamiento de la propuesta.

5. Quinta Etapa-Seguimiento.

Monitoreo, consiste en medidas que permiten afirmar que las medidas de mitigación son implementadas y los impactos no exceden ciertos niveles, o bien identificar cambios no anticipados sobre componentes ambientales. Estas actividades de seguimiento a menudo son implementadas durante la fase de construcción y funcionamiento del proyecto.

2.1.5 Limitaciones

Como se puede observar, la EIA se centra en evaluar proyectos puntuales. Sin embargo, los impactos en el medio ambiente no son el producto de actividades aisladas, sino la multiplicidad de decisiones menores e independientes y su interacción. Está característica es la principal limitante del instrumento para una protección ambiental efectiva y para la integración oportuna de las consideraciones ambientales en los procesos de planeación estratégica y toma de decisión, desfavoreciendo la sostenibilidad.

Adicionalmente la EIA presenta otras limitaciones, de carácter práctico, metodológico, de gestión, entre otros. En la tabla 2 se sintetizan las principales limitaciones en las que coinciden diversos autores.

Tabla 2. Limitantes de la EIA

Aspecto	Descripción
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> • Inequidad en la calidad y cantidad de información manejada en los informes (Perevochtchikova, 2013). • Pocas alternativas incluidas. Perevochtchikova (2013). Adicionalmente, las alternativas no representan en términos reales opciones, sino variaciones sobre una propuesta. Comúnmente son autoexcluyentes por inviabilidad técnica o excesivo costo económico (VEROM, 1998). • Grandes diferencias en los enfoques, perspectivas teóricas, metodologías empleadas, técnicas y recursos utilizados en los estudios (Perevochtchikova, 2013). • Escasez de datos ambientales y conocimiento insuficiente de los ecosistemas. Gilpin, (1995), Therivel (1992 y 1995), Smith (1993) y Glasson (1995) • Las propuestas de desarrollo son reactivas y no preventivas en términos de toma de decisiones (VEROM, 1998). • No responde a preguntas estratégicas respecto a la evaluación de conjuntos de proyectos, estrategias de planeación territorial o de desarrollo económico, social e interinstitucional (VEROM, 1998). • No se ponen en su justa dimensión a los efectos sociales, económicos y estéticos (VEROM, 1998).

Metodológico o de Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente consideración de los impactos indirectos, acumulados y sinérgicos. • Inadecuada limitación espacial y plazos de ejecución y funcionamiento del proyecto para el análisis de impactos. • Falta de consideración de los impactos globales que integren objetivos de planificación estratégica. Gilpin, (1995), Therivel (1992 y 1995), Smith (1993) y Glasson (1995) • Objetividad de la evaluación (VEROM, 1998). No se enfoca hacia el Desarrollo Sostenible. Usualmente presentan un sesgo y no se consideran por igual los efectos ambientales, sociales y económicos.
Político	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia política en ciertas decisiones gubernamentales • No se consideran los intereses de todos los actores involucrados. • Falta de una ética conservacionista de algunos funcionarios o empresarios privados. • Falta de fiscalización (Zimmermann, 1992).
Gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Desinterés y falta de capacidad profesional de los consultores y tomadores de decisiones. • Falta de transparencia. • Fallas constantes en la comunicación entre sectores. Noteboom (2007), Perevochtchikova (2013) y Bond y Pope (2012). • La participación de la población durante la formulación de los estudios es casi nula (VEROM, 1998). • Falta de un sistema adecuado de leyes ambientales (VEROM, 1998).

Fuente: (Modificado de Caballero, 2007 y Espinoza, 2007)

Por todo lo anterior el instrumento ha demostrado ser incapaz e insuficiente por si solo de garantizar la sustentabilidad ambiental (Sadler, 1999). Tras evaluar las actuaciones de la EIA, tanto en sus logros como en sus fallas y limitaciones, surge la EAE (Ahumada, Pelayo, & Castañón, 2012).

2.2 Evaluación ambiental estratégica

2.2.1 Definición

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) consiste en aplicar los principios de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) a políticas (ambientales y no ambientales), planes (sectoriales y espaciales) y programas de acción ya establecidos y propuestos (Clark, 1996).

Sadler y Verheem (1996), definen la EAE como el proceso sistemático de estudiar y anticipar las consecuencias ambientales de las iniciativas y sus alternativas desde la fase de formulación. Con el objetivo de incorporar el criterio ambiental como elemento de decisión en todos los sectores y grados de planificación, al mismo nivel que los criterios económicos y sociales.

El propósito de la EAE es que las conclusiones del estudio faciliten y den soporte a la toma de decisión de iniciativas que mejor se ajusten a los principios de sustentabilidad ambiental. Lo que permitirá que estos principios permeen hasta el último nivel de la planeación y sean incorporados en las bases de diseño de los proyectos respectivos, que serán materia de la EIA (Ahumada, Pelayo, & Castañón, 2012).

2.2.2 Antecedentes

La EAE es un proceso emergente que complementa la forma tradicional de EIA de proyectos. Se inicia con el propósito de superar ciertas limitaciones propias de la evaluación y posteriormente se busca fortalecer la gestión ambiental. Russell (1995), menciona que las principales razones de su aplicación son las siguientes:

- I. Limitaciones y enfoque de la EIA. Actualmente se reconoce que la EIA, por sí sola, no es suficiente como mecanismo de gestión ambiental y no es capaz de garantizar la sustentabilidad. Debido a que su alcance preventivo se asocia a la etapa relativamente tardía en la que se aplica la toma de decisiones. Adicionalmente no se consideran alternativas, ya sea de lugar o de proceso, no se aborda el carácter dinámico de las interacciones entre medio ambiente y desarrollo, y se descuidan los impactos acumulativos que los futuros proyectos deben considerar como limitantes o como condiciones restrictivas a su desarrollo.
- II. Deficiencia en Planes de Desarrollo. Muchas personas admiten hoy que los planes de uso territorial y los planes sectoriales son débiles, ya que no toman en cuenta las limitaciones ambientales.
- III. Presión Internacional. Diversos organismos internacionales y especialmente el Banco Mundial, presionan para que se introduzcan mecanismos destinados a garantizar prácticas productivas y de desarrollo más sustentables, y se cree que la EAE es una de las herramientas más poderosas para lograrlo.

Los principales periodos del desarrollo de la EAE son:

- a) Formativa (1969-1988), tiene sus antecedentes en la EIA. Se remontan a la primera Acta Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act, NEPA) de Estados Unidos en 1969, la cual exigió que se hicieran informes sobre las consecuencias ambientales de acciones federales o de actividades que requirieran permisos o autorizaciones federales. Sin embargo, el rol y ámbito de la EAE era limitado.
- b) De formalización (1989-2000), durante este periodo, el sistema de EAE fue instituida por un número creciente de países, y se volvió un proceso más diversificado. Iniciando con Canadá en 1990, seguido por Holanda, Australia, Finlandia, Nueva Zelanda, Dinamarca, Reino Unido, entre otros, y organizaciones internacionales como el Banco Mundial en 1989.
- c) De expansión (2001 hasta la fecha), la EAE aparece en el umbral de la adopción generalizada y futura consolidación como resultado del desarrollo legal y político internacional.

En la historia evolutiva de la evaluación ambiental dentro del proceso de la toma de decisiones, la EIA se reconoce como la primera generación, la EAE se considera el paradigma de segunda generación y la tercera es el uso e integración de estos instrumentos para dar mayor certidumbre a la sustentabilidad ambiental. La tabla 3 condensa 35 años de la historia de la EIA y la EAE, y las técnicas y prácticas empleadas en su aplicación descritas por (Scoot).

Tabla 3. Breve historia de la EIA y la EAE

Año	Uso	Técnicas y Prácticas
1960s	Evaluación de proyectos basada en consideraciones técnicas/ingenieriles/económicas.	Atención limitada a consecuencias ambientales y sociales.
1970s	<ul style="list-style-type: none"> • NEPA introduce la evaluación ambiental. • Varios países adoptan la EIA-Canadá, Australia, Nueva Zelanda. 	Métodos estándares de EIA desarrollados. Por Ejemplo: Matriz de Leopold.
1980s	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de EIA en países en desarrollo • Banco Mundial adopta la EA • Directrices de EIA introducidas en la Comunidad Europea • Comienzos de la EAE 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación Impacto Social, Análisis de riesgo introducida. • Mejoramiento de modelos y análisis • Comienza la comercialización de servicios de Evaluación Ambiental.
1990s	<ul style="list-style-type: none"> • EAE firmemente establecida • Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas de SIG maduran • Mayor inclusión del involucramiento ciudadano
2000	<ul style="list-style-type: none"> • Continúa la Evolución de la EAE y la Evaluación de sustentabilidad • Directrices de EAE introducidas en la Comunidad Europea • Introducción de la EIA en el ámbito financiero 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento en los alcances de la EIA • Consideraciones de temas globales. Por ejemplo, cambio climático. • Clara adopción de lineamientos consultivos y de involucramiento ciudadano.

Fuente: (Scoot)

2.2.3 Situación actual en México

Después del año 2000 la EIA comienza a cobrar una mayor relevancia y se abre el reto de continuar con el siguiente, la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), el siguiente paso sería instrumentar la evolución de la EIA en México, proceso que requiere de ajustes no solo en los mecanismos de operación de la EIA, sino también de ajustes al marco regulatorio que determine claramente alcances y ámbitos de competencia (Arriaga, 2017).

A pesar de que el artículo 32 de la LGEEPA fue reformado el 13 de diciembre de 1996, fue el 30 de mayo del año 2000 cuando se publicó su nuevo Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (REIA), mismo que especificó en su artículo 11, fracción II, que se requiere la presentación de la manifestación de impacto ambiental modalidad regional (MIAR) para evaluar un conjunto de obras o actividades incluidas en un PDU⁵ o POET⁶.

⁵ PDU: Programa parcial de desarrollo urbano

⁶ POET: Programa de ordenamiento ecológico del territorio

Con base en estos ordenamientos se realizó una revisión y análisis sobre los proyectos evaluados durante el periodo 2000-2009 por la SEMARNAT, en donde se encontró que fueron sometidos al procedimiento de evaluación de impacto ambiental (PEIA) 14 866 proyectos mediante la presentación de la MIA-P⁷, y 1 277 mediante la MIA-R⁸; de estos últimos, solo cuatro se evaluaron en los términos previstos por el artículo 32: el Plan Parcial de Desarrollo Urbano Sustentable del Cañón de Huajulco 2002-2020; el Plan Parcial de Desarrollo Urbano Turístico Punta Mita; el Plan Parcial de Desarrollo de la Pesca, y el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial para el Municipio de Coatzacoalcos. Esta situación indica que la aplicación del PEIA se concentra en proyectos específicos y que actualmente existe una carencia importante de la consideración formal de la variable ambiental en los niveles de decisión estratégicos (planes y programas).

Dalal-Clayton y Sadler (1999) argumentan que es necesaria la implementación de la EAE para avanzar en la agenda de sustentabilidad ambiental. En este sentido, la SEMARNAT ha reconocido desde hace más de quince años las limitaciones de la EIA y ha estado explorando el esquema de incorporación de la EAE. Además, considera relevante revisar la normatividad aplicable al PEIA para dar cabida a la EAE y se compromete a desarrollar metodologías para su aplicación. (Semarnat, (2000); Semarnat, (2006)).

La experiencia internacional, muestra como rasgo distintivo que cada país ha generado su propio instrumento. Tal condición lleva rápidamente a concluir que México debe crear su propio instrumento. Ahumada, Pelayo, & Castañón, (2012) proponen un esquema general que consideran debe ser reglamentado en la LGEEPA, esquematizado en la figura 5. El procedimiento de evaluación ambiental estratégica para su instrumentación en México se basa en las adecuaciones pertinentes al caso nacional, de la Ley 9/2006 del 28 de abril de España, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

Para fines de su propuesta, se consideran las actuaciones en el Procedimiento de EAE (PEAE), por parte de la dependencia, entidad promovente y de la autoridad ambiental. Bajo ese esquema, el PEAE se desarrolla en siete fases, que a su vez se disgregan en etapas para una mayor comprensión.

⁷ MIA-P: Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Particular

⁸ MIA-R: Manifestación de Impacto Ambiental modalidad Regional

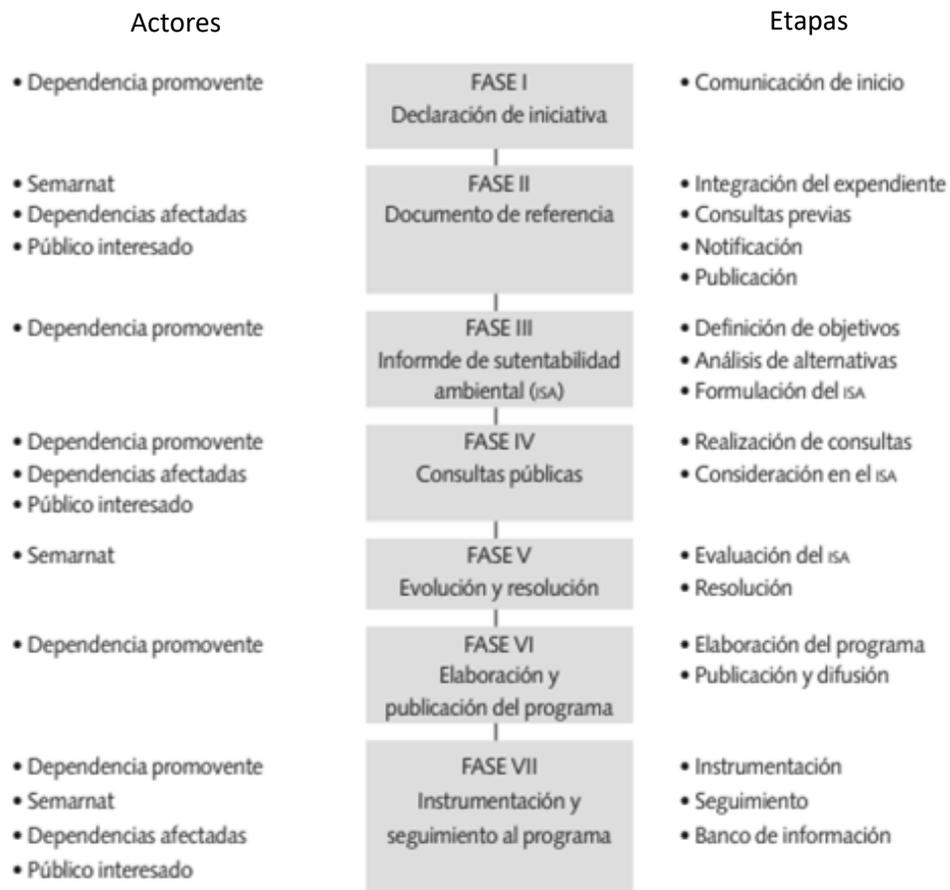


Figura 5. Procedimiento de EAE para su instrumentación en México. (Ahumada, Pelayo, & Castañón, 2012)

2.2.4 Situación actual en el Mundo

Actualmente, los sistemas de EAE se llevan a cabo en más de 25 países y jurisdicciones provinciales o estatales con jurisdicción legal o administrativa. Las disposiciones que establecen un procedimiento formal de evaluación ambiental estratégica incluyen: Australia, Bulgaria, Canadá, China (región administrativa especial nacional y de Hong Kong), República Checa, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos, Noruega, Polonia, Eslovaquia, Reino Unido y Estados Unidos (federal y California). Así mismo, varios países en desarrollo están adquiriendo experiencia en EAE como resultado de procedimientos de EA regionales y sectoriales establecidos por el Banco Mundial (Clayton & Sadler, 2005).

Hay múltiples experiencias en lo referente a la utilización de EAE en PPP's. Al tratarse de un instrumento flexible por naturaleza, las bases legales e institucionales de los sistemas de evaluación varían en cada país; incluyendo el marco legislativo, político, institucional, de procedimientos y de metodologías sobre el cual se desarrolla.

Aunque en teoría la EAE es multi y transectorial, la experiencia internacional es más abundante en sectores determinados, tales como la energía, el transporte, residuos y agua, y en planes espaciales o de uso del suelo. Por otra parte, si bien la EAE sirve en cualquiera de los procesos de gestión pública, en los de planificación

pareciera haber mayor experiencia acumulada, en particular en el ámbito de la planificación física o territorial. Dicha experiencia se ha vertido en los procesos de formulación de planes de usos del suelo, ya sean de carácter urbano o regionales (Caballero, 2007).

A continuación, en la tabla 4 se describen ejemplos de aplicación a PPP's en las que se trabaja a nivel mundial.

Tabla 4. Ejemplo de algunas aplicaciones de EAE mundiales

País	Categoría	Título
Bélgica	Transporte	Valoración del corredor entre Antwerp – Róterdam
	Uso de tierra – agricultura	Plan de realojamiento
Dinamarca	Uso de tierra	Plan nacional de uso de tierra
Finlandia	Transporte	Parte final del “triángulo nórdico”
	Gestión de residuos	Plan nacional de la gestión de residuos
Francia	Uso de tierra – planeación urbana	Plan municipal de uso de tierra de Rennes
	Industria extractiva	Zonas especiales de cantera en Yvelines
Irlanda	Desarrollo regional	Plan irlandés nacional de desarrollo (1994-1999)
Italia	Uso de tierra – planeación	Plan municipal manejo de uso de tierra en Arvier, Valle de Aosta
Países bajos	Gestión de residuos	Tercer plan de gestión de residuos provincial de Gelderland
	Gestión de agua potable	Plan de política de suministro de agua para beber
	Vivienda	Selección de área residencial en Zaanstad
	Energía	Estructura del esquema de suministro eléctrico
Portugal	Desarrollo regional	Plan nacional de desarrollo (1994-1999)
Suecia	Transporte	Acuerdo “Dennis” (transporte urbano)
	Energía	Plan energético Alingsas
	Uso de territorio	Plan municipal de uso de tierras de Korsta – Petersvik
Eslovenia	Transporte	Política de transporte, introducción vías alta velocidad Eslovenia
España	Gestión de agua potable	Planes Hidrológicos de Cuenca

Fuente: Modificado de (European Commission, 1994)

Como se observa en la tabla 4 la aplicación de EAE es muy diversa. Sin embargo, en la mayoría de los países no se incluye legalmente y solo se aplica por interés del país o de la comunidad.

2.2.5 Etapas

Existe un amplio consenso con relación a que el PEAE debe ser desarrollado con elementos clave que lo guíen y adaptado al contexto en que opera; es decir, a las condiciones de demanda, el marco legal y las realidades institucionales de cada país.

Por ejemplo, en la figura 6 se aprecia el proceso descrito en el Manual de la EAE de la Unión Europea, como un proceso secuencial de 7 pasos.

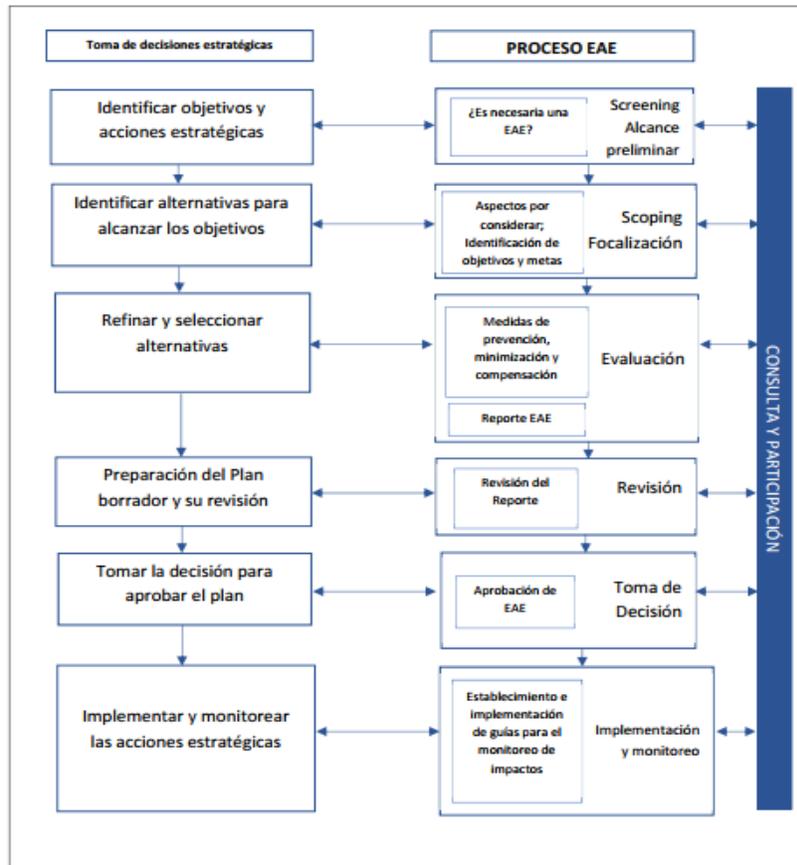


Figura 6. Etapas de la EAE y paralelismo en la toma de decisiones (European Commission; DG TREN, 2005)

A pesar de las variaciones, diversos autores han llegado al consenso que el PEAE⁹ consiste en 5 etapas, detalladas en la tabla 5.

Tabla 5. Detalle de las Etapas de EAE

Etapa	Pasos de EAE	Técnicas o Metodologías empleadas en cada etapa
1	Estudio de condiciones de base	a) Reportes y documentos similares al PPP b) Marco o stock medioambiental c) Línea de base, todos los indicadores ambientales y socioeconómicos.
2	Investigación: Ámbito/alcance	d) Listas de chequeo formales/informales: Listas de efectos potenciales que relacionan las acciones evaluadas y sus impactos. e) Examinar y comparar casos similares f) Red de efectos: Son útiles para comprender, explicar y representar las relaciones indirectas en las PPP's y el territorio

⁹ Procedimiento de Evaluación Ambiental Estratégica

		g) Consulta pública a expertos. Ejemplo, técnicas tipo Delphi etc.
3	Definición de opciones	<p>h) Históricos: Datos que provienen de ejemplos anteriores similares de PPP's.</p> <p>i) Políticas, estrategias y estándares ambientales</p> <p>j) Precedentes de compromisos previos: Acuerdos entre las partes involucradas.</p> <p>k) Planes regionales/locales</p> <p>l) Valores públicos y referencias: Limitantes sociales hacia modificaciones del entorno.</p>
4	Análisis del impacto	<p>m) Desarrollo de escenarios: La técnica de <i>escenarios comparados</i> se fundamenta en la aplicación de las conclusiones obtenidas tras la observación y seguimiento de casos y situaciones comparables, donde se han ejecutado PPP's similares.</p> <p>n) Valoración del riesgo</p> <p>ñ) Indicadores y criterios ambientales</p> <p>o) Matrices de impacto: Relacionan las propuestas de las PPP con sus impactos conexos sobre el medio ambiente</p> <p>p) Modelos predictivos y de simulación</p> <p>q) Análisis GIS capacidad/hábitat/mapas</p> <p>r) Análisis costo beneficio y otros: Es el proceso de colocar cifras monetarias a los diferentes costos y beneficios de una actividad.</p> <p>s) Técnicas de valoración</p> <p>t) Análisis multicriterio</p>
5	Documentación para la toma de decisiones	<p>u) Matrices cruzadas: Relacionan actuaciones con impactos</p> <p>v) Análisis de consistencia: Analiza tipo y calidad de datos de entrada para realización de la EAE.</p> <p>w) Análisis de sensibilidad: Verifica la correcta interpretación de los datos mediante pequeñas variaciones en los datos de entrada.</p> <p>x) Árbol de decisiones: Enumera la importancia de los resultados y los clasifica y enumera para dárselos al tomador de decisiones de manera ordenada y secuencial, según la importancia de las afectaciones de los impactos al medio ambiente.</p>

Fuente: (Sadler y Verheem, 1996 y Nilsson y col. 2001)

2.2.6 Ventajas y limitaciones

La principal limitación para poder llevar a cabo el PEA, es la existencia de un marco legislativo regulado por el país o comunidad en cuestión, el cual, de soporte a este tipo de valoración ambiental. Como ya se ha descrito, la EAE está íntimamente ligada al procedimiento de planeación lo cual genera ventajas y desventajas cuando se toma en cuenta el desarrollo sostenible (ver tabla 6).

Tabla 6. Ventajas y desventajas de la EAE

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Marco de referencia temprano en el proceso de planificación – su aplicación temprana en el proceso de planificación puede evitar problemas en la aprobación de proyectos individuales, permitiendo un proceso de planificación más dinámico e inclusivo. • Permite cumplir con lineamientos y políticas gubernamentales – la EAE puede asistir en la focalización de políticas y su puesta en práctica. • Facilita la toma de decisión informada e integrada – la EAE puede asegurar el suministro de una amplia gama de información a los tomadores de decisión para el análisis de varias alternativas, opciones y resultados. • Promueve la responsabilidad hacia el público – incorporando un proceso de consulta pública como parte del desarrollo de la EAE, la confianza pública puede ser realizada en cuanto a cómo las decisiones son tomadas. • Evita errores costosos y oportunidades desaprovechadas – la EAE puede capitalizar sobre experiencias anteriores (qué funciona o no) e identificar opciones que de otra manera pudieron no ser obvias. • Mejora la coordinación gubernamental – a menudo la toma de decisión es fragmentada por varios departamentos y responsabilidades gubernamentales. La EAE puede mejorar la comunicación entre departamentos gubernamentales, identificar oportunidades para la sinergia y evitar áreas de conflicto. • Establece reglas claras para proponentes y mejora el proceso de EIA – proponentes buscan reglas claras con respecto a decisiones a nivel de proyecto y buscan entender el marco de referencia superior a nivel de política y planificación en el cual su proyecto es aprobado o no. • Entrega una comprensión mejorada de los efectos acumulativos y alternativas de una amplia gama de proyectos y actividades – aunque los efectos acumulativos pueden ser tratados a nivel de proyectos, es algo ineficaz porque no considera implicaciones superiores de política y planificación. La EAE puede asistir en identificar impactos de nivel macro y alternativas de proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo proceso, poco común en América del Sur – ha existido un uso limitado de la EAE en la región; el proceso de incorporación ha sido motivado por agencias de financiamiento internacional (por ejemplo, Banco Mundial) (Dalal Clayton y Sadler 2005). • Necesita una dedicación de tiempo y recursos – la EAE requiere términos de referencia claros, recursos asignados e individuos capacitados. Esto no es a menudo el caso. • Capacidad institucional – muchas instituciones requieren o están recibiendo entrenamiento en cómo aplicar la EAE; pocos tienen experiencia. • Coordinación con el proceso de aprobación del proyecto – los resultados de la EAE deben ser integrados en el proceso de aprobación del proyecto, enfocado en gran parte en el nivel de proyecto. • Puesta en práctica en el proceso de toma de decisión político – los resultados de la EAE deben ser integrados en el proceso de toma de decisión político, la cual puede tener una agenda distinta. • Puesta en práctica en terreno – las recomendaciones estratégicas de la EAE a nivel local se deben implementar con instituciones locales, que pueden o no haber estado involucradas en el proceso de EAE. Llegar de la teoría a la práctica es a menudo difícil. • Aceptación por el sector privado – el sector privado ha aceptado la EIA, pero puede ver a la EAE como una herramienta para colocar restricciones en la colocación de capital privado, reducir ventajas competitivas de las empresas, o poner freno al desarrollo.

Fuente: (Scoot)

2.3 La cuenca como unidad territorial

Esta sección se centra en la descripción útil de los conceptos necesarios para la Evaluación Ambiental por Cuencas: la naturaleza jerárquica de los procesos, externalidades ambientales, indicadores ambientales y la importancia de la cartografía y SIG.

La cuenca hidrológica superficial: “Es la superficie terrestre drenada por un sistema fluvial continuo y bien definido cuyas aguas vierten a otro sistema fluvial o a otros objetos de agua, y sus límites están generalmente determinados por la divisoria principal según relieve” (González, 2000).

La cuenca también se define como el espacio que permite organizar las actividades humanas conociendo las estructuras sistémicas que la conforman y comprendiendo las relaciones espaciotemporales, que la determinan. Los componentes de la cuenca son los elementos naturales bióticos y abióticos, condicionados por características geográficas (latitud, altitud), geomorfológicas (tamaño, forma, relieve, densidad y tipo de drenaje), geológicas (orográficas, volcánicas y sísmicas), demográficas, y los de generación antrópica que pueden ser de carácter socioeconómico y jurídico-institucional.

La particularidad e importancia de la cuenca hidrológica superficial, como unidad de planificación y desarrollo, radica fundamentalmente en que la cuenca reúne condiciones de unidad geográfica natural muy específica y propia que solo ella posee. Entre estas características están: su carácter de independencia relativa, por sus límites naturales bien definidos; sus componentes y su dinámica funcional integrada, funcionando como sistema proveedor de insumos, dinamizador de procesos y productor de bienes y servicios.

Algunos de los servicios ambientales que ofrece una cuenca son: de soporte (biodiversidad, polinización, control biológico, ciclo de nutrientes), de provisión (materias primas), de regulación (de agua, y captura de gases de efecto invernadero) o culturales (belleza escénica y recreación) que hacen posible el desarrollo de actividades complementarias y compatibles como el turismo, la pesca, entre otros. Las funciones principales de las cuencas hidrológicas se clasifican en ecológicas, sociales y económicas, detalladas en la tabla 7.

Tabla 7. Funciones de las Cuencas Hidrográficas

Funciones Ecológicas	Funciones Sociales	Funciones Económicas
Hábitat	Bienes y servicios a la comunidad	Productos silvoagropecuarios
Paisaje y recreación	Producción de alimentos	Producción de agua con fines hidroeléctricos y de riego
Biodiversidad	Materiales dendroenergéticos	Generación de agua potable
Conservación de suelos y aguas	Patrimonio cultural	
Regulación del ciclo hidrológico	Unidad territorial	

Fuente: (Gómez, 2014)

2.3.1 Naturaleza jerárquica de los procesos

Las cuencas constituyen un sistema complejo, debido a que contienen una variedad de componentes, niveles jerárquicos, alta intensidad de interconexiones y no linealidades. Es un sistema dinámico, interrelacionado, gobernado por procesos de retroalimentación, auto organizado, adaptativo y contra intuitivo, resistente a las políticas y dependiente de la historia, por lo que es imposible gestionar y solucionar problemas ecosistémicos manipulando sólo un elemento (el agua). El entendimiento de los procesos que estructuran y controlan la dinámica ecológica de los ecosistemas es crucial para definir criterios y referencias de sustentabilidad ecológica.

La naturaleza jerárquica es un aspecto fundamental que caracteriza a los procesos ecológicos, dentro de la jerarquía, en un extremo tenemos procesos bioquímicos como la fotosíntesis o la respiración celular que operan a escalas de unas cuantas micras y toman segundos en ocurrir. En el otro extremo tenemos procesos geológicos como la formación de montañas y la deriva continental, que ocurren a escalas regionales y globales y operan en períodos de cientos de miles y millones de años. En medio tenemos procesos fisiológicos como la digestión, ocurren a una escala de cm^2 y en períodos de horas, y procesos ecológicos como la dispersión de semillas o el reciclaje de nutrientes, que operan a escalas espaciales de hectáreas y km^2 y que toman días o años en ocurrir. Muchos de estos procesos, representados en la figura 7, están directa o indirectamente relacionados entre sí, operan de manera simultánea y de forma anidada, incluso pueden estar anidados a más de dos escalas (O'Neill, et. al. 1986). Ignorar este carácter trae consigo serios problemas de manejo, limitando la sustentabilidad.

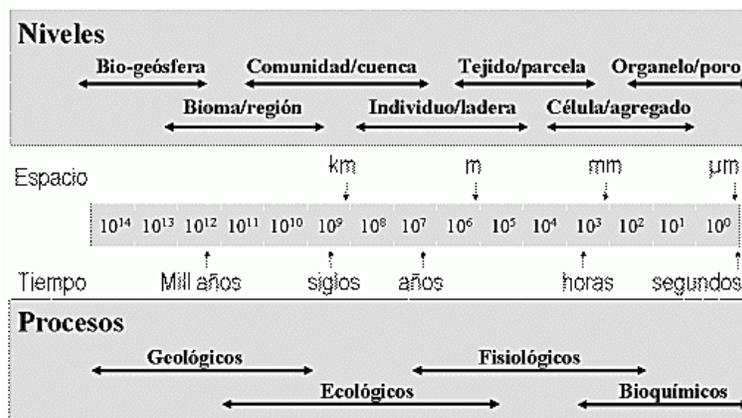


Figura 7. Naturaleza jerárquica de los procesos en los ecosistemas (Modificado de Osmond et al. 1980.)

Nuestro entendimiento de la dinámica funcional de los ecosistemas es aún muy limitado, particularmente en lo que concierne a los efectos de escala. Por ejemplo, poco se sabe sobre el impacto que tiene una perturbación humana sobre el ecosistema, cuando ésta se da a diferentes escalas y espacios temporales. No es lo mismo talar un árbol que 100 hectáreas de bosque. Tampoco tiene el mismo efecto quemar una parcela agrícola un par de años, que hacerlo año con año durante 3 décadas. Tradicionalmente los estudios ecológicos se realizan a escalas espaciales y temporales muy pequeñas (en unos cuantos m^2 y durante 2 o 3 años), mientras que el manejo de cuencas hidrográficas generalmente opera a escalas mucho mayores (por décadas y cientos de km^2).

La importancia que tiene entender el factor de escala radica en el momento de diseñar e implementar estrategias de manejo de ecosistemas, tanto naturales (ejemplo, las cuencas) como transformados. Hatton, et al., (2002), plantean que el tiempo que tarda un ecosistema en responder a los programas de manejo varía dependiendo de la escala en la que se da este manejo. Así, por ejemplo, ante el impacto de la deforestación el régimen hidrológico de una cuenca puede observarse en unos cuantos años si se trata de una cuenca local (unas cuantas hectáreas). Sin embargo, tratándose de una cuenca regional (de cientos de miles de km²), los efectos de la deforestación pueden tomar cientos de años en manifestarse.

Stanford y Pool (1996) proponen que el programa de manejo de un ecosistema comienza con una evaluación y síntesis del conocimiento de base sobre los procesos que estructuran y mantienen funcionando al ecosistema. Esto permite definir el ecosistema; se identifican claramente qué procesos ecológicos y qué componentes del ecosistema son los más relevantes en el control y/o mantenimiento de la integridad estructural y funcional del mismo y, por tanto, deben ser incorporados al esquema de manejo. La identificación de los componentes más relevantes de una cuenca es parte de la EAC, y se describe más adelante.

2.3.2 Externalidades

El concepto de externalidad ambiental es muy importante para la EAC y su gestión integral, debido a que los actores las utilizan en la priorización y ejecución de proyectos de desarrollo sostenible. La presencia de externalidades revela fallas del mercado y son causa fundamental de divergencia entre el bienestar social y el privado, lo cual significa que algunos se benefician a costa del bienestar del resto (Moreno & Renner, 2007).

Una externalidad existe cuando se dan dos condiciones:

- El bienestar de un individuo se ve afectado por variables cuyas magnitudes son decididas por otras unidades económicas sin consideración alguna por los efectos que causan sobre los demás.
- El individuo que recibe o sufre externalidades no tiene control sobre las variables elegidas por el agente que las origina, por la simple razón de que esas variables no tienen un valor de cambio o de mercado explícito, es decir, precio.

La externalidad es, entonces, la respuesta de un individuo a las consecuencias externas de las decisiones de otros. Tal respuesta puede significar la modificación de su conducta. Como estas interacciones no operan a través del mercado, los beneficios o costos que ellas provocan no tienen un valor de mercado.

Las externalidades pueden ser positivas o negativas:

- Externalidad positiva: se produce cuando las acciones de un agente aumentan el bienestar de otros agentes de la economía. Este beneficio puede ser confort, mejorando la calidad de vida, económico por generación de empleo, revalorización de bienes, etc.
- Externalidad negativa: se produce cuando las acciones de un agente reducen el bienestar de otros agentes de la economía. Las afectaciones pueden provocar daños a la salud, de desempleo, elevación de gastos, afectaciones a la productividad, etc.

Muchos problemas ambientales se deben a externalidades donde se afectan sobre todo los bienes ecológicos que no tienen dueño, como por ejemplo los terrenos públicos, los cursos de agua, o el aire.

Una externalidad ambiental se define como el efecto sobre la calidad del medio ambiente o impacto ambiental (positivo o negativo) causado por el desarrollo de una determinada actividad económica, pueden darse en el consumo, en la producción o en ambos.

Se consideran externalidades ambientales: la erosión y sedimentación, las pérdidas en cantidad y calidad del agua, la contribución al cambio climático, la degradación de la capa de ozono, la liberación de tóxicos o pesticidas, la contribución a la reducción de la biodiversidad, el calentamiento y/o la contaminación del agua, la acumulación de residuos, [ete-entre otros](#)

Dicho impacto y su efecto sobre el bienestar social, al ocurrir fuera del mercado, escapa del sistema de precios prevaleciente y puede ameritar regulación para que el agente individual “internalice” en sus decisiones la totalidad de los efectos que su actividad tiene sobre el bienestar social (Acquatelle, Jean 2000).

Se define como internalización de externalidades al proceso por el cual los precios de mercado incorporan y reflejan los costos ambientales, la escasez y el valor real del uso de recursos. Es indispensable para mejorar las condiciones para un desarrollo sustentable corregir las fallas existentes en los procesos de integración entre las políticas económicas y ambientales.

Una de las formas de internalizar las externalidades ambientales asociadas a una cuenca, es controlando las actividades que se desarrollarán tanto en la cuenca como en sus áreas de influencia. Para poder gestionar dichas actividades es necesario conocer (entre otros) el estado actual de la cuenca para identificar las zonas impactadas y poder sustentar la toma de decisiones.

2.3.3 Indicadores ambientales

Un indicador ambiental, según la OCDE, es un parámetro o valor derivado de parámetros que proporciona información para describir el estado de un fenómeno, ambiente o área. Sin embargo, uno de los mayores obstáculos que enfrenta el desarrollo sustentable es la falta de indicadores para su correcta medición. Debido a que los indicadores empleados para cuantificar no tienen un denominador común ni hay fórmulas de conversiones universales. Por lo que el crecimiento económico se mide con indicadores económicos, la equidad se determina con parámetros sociales y la sustentabilidad ambiental se establece en términos físicos y biológicos (Dourojeanni, 2000).

Existe una gran variedad de parámetros que pueden utilizarse como indicadores en función del tipo de evaluación que se esté llevando a cabo. Por lo que, cuando se realiza una selección de indicadores, se debe considerar lo siguiente: índices que sean medibles y fáciles de cuantificar, preferentemente aplicables sobre un rango de diferentes ecosistemas, sistemas económicos y sociales. La recolección de datos debe ser fácil y de bajo costo, representativos del ecosistema estudiado, que ofrezcan una visión clara de los cambios y la situación actual de la cuenca, los recursos naturales, las presiones que lo afectan y considerando la disponibilidad de la información cartográfica.

Para la selección de Indicadores es necesario realizar una investigación documental en fuentes primarias y secundarias de las diversas alternativas de indicadores y sus enfoques, se debe considerar que algunos indicadores están diseñados bajo principios como el precautorio o el estándar mínimo seguro, con orientaciones políticas y para periodos de análisis de corto o largo plazo. El enfoque y orientación del indicador debe concordar con los objetivos de estudio.

A continuación, se enlistan los índices más representativos del desarrollo sustentable:

- **Índice de sostenibilidad ambiental.** Desarrollado por Yale Center for Environmental Law and Policy y Yale University y el Centro for International Earth Science Information Network, Columbia University, 2005. El índice está formado con orientación política y de corto plazo, integra 76 variables (relacionadas con niveles de contaminación, cualidades de los recursos naturales, entre otros) en 21 indicadores agrupados en cinco categorías: Sistemas ambientales, reducción de tensiones ambientales, reducción de la vulnerabilidad a tensión ambiental, capacidad social e institucional a responder a desafíos ambientales, administración global.
- **Indicadores de presión ambiental.** Desarrollados por la Unión Europea (European Comision et. al. 1999) para medir la presión ambiental, concepto tomado del modelo Fuerza Conductora-Presión Estado-Impacto-Respuesta. Contiene 60 indicadores de la presión de las actividades del hombre al ambiente en 10 campos de política, considera problemas de contaminación del aire, cambio climático, biodiversidad, dispersión de sustancias tóxicas, entre otras.
- **Indicadores de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas.** Presentados como parte de un reporte final del Programa de Trabajo en Indicadores de Desarrollo Sostenible en 2001 (UN, 2001) y con la finalidad de emplearlos en los procesos de decisión a nivel nacional. Se determinaron 57 indicadores basados en temas (estructura económica, patrones de consumo y producción, atmosfera, tierra, océanos, mares y costas, agua dulce, biodiversidad, entre otros), que representan el balance entre los temas de desarrollo sostenible y el desarrollo de política nacional, implementación y necesidades de evaluación.
- **Índice de Bienestar Económico Sostenible (IBES).** Desarrollado por Hernan Daly y John Coob 1989, el cual es un índice integrado de desarrollo económico compuesto por una lista de valores económicos.
- **Indicador de Progreso Genuino (IPG).** Desarrollado por Redefining Progress (Cobb et. al. 1995), valora el progreso económico, ajustado por efectos de distribución de ingreso, costos de movilidad y contaminación y el agotamiento de capital social y natural. (Arbeláez & Fabio, 2006)
- **Indicadores para el desarrollo sustentable del sector forestal, (FAO, 2002).**
- **Indicadores Internacionales-Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA):** Es un conjunto de 41 indicadores incluidos dentro del SNIA corresponden a las iniciativas de organismos internaciones en las que México participa, destacando la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC), los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y los Indicadores Ambientales de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Están distribuidos en seis áreas temáticas: diversidad biológica, gestión de recursos hídricos, vulnerabilidad de asentamientos humanos y ciudades sostenibles, temas sociales, y aspectos económicos (SEMARNAT, 2012).

2.3.4 Cartografía y sistemas de información geográfica

La cuenca como unidad territorial está caracterizada por aspectos: topográficos, de precipitación, temperatura, tipos de suelos y rocas, usos de suelo, ecosistemas, actividades productivas, de vocación del suelo, división política, ubicación y características de las poblaciones humanas, entre otros. Estas características deben estar inventariadas y disponibles en cartografía que permita conocer su ubicación espacial; para ello los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen la posibilidad de analizar e interpretar los datos en el espacio y a través del tiempo. Los datos obtenidos del análisis pueden presentarse en mapas y ofrecen una visión integral y territorial de los datos (localización geográfica, y características temáticas).

De acuerdo con el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis de EUA un SIG es “un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación”.

La característica más importante de los SIG es su capacidad para analizar datos espaciales y la información cuantitativa y cualitativa asociada. El procedimiento en los SIG para el análisis de la información geográfica se basa en la estructura de capas. Al disponer de varias capas temáticas para cada unidad del territorio, es posible basar el análisis en la super posición de estas, combinarlos con datos no geográficos y realizar análisis espaciales de varias capas de información en cualquier punto geográfico. Esto es lo que le confiere la capacidad de ser una herramienta muy adecuada para la EAC. Conviene destacar que el uso de un SIG sólo será posible cuando se disponga de la información cartográfica digital apropiada y con la calidad de datos requerida.

El inventario y clasificación de cuencas puede estar basado en dos tipos de datos. Los obtenidos en campo y los derivados de la percepción remota (fundamentalmente cobertura del terreno, relieve y suelos), que también pueden ser verificados en campo.

En lo que respecta a la capacidad de procesamiento de datos y generación de información, son múltiples los centros, tanto de investigación como de la administración pública, que disponen de estaciones de procesamiento de datos de la percepción remota, bases de datos diversas, y de producción de cartografía. La tecnología que se utiliza en este trabajo es la más avanzada, y buena parte de la información de producción está disponible en internet. En este sentido destacan los geoportales de INEGI, CONABIO, SEMARNAT y órganos desconcentrados de la misma (CNA, IMTA, INE).

2.4 Gestión de Cuenca

2.4.1 Definición

La gestión de cuenca son las acciones coordinadas que el hombre realiza considerando su efecto en el sistema natural, formado por una cuenca y en la dinámica de dicho sistema. Esta actividad está orientada a diferentes objetivos. De acuerdo con la CEPAL (1994), los objetivos más conocidos son:

- Desarrollo de Cuencas, desarrollo integrado de cuencas.
- Manejo de Cuencas, ordenamiento de cuencas.

- Desarrollo de Recursos Hídricos, administración del agua.
- Protección de Cuencas, recuperación de cuencas.

La gestión de una cuenca (GC) se sustenta en la conjugación de dos grupos de acciones, uno orientado a provechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) y el otro orientado a manejarlos (conservarlos, recuperarlos, protegerlos) con el fin de tratar de asegurar la sustentabilidad del ambiente. Estas acciones se ejecutan con la participación de los actores y habitantes de la cuenca, con el fin de tender hacia la equidad (Dourojeanni, 1998).

La cantidad de acciones que abarca el proceso de la GC están definidas por los objetivos planteados por cada país y/o región y por el alcance de la gestión ambiental deseado (con enfoque: sectorial, multisectorial o integrado); y con ello es posible determinar el tipo de organización requerida para coordinar dicha gestión. En la figura 8 se muestran las diversas acciones que se pueden realizar en una cuenca bajo el concepto de gestión integral de cuencas.

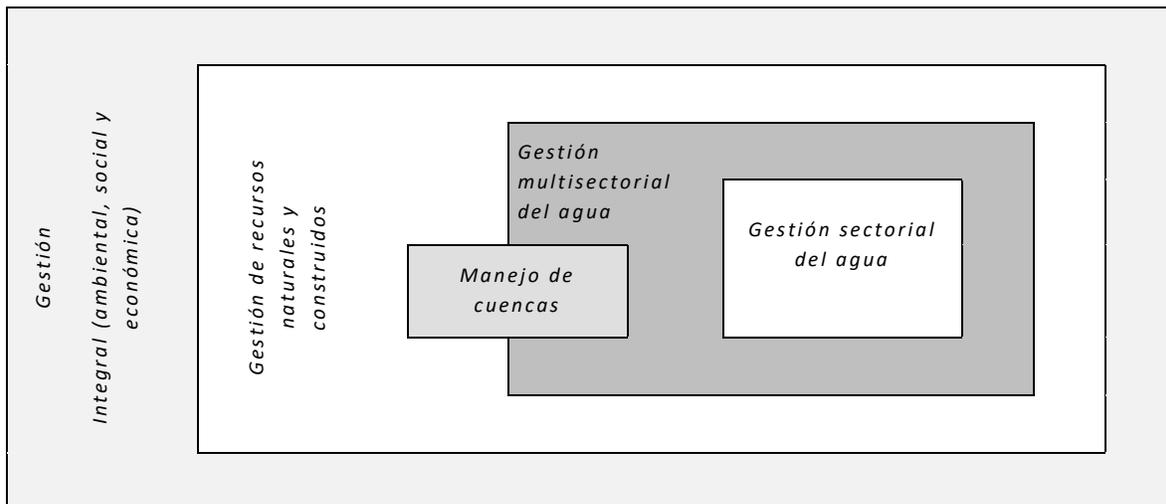


Figura 8. Jerarquización de acciones de gestión en cuencas hidrográficas (Dourojeanni, 1998)

- **Acciones a nivel sectorial.** El manejo se genera a partir de uno de los elementos de la cuenca, siendo el agua el más tradicional, y a partir de éste se desarrollan planes y programas para optimizar su uso y protección. En este nivel es común que participen las empresas públicas o privadas dedicadas a utilizar el agua como insumo de producción, como insumos para otorgar servicios y como elemento natural (Gestión de agua con fines sectoriales para agua potable y saneamiento, generación de hidroenergía, riego y drenaje, minería, industrias, acuicultura, recreación, mínimos ecológicos y otros) así como las entidades asociadas a cada uso (súper intendencias, servicios agrícolas, comisiones de riego y otros).
- **A nivel multisectorial** (Gestión del uso múltiple del agua o gestión integrada del agua). Este nivel incluye a todos los actores públicos y privados vinculados directa o indirectamente a la gestión del agua. Es el grupo de actividades que más frecuentemente han motivado la creación de organismos de cuencas. Incluyen el control de las externalidades negativas y conflictos producto de los usos sectoriales (contaminación, salinización, sobre explotación, competencias por disponibilidad) así el control del efecto de los fenómenos extremos como sequías e inundaciones.

- **Manejo de Cuencas.** Se tiene como objetivo manipular la superficie de la cuenca, llevando a cabo actividades para controlar las intervenciones, con el fin de no afectar o mejorar la capacidad de captación, retención y evacuación del agua superficial y subterránea de una cuenca en cantidad, calidad y tiempo de ocurrencia de esta. Usualmente estas acciones se vinculan a la gestión de los recursos naturales en la cuenca.
- **Gestión integral de Cuencas (Manejo de recursos naturales y construidos).** Cuando se tiene como objetivo manejar el agua, suelos, bosques, fauna, flora, así como los construidos, en una cuenca: Lo cual implica manejarlos con fines de protección, recuperación, conservación, producción, así como buscar proteger las capacidades de las cuencas para captar y descargar agua en calidad, cantidad y tiempo de ocurrencia adecuados.
- **Gestión Integral Ambiental por Cuencas (enfoque sistémico):** cuando se tiene como objetivo gestionar todas las intervenciones en la cuenca, recursos naturales y construidos (desarrollo de la cuenca, gestión integral de cuencas y gestión ambiental integral en cuencas). Este nivel es el más completo y es la resultante de la sumatoria de todas las formas de gestión ya mencionadas. Recibe diferentes nombres según sea la etapa de ejecución.
 - Etapa previa: incluye el ordenamiento territorial y la formulación de planes directores.
 - Etapa intermedia: equivale a llevar a cabo acciones de desarrollo regional teniendo como región el territorio de una cuenca (desarrollo integrado de cuencas).
 - Fase permanente: es donde se lleva a cabo la mayor parte de la gestión ambiental (EIA y EAE), sin embargo, hay que considerar que en la práctica todas las etapas están entrelazadas. Los objetivos del gobierno son establecer sistemas de gestión por cuencas capaces de llevar a cabo la gestión integral de las cuencas donde se establezcan organismos de cuenca.

Con esta jerarquización se evidencia que el enfoque de gestión de los recursos ha evolucionado hasta una visión integral, la cual corresponde en gran parte a la visión sistémica. Es necesario distinguir que la gestión integral de los recursos tiene como objetivo la optimización del uso y la conservación del recurso mientras la gestión integral de cuencas busca el desarrollo del territorio denominado cuenca.

El enfoque sistémico se diferencia del enfoque sectorial en que estudia y actúa sobre la cuenca teniendo en cuenta todas sus partes y tratando de hacer modificaciones para optimizar el sistema. En este enfoque es tan importante considerar el papel particular de cada uno de los elementos constitutivos del sistema (agua, suelo, clima vegetación, fauna, hombre, nevados), como la forma de participación de cada nivel de gobierno, las unidades jurídico-administrativas implicadas, el número de actores, la disponibilidad de los recursos naturales, y su interacción entre éstos como un todo, pues así se podrá conocer la dinámica real y generar cambios que afecten su desempeño (Ver Figura 9).

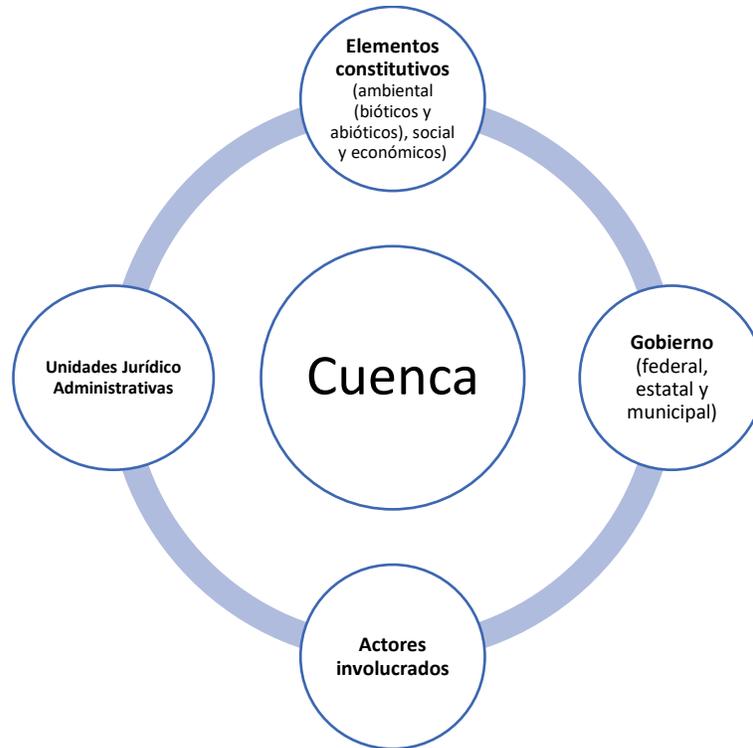


Figura 9. Elementos constitutivos de la Cuenca (Modificado de Dourojeanni, 2006)

Dourojeanni, Axel (2006), explica que la integración de una gestión por cuencas se realiza en 4 grandes dimensiones y 5 niveles (ver tabla 8), y aunque se tienen en cuenta muchas variables y sus interacciones, en la fase operativa se establecen prioridades.

Tabla 8. Niveles y Dimensiones de integración por Cuenca

Dimensiones	Descripción
A	Agua: Análisis sistemático de los componentes del sistema hidrológico: cuenca, fuentes, agua superficial y subterránea, accesos, usos, distribución, cantidad y calidad.
B	Ecosistemas: Relación entre agua, suelo y el ambiente: temático territorial, ecológico e hidrológico, manejo de agua y suelos, recursos naturales, erosión, degradación, biodiversidad, ocupación territorial y diferenciación espacial.
C	Sistema natural + socioeconómico-cultural. Interacciones entre agua-tierra-ecosistema con el sistema socioeconómico y cultural, sistemas de vida y el desarrollo.
D	Sistema natural + socio- económico-cultural + instituciones. Integración del marco institucional, diálogo entre múltiples actores, arreglos sociales, normatividad, conflictos, capacidades, conocimientos, manejo político.
Niveles	Descripción

1	Integración vertical: desde el nivel de los grupos de base hasta el nivel nacional de los políticos y todos los niveles de gestión gubernamental y/o privada, desde distrito de riego hasta la administración municipal y regional y hasta la comisión nacional de gestión de agua.
2	Integración horizontal: coordinación y colaboración entre todas las instituciones públicas y privadas de gestión de recursos y organizaciones de usuarios a nivel de cuencas.
3	Integración entre las disciplinas: involucrar todas las disciplinas y especialidades relevantes: socio economía, ingeniería, hidrología, ecología, antropología, jurídica, etc.
4	Integración funcional: planificación, regulación, diseño, ejecución, operación, mantenimiento, monitoreo, información, aprendizaje, comunicación intercultural, manejo de conflictos.
5	Integración de grupos de interés: involucrar grupos de usuarios, ONG, indígenas, comités de agua potable, municipios, empresas, en cada aspecto de la gestión de agua y toma de decisiones.

Fuente: (Duorojeanni, 2006)

2.4.2 Antecedentes

El enfoque de gestión por cuencas inició con la necesidad de administrar el agua, en particular el uso múltiple de la misma y en controlar el efecto de los fenómenos hidrológicos extremos (Duorojeanni, 2006).

Los orígenes del enfoque de desarrollo por cuencas se inician en los Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.) a partir de 1808, cuando un informe de Albert Gallatin propone unificar la nación con sistemas de transporte fluvial basado en mejorar la navegabilidad de los ríos y construir canales. En 1870 se establece la Comisión del Río Mississippi y en 1884 la del río Missouri. Estas creaciones se sustentaron en que el desarrollo de los recursos hídricos solo podía hacerse con un enfoque regional y con una planificación integrada de proyectos. El enfoque proyecto por proyecto era caro e inefectivo.

Los organismos de cuenca se pusieron en boga en la primera mitad del siglo pasado para fomentar el desarrollo regional teniendo su origen en el fomento del desarrollo promocionado en Francia (Fox, 1964).

En España, a su vez, un Real Decreto del 5 de marzo de 1926 instituyó las Confederaciones Sindicales Hidrográficas, pocos años después de creadas, el Estado de Texas (EUA) creó en 1929 la primera agencia de cuenca de los Estados Unidos para su río Brazos con el propósito de:

- a) Desarrollar, administrar, conservar proteger y sanear el agua en la cuenca.
- b) Organizar y supervisar los servicios públicos, el desarrollo económico, la asistencia y soporte técnico, comunicación y la educación.

En 1933 nace el T.V.A (Tennessee Valley Authority, corporación federal de desarrollo cuya base territorial era la cuenca del Tennessee afluente del Mississippi) y el "National Resources Planning Board", grupo que sostuvo que las cuencas debían ser tratadas como una unidad. Inclusive este grupo de trabajo pretendió que las cuencas se utilizaran como base para una planificación económica nacional, esfuerzo que falló y no fue intentado nuevamente. Los aportes de estas organizaciones tuvieron influencia en la organización de entidades por cuencas en la región (Fox (1964) & Duorojeanni, (2006)).

El concepto original de manejo de cuencas (“traducción literal de watershed management”), en el sentido de “manejarla” para regular la descarga de agua que proviene de la misma, se encuentran en las escuelas forestales de los Estados Unidos de Norteamérica, rara vez se aplica el concepto original de manejar la cuenca únicamente con fines de captación y regulación de la descarga de agua.

Con el tiempo estos enfoques evolucionan hacia el manejo de cuencas, orientado de la captación de agua, a otros niveles más complejos como los de protección de recursos naturales, mitigación del efecto de fenómenos naturales extremos, control de erosión, control de la contaminación, posteriormente a conservación de suelos, rehabilitación, recuperación de zonas degradadas, para continuar a los enfoque de mejoramiento de la producción, primero forestal y de pastos, y luego agrícola, agroforestería o agrosilvopastoril en forma combinada.

En América Latina el término Manejo de Cuencas hace su aparición a fines de la década de los 60 asociado a programas conservacionistas como en Venezuela y a programas de manejo de aguas y suelos en las zonas andinas en Perú y Ecuador.

En América Latina, “México fue uno de los países que aplicó un extenso enfoque de desarrollo por cuencas creando las Comisiones de Cuencas. Al inicio la extinta secretaría de Recursos Hidráulicos de México se limitó a desconcentrar su gestión relativamente integrada de las cuencas en comisiones regionales que conservaban su dependencia, sin embargo, el expresidente Lázaro Cárdenas dio a su gestión de la Comisión del río Balsas la autarquía.

La Ley de Riesgos del 30 de diciembre de 1946 y un conjunto de leyes de aguas suplementarias impusieron el desarrollo integral de las cuencas. La ejecución la realizó lo que era la Secretaría de Recursos Hidráulicos, que tenía atribuciones amplísimas para el aprovechamiento dentro de la cuenca de todos sus recursos naturales; esto es, no solo del agua, de los bosques, de los suelos, etc., sino también de los recursos no renovables.

La idea de la gestión integrada de las cuencas con fines de desarrollo económico y social estaba políticamente afianzada en México a fines de la década de 1940. También se crearon en otros países organismos para la gestión integrada de las cuencas con miras al fomento del desarrollo sobre esquemas similares” (Viladrich, 1972).

En 1948, Brasil creó la Comisión del Valle de San Francisco, agencia federal, independiente, responsable directamente ante el poder ejecutivo, con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa y financiera y, con competencia en toda la cuenca. Reglamentaba el uso del agua del río y sus afluentes. Tenía por cometido el desarrollo integral del Valle de San Francisco mediante la programación, ejecución de programas de desarrollo y construcción de obras, la colonización, la agricultura, la industria, la explotación de recursos naturales, la educación y el transporte (Duorojeanni, 2006).

En 1956 la Resolución del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas encomendó construir un panel de expertos de renombre mundial para revisar las implicaciones administrativas, económicas y sociales del desarrollo integrado de las cuencas fluviales. El informe del panel de expertos se publicó en 1958 bajo el título: “Desarrollo Integrado de Cuencas”, (E/3066/Rev., New York), alcanzó en todo el mundo una amplia

difusión y se convirtió en un prerrequisito para acceder al crédito internacional. Una 2ª edición en 1970 llamaba la atención sobre las dificultades que presentaba el modelo más bien ambicioso.

En épocas más recientes, 1980 en adelante, la expansión del concepto original de manejo de cuencas se ha hecho extensivo al manejo integrado de los recursos naturales de una cuenca, y por último a la gestión ambiental integrada. Actualmente la mayoría de los países realizan actividades de manejo de cuencas sin estructuras institucionales claramente definidas, es decir, tienen organismos y/o programas (con variantes significativas en cada región) creados para gestionar el agua con importantes componentes de gestión ambiental como parte de sus funciones. Inclusive sin organismos de cuencas, se ejecutan en todos los países actividades orientadas a la gestión de ríos, de lagos, de humedales o de reforestación por citar solo algunas acciones que son de gestión ambiental aun cuando no pertenezcan a un programa de gestión ambiental integrada de cuencas, sin embargo, se reconoce que con el sistema actual de gestión ambiental no se están logrando los efectos deseados.

2.4.3 Situación Actual en México

En México las tres acciones que marcan una pauta de cambio y que modifica el sistema gestión son:

1. Los principios rectores establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, que establecen:
 - I. El desarrollo del país habrá de ser un desarrollo sustentable, es decir, uno que confiera a las cuestiones sociales, a las económicas y a las ambientales pesos relativos equivalentes, sin privilegiar unas a costa de las otras.
 - II. El manejo de los recursos naturales ha de ser integral y la unidad básica para la administración y gestión de estos habrá de ser la cuenca hidrográfica. Esta consideración parte de la lógica de que la cuenca es el espacio geográfico donde de forma natural ocurren las distintas fases del ciclo hidrológico.
2. La integralidad como uno de los pilares de la nueva política ambiental presentado en el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006, publicado en septiembre de 2001 por la actual SEMARNAT.
 - I. Integralidad: implica que el manejo de los recursos naturales adoptará un enfoque integral de cuencas que toma en cuenta las interrelaciones agua, suelo aire, recursos forestales y biodiversidad.
3. Dos de las metas específicas señaladas en el Programa para la Integralidad:
 - I. Establecer 13 cuencas hidrográficas bajo el esquema de Manejo Integral de Cuencas para propósitos de planeación y gestión ambiental.
 - II. Diseñar y aplicar un plan maestro para la recuperación de cuencas prioritarias –en especial la Cuenca del Lerma Chapala-, desde la perspectiva del Manejo Integral de Cuencas. (Panorama de la legislación ambiental en México)

Adicionalmente, por medio de la CONAGUA¹⁰ se creó un sistema participativo de gestión del agua en el ámbito de cuencas que actualmente cubre todo el territorio nacional. Tarea que ha implicado entre otras medidas, la creación, instalación y puesta en marcha de los Consejos, Comisiones y Comités de Cuenca, que, según la Ley de Aguas Nacionales, son instancias de coordinación y concertación entre los tres niveles de gobierno existentes en México (federal, estatal y municipal) y los representantes de los usuarios de agua, con objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca. En la figura 10 se representa la estructura y funciones de los consejos de cuenca.

En un periodo extremadamente corto, superando muchos obstáculos de diversa índole, la CNA ha logrado la instalación en todo el país de 26 consejos de cuenca en todo el país, y 215 órganos auxiliares: 36 comisiones de cuenca que trabajan a nivel de subcuenca; 50 comités de cuenca, cuyo ámbito es la microcuenca; 88 comités técnicos de aguas subterráneas (COTAS), que desarrollan sus actividades en el ámbito de los acuíferos, y 41 comités de playas limpias, que promueven la gestión del agua en las zonas costeras (Comisión Nacional del Agua, 2016); que les dan operatividad y sustento social y técnico, aun cuando falta un largo período de consolidación. La estrategia empleada por la CNA para este fin se convierte en una fuente importante de experiencias y conocimientos para otros países interesados en crear estructuras participativas y multisectoriales para la gestión del agua a nivel de cuencas (Duorojeanni, 2006).

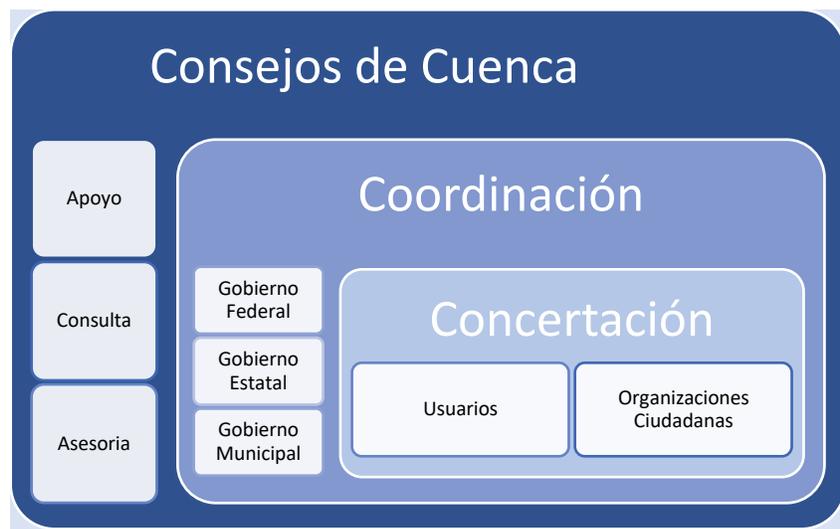


Figura 10. Estructura y funciones de Consejos de Cuenca (Olivares, s.f.)

Las actividades de los consejos de Cuenca se orientan a alcanzar los siguientes objetivos (CONAGUA, 2016):

- Sanear las cuencas, corrientes y cuerpos de agua.
- Promover el uso eficiente del agua.
- Ordenar el aprovechamiento y regular la distribución y los usos del agua
- Conservar el suelo y el agua.

¹⁰ Comisión Nacional del Agua

- Promover el reconocimiento del valor social, ambiental y económico del agua.

En la actualidad los consejos de cuenca son órganos consultivos y están diseñados para una vez que cuenten con facultades y recursos, administrar solamente el recurso hídrico. En el esquema actual no se reconoce la integralidad de las cuestiones ambientales y falta consenso sobre la información que se genera en materia de recursos naturales y agua.

Por otro lado, las experiencias de manejo integral de microcuencas que se han desarrollado son muy pocas, no se han sistematizado, son generalmente aisladas y con una información y difusión limitadas además de muy dependientes financieramente de recursos externos.

En las cuencas se establece una relación de interdependencia de los sistemas biofísicos y socioeconómicos, relación que requiere de mecanismos específicos para orientar e influir en las decisiones de los actores dirigiéndolas hacia el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (Caire, s.f.). Los actores principales en México que ejercen presión sobre la calidad del ambiente (ver tabla 9) son: el gobierno federal, estatal, los sectores productivos y las grandes ciudades, dependiendo del tamaño y de la cantidad de intereses involucrados la cantidad de actores puede variar; esto nos da un panorama del grado de complejidad que puede alcanzar el manejo integral por Cuenca y el gran reto que significa la propuesta del PNMARN 2001-2006 de realizar la instrumentación del MIC.

Tabla 9. Actores responsables de la gestión por sector en México

RECURSO NATURAL	ACTOR RESPONSABLE	NIVEL DE GOBIERNO
Agua (distribución y calidad)	CNA, CEAS, organismos municipales, usuarios	Federal, estatal y municipal
Suelo (aprovechamiento y restauración)	Agricultores, distritos de riego, unidades de riego (propietarios, ejidatarios y comuneros)	Decisiones orientadas por incentivos de políticas sectoriales federales y estatales
Biodiversidad (aprovechamiento, restauración y conservación)	CONANP-ANP Plantaciones, (propietarios públicos y privados, ejidatarios y comuneros)	Decisiones orientadas por incentivos de políticas sectoriales federales y estatales
Ciudades (desarrollo urbano e impacto ambiental, zonificación y reservas)	Municipios	Estatal y municipal
Industria (permisos, control de contaminación de agua y aire)	Industriales, empresarios, cámaras representativas,	Decisiones orientadas por incentivos de políticas sectoriales federales, estatales y municipal
Políticas sectoriales (agropecuaria, industrial, hidráulica, energética, etc.)	SAGARPA, CNA, SE, SENERGÍA, SEMARNAT, secretarías de desarrollo económico estatal y direcciones municipales	Federal, estatal y municipal

Fuente: (Caire, Retos para gestión ambiental)

2.4.4 Situación Internacional

Con el enfoque de gestión por cuencas en tendencia, la internalización de los programas de gobierno del llamado desarrollo sustentable y de la temática ambiental, el territorio de una cuenca es visto por los ministerios del ambiente como el más adecuado para considerarlo como base para crear capacidades de gobernabilidad sobre espacios naturales con fines de aplicar las medidas de gestión del ambiente.

La Gestión Ambiental Integrada de Cuencas está en pleno proceso de evolución en el mundo, es el tipo de gestión al que se aspira la sustentabilidad, la EAC sería un proceso y/o instrumento indispensable para ello. Duorojeanni (2006), señala que a nivel Internacional hay una vasta cantidad de información disponible de referencias y caso exitosos de gestión por cuencas con diferentes propósitos, empero se aprecia que la gestión “integrada” está más en los enunciados que en los resultados. Al momento de ejercer dicha gestión los conductores de esta terminan casi invariablemente con una lista de acciones bastante conocidas: gestión de los cauces, calidad y cantidad de agua, riesgos, efecto de las intervenciones, y otros temas similares.

La Gestión Ambiental Integrada de Cuencas, con esa denominación, se está iniciando en estados, provincias y cuencas específicas de algunos países como Brasil, Canadá, Nueva Zelanda, Estados Unidos de Norte América y Australia.

En el caso de una cuenca en Nueva Zelanda que lleva por título “Un ejemplo de gestión Integrada de Cuencas”, luego de un amplio período de consultas se concluye que se encontraron unos 60 temas identificados los que fueron agrupados en (Auckland Regional Council, 1998):

- Fluctuaciones en los niveles de descargas de agua
 - Máximas descargas de agua
 - Mínimas descargas de agua
- Calidad del agua
- Sedimentación, colmatación
- Gestión de márgenes y zonas aledañas a los ríos.
- Acceso a lo largo del río
- Indígenas Maori y zonas de reserva
- Herencia cultural

Este listado ciertamente no difiere de los resultados de muchos estudios, no obstante, lo integral no está en la lista, sino en la forma como se abordan efectivamente para “integrarlos” y si ello sirve para solucionar los conflictos detectados y prevenir los que puedan surgir a futuro.

Los éxitos en materia de gestión integrada de cuencas reposan por lo tanto en el conocimiento, la organización, participación, ordenamiento y continuidad de las acciones. Debe poderse alcanzar metas de gestión integrada de cuencas sin retroceder en el proceso.

En América Latina el manejo de las cuencas hidrográficas representa actualmente una solución importante para facilitar la gestión sostenible del ambiente y el uso ordenado de los recursos renovables.

En el caso de Bolivia, en el anteproyecto de Plan Nacional de Cuencas se indica que “tiene como objetivo general la promoción y el fortalecimiento de la gestión integrada de los recursos hídricos y el manejo integrado de cuencas bajo modalidades de participación y autogestión, como sustento del desarrollo humano y ambiental sostenible, desde la perspectiva de las culturas y sistemas de vida locales.

En el caso de Brasil, según la Ley No 9.433 se establece que la cuenca es la unidad territorial para la implementación de la Política Nacional de Recursos Hídricos y de las acciones del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos. A nivel de cuencas, se crean como parte del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos, los Comités de Cuencas y las Agencias de Aguas.

Los Comités de Cuencas tienen por misión actuar como parlamentos de las aguas de las cuencas, pues son los foros de decisión en el ámbito de cada una de ellas. Se crean en cuerpos de agua de dominio federal por decisión del presidente de la República y están conformados por los representantes del Gobierno Federal, de los estados, de los municipios, de los usuarios de agua y de las organizaciones civiles relacionadas con los recursos hídricos.

Las Agencias de Aguas son las secretarías ejecutivas de los Comités de Cuencas. Tienen la misma jurisdicción que uno o más Comités de Cuencas. Pueden crearse sólo en las cuencas donde ya existen los Comités de Cuencas y cuando su viabilidad financiera está asegurada por cobros por el uso de agua en su área de jurisdicción. Sus principales responsabilidades son las siguientes:

- i. Mantener actualizado el balance de disponibilidad de los recursos hídricos en su área de jurisdicción.
- ii. Mantener el catastro de usuarios de agua
- iii. Efectuar cobros por el uso del agua.
- iv. Opinar sobre los proyectos y obras a ser financiados con recursos generados por cobros por el uso del agua.
- v. Administrar el Sistema de Información sobre Recursos Hídricos en su área de jurisdicción.
- vi. Promover la realización de los estudios necesarios para la gestión del agua en su área de jurisdicción.
- vii. Elaborar el Plan de Recursos Hídricos para consideración del Comité de Cuencas respectivo.

En la Tabla 10, se recopilan algunas entidades de cuenca presenten en 1971 en algunos países de América Latina y el Caribe. La mayoría de estos organismos creados desde los años setenta no subsistieron por causas principalmente de índole administrativa y financiera, pero en la actualidad existen varios en proceso de formación o reactivación.

Tabla 10. Entidades de Cuenca en América Latina y el Caribe

Entidad de cuenca de carácter nacional	País	Fecha
Comisión del Papaloapan	México	1947
Comisión de Santiago de Lerma-Chapala	México	1950

Superintendencia del Valle de San Francisco	Brasil	1948-67
Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México	México	1951
Comisión del Grijalva	México	1951
Comisión de Río Fuerte	México	1951
Comisión Técnica Interprovincial del río Colorado	Argentina	1956
Ente Provincial del Río Colorado (La Pampa)	Argentina	1960-68
Corporación de Fomento del Valle Bonaerense del Ro Colorado (Buenos Aires)	Argentina	1960
Corporación Autónoma Regional del Cauca	Colombia	1960
Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y de los Valles de Ubat y Chiquinquirá	Colombia	1961
Corporación de Fomento del Valle Inferior del río Chubut	Argentina	1963
Corporación del Río Dulce	Argentina	1964
Corporación de Desarrollo del Valle de Catamarca	Argentina	1965
Comisión Honoraria para el Estudio del Aprovechamiento Integral del Valle del Ro Negro	Uruguay	1967
Comisión Ejecutiva del Proyecto para el Desarrollo de la Cuenca del Río Santa Lucía	Uruguay	1968
Comité de Cuenca del Río Albigasta	Argentina	1971
Comité de Cuenca del Río Colorado-Salado	Argentina	1971
Comité de cuenca del Río Sali-Dulce	Argentina	1971
Comité de Cuenca del Río Urea Horcones	Argentina	1971
Comité de Cuenca del Río Pasaje-Juramento	Argentina	1971

Fuente: (Durojeanni, 2006)

En Bolivia es donde se han dado los pasos teóricos más recientes hacia la Gestión Integrada de Cuencas. Se estableció en la versión preliminar del Plan “El Ministerio del Agua”, el 21 de febrero de 2006, se establece que la GIRH no es un fin en sí mismo, sino un medio para lograr un equilibrio entre tres objetivos estratégicos claves:

- Eficiencia para lograr que los recursos hídricos cubran la mayor parte posible de la necesidades;
- Equidad en la asignación de los recursos y servicios hídricos, a través de los diferentes grupos económicos y sociales;
- Sostenibilidad ambiental para proteger los recursos hídricos básicos y el ecosistema asociado.

Las experiencias internacionales son referencias útiles del proceso para alcanzar el Manejo Integral por Cuencas, pero en cada país se debe establecer su viabilidad y forma de aplicación.

2.4.5 Acciones para lograr la gestión integrada de una cuenca

La gestión de la cuenca comprende de forma general las siguientes 9 acciones (Moreno & Renner, 2007; Durojeanni, 2006):

1. **Delimitación de la Cuenca.** Conocer el número y los límites las cuencas, subcuencas o microcuencas a intervenir. Una cuenca hidrográfica se delimita por la línea de divorcio de las aguas.
2. **Planificación estratégica de la Cuenca.** Es promover la planificación estratégica del territorio, para lo cual hay que hacer un inventario de la legalidad, funciones, roles y las capacidades instaladas de

todas las instituciones que intervienen en una cuenca y que tiene impactos relevantes en el medio ambiente.

3. **Análisis o diagnóstico de la Cuenca.** Realizar un inventario y seguimiento de las características, acciones, proyectos y montos de las inversiones (pasadas, actuales y proyectadas).
4. **Priorización de las áreas y líneas de intervención.** Para definir las es necesario realizar consultas públicas con el fin de elaborar escenarios consensuados sobre lo que la población y los principales interventores en una cuenca desean a futuro. Debido a que las decisiones deben tomar en cuenta: las necesidades de la población, el posicionamiento estratégico definido, los objetivos de las políticas existentes, la disponibilidad de recursos y la capacidad de innovación. Cada cuenca tiene sus propias características y de éstas dependen las decisiones sobre las prioridades.
5. **Formulación de programas y/o proyectos.** Una vez tomada la decisión sobre las prioridades de intervención, se impulsa la formulación participativa y multidisciplinaria de los programas o proyectos que permitan operar bajo los objetivos estratégicos. Una elaboración juiciosa, técnica y detallada de cada programa y/o proyecto es una condición para el éxito de la planificación estratégica y de la ejecución. Y es necesario:
 - Elaborar y mantener actualizados planes maestros de intervención en una cuenca principal y subcuencas.
 - Mantener actualizado un sistema de información sobre los estudios, estadísticas, mapas, planes y en general todo lo que se considere útil para orientar las acciones de intervención en una cuenca.
 - Fomentar la participación ciudadana en la conservación de una cuenca y el medio ambiente en general.
6. **Definición en la institucionalidad y organización de los actores.** La gestión integral de la cuenca tiene dos tareas en cuanto a la institucionalidad:
 - Conocer muy bien las normas y las organizaciones existentes en la región y definir estrategias para lograr coordinación y sinergias. De la acción interinstitucional se pueden generar propuestas de reformas a las normas y mayor capacidad de negociación ante instancias centrales o de cooperación internacional. Esta tarea de la gerencia no está libre de conflictos y requerirá conocer técnicas de negociación y de resolución de conflictos.
 - Definición organizativa, que permita la implementación de los programas y/o proyectos aprobados.
7. **Financiamiento.** Búsqueda y obtención de financiamiento para poner en marcha los programas y proyectos priorizados es una de las tareas más demandadas a la gerencia en los tiempos actuales. Cada vez los recursos financieros son más escasos y mayores las condiciones de competencia con otras áreas, situación que incrementa la importancia de esta función para lograr el desarrollo de la cuenca.
8. **Implementación.** La implementación es la etapa dónde se pone en práctica todo lo concebido y planificado. Se debe llevar a cabo ajustándose a lo acordado y teniendo en cuenta que la eficiencia y la efectividad en el alcance de los objetivos es lo fundamental. La conformación de los equipos para la ejecución de los diferentes programas y/o proyectos y la calidad de la gerencia que se dé serán los factores determinantes del éxito.

9. **Monitoreo y evaluación.** Establecer un sistema de monitoreo de las actividades relevantes que se realizan en la cuenca: control entre lo planeado y lo ejecutado, entre los recursos disponibles y los gastados y el análisis de información sobre las evidencias de impacto de las acciones ejecutadas son elementos decisivos para hacer correcciones en los planes, legitimar y rendir cuentas de los gastos y tener claridad sobre las relaciones causa/efecto en las acciones ejecutadas. Un sistema efectivo y eficiente de monitoreo y evaluación es imprescindible en la gestión integral de las cuencas; y establecer un protocolo para la instalación y operación de la organización requerida para la gestión de la cuenca.

Una vez comprendida la importancia de las cuencas hidrográficas y que la Gestión Integral Ambiental por Cuencas es la única forma de aprovechar y manejar los recursos de manera sustentable, es necesario encaminarse hacia la primera etapa, el ordenamiento territorial a nivel de cuencas.

De forma general, el ordenamiento territorial (OT) es la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. Cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio según un concepto rector. Este instrumento nos permite planificar los recursos, priorizar actividades, reducir la vulnerabilidad ante lo imprevisto, reducir cambios bruscos en la especialización de la economía, reducir la entropía entre los distintos usos territoriales y optimizar el funcionamiento de todo un sistema de forma lógica (Molinet de la Vega, 2008).

De manera más específica, la ordenación a nivel de cuencas permite, la protección del patrimonio ambiental, un enfoque sistémico, la internalización de externalidades, la valorización de los beneficios ambientales y la incorporación de criterios de equidad social.

Como se puede advertir el OT tiene un efecto sinérgico con la EIA y la EAE. Sin embargo, como se describió en secciones anteriores, estos instrumentos presentan ciertas limitantes que les han impedido garantizar el desarrollo sustentable, además de no consideran un enfoque sistémico basado en límites geográficos naturales. Por lo que es notable la ausencia de una herramienta que ayude a la ordenación a nivel de cuencas y complemente los instrumentos como la EIA y la EAE.

3. METODOLOGÍA PROPUESTA

3.1 Introducción

Como ya se ha destacado, este trabajo busca resaltar la importancia de las cuencas hidrográficas como unidad de análisis espacial para la toma de decisiones tanto para la ordenación y gestión territorial, como para la gestión y aprovechamiento de los recursos. Lo que permitiría una planificación técnica con un enfoque integral.

Esta propuesta parte de la identificación de un vacío en términos de planificación y gestión de las cuencas hidrológicas. De manera específica, en México es posible afirmar que los impactos territoriales provenientes del desarrollo que agotan los servicios ambientales que ofrece la cuenca, no están regulados en el País. Por lo que se requiere un mecanismo que obligue a implementar una metodología para evaluar y regular los cambios que confieren a la Cuenca, no solo en los aspectos ambientales, sino, en los sociales, económicos,

entre otros. Esto como respuesta al reto de distribuir equitativamente los beneficios de sus servicios ambientales y potencialidades entre los actores involucrados.

Para atender el vacío identificado tanto del punto de vista técnico como normativo, y encaminado hacia la gestión integral ambiental por cuencas, se sugiere llevar a cabo las siguientes acciones propuestas por Montoya et al, (2019) en el artículo *“Planificación de áreas de influencia en embalses”* y complementarlas con la acción número cuatro, descritas a continuación:

1. Desarrollar una metodología técnica que permita evaluar y monitorear el estado actual de la cuenca. Para conocer las potencialidades y restricciones en cuanto a las áreas impactadas.
2. Desarrollar una metodología para determinar la capacidad de acogida de la cuenca por actividades sectoriales (ejemplo, usos agropecuarios, forestales, turísticos-recreativos, entre otros). Usando como insumo los resultados de la fase anterior, para que sean consideradas las restricciones ambientales, sociales y económicas. Para poder señalar las áreas adecuadas, de acuerdo con la distribución de impactos y oportunidades recreativas.

La capacidad de acogida se define como el grado de idoneidad del territorio para una actividad específica. Tiene en cuenta la medida en que el territorio cubre los requerimientos vocacionales para la actividad (capacidad) y sus efectos sobre el medio (impacto), por lo tanto, es un indicador del mejor uso que puede hacerse del territorio en virtud de la sostenibilidad (Antequera, 2008). Esto implica trascender a las categorías o criterios simples de asignación de usos de suelos como carga, aptitud o uso potencial.

3. Diseñar una estrategia que permita integrar dichos criterios al ordenamiento jurídico, en el sentido de hacerlos vinculantes para los agentes territoriales.
4. Diseñar un plan y estrategias para implementar la gestión integral ambiental por cuencas a nivel institucional.

En este capítulo se describirá la metodología propuesta para evaluar ambientalmente una cuenca, de acuerdo con los objetivos y alcances de este trabajo.

3.2 Definición

La Evaluación Ambiental por Cuencas (EAC) se plantea como un instrumento de gestión asociado a un contexto territorial definido de forma natural. Es una aproximación técnica del diagnóstico territorial, que se instrumentaliza con fines de planeación y que permite identificar las zonas impactadas o vulnerables, en la cuenca y sus áreas de influencia. Incorporando indicadores de sustentabilidad e integrando la información en un SIG.

El análisis, planificación y gestión ambiental son elementos inseparables del desarrollo de un país o región. Diversos criterios de sectorización espacial han sido utilizados para llevar a cabo estas actividades. Entre éstos destacan la dinámica económica regional; las divisiones político-territoriales; el grado de homogeneidad en cuanto a determinadas características físico-naturales y, por último, el patrón de drenaje de las aguas superficiales. Ningún criterio es superior al otro, todo depende de las características del problema atendido

y de los objetivos perseguidos. Las cuencas hidrográficas responden básicamente al último de los criterios mencionados (Dourojeanni, 2000).

Lo anterior obliga a pensar, independientemente de la escala en que se esté trabajando (local, intermunicipal o interestatal), en un contexto con alto grado de participación en donde la cooperación y coordinación son condición indispensable para el éxito de este instrumento. En todo caso, será el tamaño de la cuenca, las unidades jurídico-administrativas contenidas, el número de actores y la disponibilidad de los recursos naturales (abundancia o escasez) los elementos que determinarán la forma de participación de cada nivel de gobierno (regulación, operación directa o indirecta, etc.) (Caire, Gestión y política en cuencas, s.f.). Como bien mencionada Arnoldo Gabaldón, Venezuela: “La gestión de los recursos naturales difícilmente puede dissociarse del contexto territorial”.

La EAC se basa en una interacción de información que obtiene y alimenta a instrumentos como la EAE y la EIA, debido a que la evaluación estratégica se orienta a prevenir los posibles impactos de futuras intervenciones y se hace a partir de analizar planes formulados para intervenir en un territorio y la evaluación de impacto se sustenta en analizar el efecto del conjunto de acciones en el mismo territorio.

3.3 Planteamiento de la Metodología MEVAC

Como objeto central de este trabajo, en esta sección se describe la metodología para realizar la EAC. La metodología tiene por nombre MEVAC y su desarrollo consistió en las siguientes actividades.

Se realizó una exhaustiva investigación documental en diversas fuentes de información, como artículos científicos, libros, estadísticas oficiales, etc., con el fin de construir el estado del arte en materia de EIA, EAC y las metodologías empleadas. También se buscaron las metodologías empleadas en la evaluación de cuencas con sus diferentes propósitos, y aquellas que son diseñadas para la gestión integral de cuencas. Esto permitió conocer los diversos criterios que se toman en cuenta para describir el estado físico y ambiental, los indicadores que empleaban para valorar su estado, y la caracterización cualitativa de acuerdo con el diagnóstico de cada indicador. La tabla 11 contiene un resumen de las principales metodologías y trabajos que sirvieron como fundamento para desarrollar MEVAC.

Tabla 11. Revisión bibliográfica de Metodologías aplicables a cuencas

Metodología	Fuente
Metodología para el Estudio de la Capacidad de Acogida del suelo en Cuencas Hidrográficas. Aplicación al ordenamiento territorial de la Cuenca del Rio Mazar.	(Gómez, 2014)
Planificación de áreas de influencia de embalses. Propuestas desde la Capacidad de Acogida.	(Montoya, Ríos, & Hincapié, 2019)
Estudios ambientales en cuencas. El manejo de cuencas en cuba: Actualidades y retos	(González J. I.)

Procedimientos de Gestión para un Desarrollo Sustentable (aplicables a municipios, microrregiones y cuencas)	(Dourojeanni A. , 1997)
Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas	(Vera & Albarracín, 2017)
Análisis de la vulnerabilidad y el riesgo a inundaciones en la cuenca baja del río Gaira, en el Distrito de Santa Marta	(Noriega, Gutierrez, & Rodríguez, 2011)

Fuente: Elaboración propia

Con lo anterior se pudo crear un bosquejo de MEVAC, que se fue modificando y adaptando durante el transcurso de esta investigación. De forma general se identificaron los criterios más relevantes que conformarían este instrumento y posteriormente se determinó a detalle cada etapa. MEVAC es un instrumento general y flexible ya que considera que cada cuenca presenta sus propias singularidades.

MEVAC se conforma de cuatro grandes etapas. 1. Decisiones Metodológicas (Definición de objetivo y alcance, límites de la cuenca y sus áreas de influencia, identificación de actores y selección de indicadores) 2. Recopilación de información (Construcción de la Base de Datos del Inventario y Análisis de la información). 3. Valoración (Caracterización de las zonas impactadas e integración de impactos en SIG) y 4. Divulgación de resultados. En la figura 11 se puede apreciar cada etapa con mayor detalle y posteriormente se presenta su justificación.

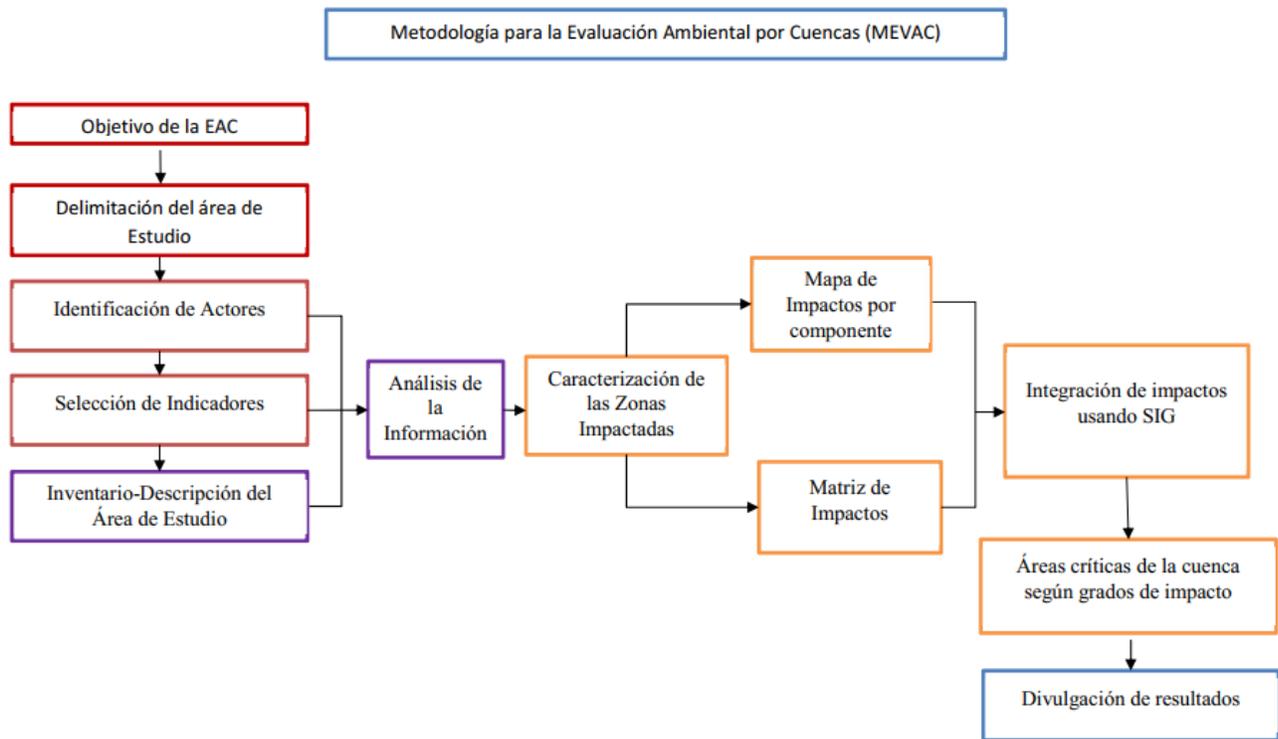


Figura 11. Metodología para Evaluación Ambiental por Cuencas (MEVAC). (Elaboración Propia)

Etapa 1. Decisiones metodológicas.

3.3.1 Objetivo

Definir el objetivo permite identificar qué es lo que se espera obtener de la aplicación de MEVAC. En esta etapa se define el nivel de detalle con el que se va a realizar la evaluación y su alcance. También, se establece si se incorporarán los impactos ambientales, sociales y económicos y el periodo de análisis.

3.3.2 Área de Estudio

Delimitar el área de estudio, tanto de la cuenca como sus áreas de influencia. Posteriormente, se secciona la cuenca en estratos. Los cuales, serán las unidades de análisis. Pueden definirse por la ubicación o la unidad de planificación: político territorial, político administrativo; geopolítico, e hidrológico (superficie de cuenca, subcuenca, microcuenca; criterios de altitud: cuenca alta o de recepción, cuenca media o garganta y/o cuenca baja o cono de deyección).

3.3.3 Identificación de Actores

Se define como actores a todas las personas que intervienen activa o pasivamente en los procesos de gestión o que participan en el desarrollo, y aprovechamiento de los recursos de la cuenca, o cuyas actividades afectan al medio; es decir, los habitantes, los usuarios (que pueden ser o no ser habitantes del área), los representantes de organismos públicos o privados, los asesores o interventores en el área o ámbito, los

representantes de grupos de poder, los empresarios y, en general, todas las personas que ven afectadas sus condiciones de vida y que influyen o reciben los efectos del uso y conservación de la cuenca. (Dourojeanni, 2000).

Se recomienda categorizar a los actores, identificar la función y rol de cada uno.

3.3.4 Selección de Indicadores

De acuerdo con la revisión bibliográfica se determinó el marco de los componentes que se consideran prioritarios para una adecuada y completa EAC, los cuales son, el componente ambiental (atmósfera, suelo, agua, biodiversidad), el social (salud, educación, vivienda, trabajo y equidad) y el económico (comercio y estructura económica). Para determinar las herramientas que evaluarán, estimarán o ayudarán a determinar el estado de cada componente se consultó el trabajo realizado de Walmsley, et al. (2001), el cual consistió en una revisión de 21 organizaciones (5 CMAs; 6 ONG´s y comisiones internacionales de cuencas; 7 agencias y departamentos gubernamentales, y 3 organizaciones internacionales) para comparar y establecer el progreso realizado en el desarrollo de indicadores que ayudan en la gestión de las cuencas.

De las organizaciones consultadas y para las cuales los indicadores estaban disponibles para su revisión se encuentran:

- Consejo de la Cuenca Fraser, Canadá.
- Comisión de la Cuenca Murray-Darling, Australia.
- Tennessee Valley Authority, EE.UU.
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US Environmental Protection Agency).
- Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute).

De estos estudios se obtuvo una tabla comparativa de los diferentes indicadores empleados por cada uno; sin embargo, tenían diferencias sustanciales debido a la diferencia en el nivel de gobernanza y a los objetivos de cada institución. Estos indicadores sirvieron de referencia y junto con la lista de indicadores del SNIA, se seleccionaron aquellos que cumplieran con los siguientes criterios: 1. ámbito estratégico (Indicadores que midieran los impactos más relevantes a nivel de cuenca), 2. interpretable (indicadores claros, simples y no ambiguos, con significado cuasi obvio y de fácil comprensión que pudiera ser usado por no especialistas). 3 validez científica (Indicadores con fundamento teórico en términos técnicos y científicos) y 4. disponibilidad de datos (indicadores cuantificables a partir de datos disponibles, datos fiables, de buena calidad, que tuvieran una buena relación coste-beneficio y que pudieran ser georreferenciados).

La tabla 12 contiene una lista de indicadores que brindan un panorama completo del estado de las cuencas, su relación con cada componente, así como su justificación por medio de los servicios ambientales que estos proporcionan y los principales factores de amenaza. Sin embargo, está lista puede ser modificada y adaptada dependiendo de las condiciones particulares de cada cuenca y de la disponibilidad de información con el grado de detalle requerido.

Tabla 12. Indicadores para la MEVAC

Componente	Subtema	Indicador	Parámetro	Analiza/Identifica	Indica	Servicios Ambientales y no ambientales	Principales factores de amenaza
------------	---------	-----------	-----------	--------------------	--------	--	---------------------------------

Ambiental	Atmósfera	Calidad del aire y cambio climático.	Emisión de Gases que afecten la calidad del aire.	Emisión de CO ₂ , NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM10, PM2.5, COVs	Emisión de CO ₂ , NO _x , SO ₂ , O ₃ , PM10, PM2.5, COVs en toneladas anuales.	La presión que ejercen las actividades de origen antropogénico por la emisión de gases.	Servicio Ambiental de regulación de la calidad del aire	Emisión de GEI de fuentes fijas y móviles, la tala forestal, la quema de biomasa y la producción de cemento, entre otras actividades.
	Suelo	Bosques	Diversidad Biológica	Proporción de la superficie cubierta por bosques y selvas	Tasa actual de deforestación. Indica la Proporción de la superficie cubierta por bosques, selvas, pastizales, etc. (%)	Estado actual de conservación del ecosistema	Servicio Ambiental de abastecimiento, regulación y apoyo. Captura de carbono, forman y estabilizan el suelo, controlan la erosión y protegen las cuencas hidrográficas, favorece la conservación de la biodiversidad. De ellos se extrae alimentos, madera, fibras, combustibles, materiales de construcción y principios activos de medicamentos, entre otros.	El cambio del uso del suelo, el crecimiento demográfico y de infraestructura, los incendios forestales, la sobreexplotación de los recursos naturales, la introducción de especies invasoras y el cambio climático global.
		Gestión del uso de suelo	Vulnerabilidad, asentamientos humanos y ciudades sostenibles	Proporción del territorio que cuenta con planes de ordenamiento territorial	Superficie reportada para los ordenamientos locales y regionales (%). Clasificación de Uso de suelo confirme al ordenamiento territorial.	El esfuerzo encaminado a regular e inducir el uso del suelo en compatibilidad con el desarrollo económico y social y el cuidado del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales.	Administración y gestión del uso de tierra. Servicios ambientales de apoyo en la conservación e la diversidad y el hábitat de especies.	Proyectos de infraestructura, crecimiento demográfico
		Vulnerabilidad, asentamientos humanos y ciudades sostenibles	Cambio anual en el uso de suelo	Tasa anual de cambio (%). Porcientos de área degradada.	La presión que este proceso ejerce sobre algunos de los principales ecosistemas terrestres nacionales.	La reducción de la superficie de vegetación natural se afectan la biodiversidad y los servicios ambientales, los recursos forestales y se aumenta la superficie con problemas de erosión y con pérdida de productividad del suelo, entre otras.	Expansión de la frontera agropecuaria y urbana y el crecimiento la infraestructura (p. e., por la construcción de carreteras, redes eléctricas y represas)	

Agua	Gestión de Recursos Hídricos	Gestión de Recursos Hídricos	Proporción total de recursos hídricos utilizados	Recursos hídricos utilizados (%)	Refleja la tasa de extracción del recurso	Uso doméstico, agrícolas e industriales. Producción de energía y alimentos. Servicio ambiental de abastecimiento.	Crecimiento demográfico
		Gestión de Recursos Hídricos	Eficiencia en el uso del agua en el sector agrícola de riego	La relación de una unidad de biomasa producida en la agricultura de riego por volumen concesionado de agua, subterránea y superficial, en un año agrícola. (Kg/m3)	Presión sobre las fuentes naturales de abastecimiento y la competencia con otros sectores para su aprovechamiento.	Producción de Alimentos. Servicio ambiental de abastecimiento.	Crecimiento demográfico
		Gestión de Recursos Hídricos	Eficiencia en el uso del agua en el sector doméstico	El volumen concesionado de agua subterránea y superficial al que cada habitante que tiene acceso. (m3/hab./año)	Presión sobre las fuentes naturales de abastecimiento y la competencia con otros sectores para su aprovechamiento.	Uso doméstico del agua. Servicio ambiental de abastecimiento.	Crecimiento Demográfico. Falta de Educación Ambiental
		Gestión de Recursos Hídricos	Consejo de Cuenca Instalado	Avances en la administración de los recursos hídricos	Gestión existente en la cuenca	Gestión de los recursos hídricos y edafológicos	NA
		Gestión de Recursos Hídricos	Extracción pesquera	Extracción pesquera (millones de toneladas anuales)	La presión de la práctica pesquera y sus posibles afectaciones a las pesquerías.	Insumo alimenticio, actividades recreativas, actividad productiva. Biodiversidad Acuática. Servicio ambiental de apoyo a la conservación de la diversidad y hábitat de especies.	Realizada de manera inadecuada propicia la pérdida de la productividad pesquera y, en casos extremos, la extinción comercial de especies.
	Calidad	Gestión de Recursos Hídricos	Porcentaje de aguas residuales generadas que reciben tratamiento	Caudal tratado/generado (%)	El esfuerzo para reducir la presión sobre la calidad y disponibilidad de las aguas de los cuerpos superficiales	Uso doméstico, agrícolas e industriales. Producción de energía y alimentos. Servicio ambiental de regulación de la calidad del agua.	Concentración de Contaminantes, contaminantes recalitrantes, descarga de aguas residuales en cuerpos de agua superficiales sin tratamiento, Número de concesiones.
	Calidad	Vulnerabilidad, asentamientos humanos y ciudades sostenibles	Calidad del Agua	En función de la concentración de DBO5, DQO y Sólidos Suspendidos (Excelente, Buena, Aceptable, Contaminada, Fuertemente contaminada)	La presión que ejercen las descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua superficiales	Servicio Ambiental de regulación de la calidad del agua.	Descarga de aguas residuales sin tratamiento

	Biodiversidad	Especies	Diversidad Biológica-Flora y Fauna	Proporción de Áreas Protegidas	Superficie de ANP (%)	Grado de salvaguardar la riqueza biológica	Biodiversidad	El cambio del uso del suelo, el crecimiento demográfico y de infraestructura, y sobre explotación de recursos
			Diversidad Biológica-Fauna	Proporción de Especies en riesgo	Especies en Peligro (%)	Estado de la Biodiversidad. Pérdida potencial de permanencia actual y futura de especies/biodiversidad.	Biodiversidad	El cambio del uso del suelo, el crecimiento demográfico de infraestructura, y sobre explotación de recursos.
Social	Salud		Gestión de Recursos Hídricos	Proporción de la población con acceso a servicios de saneamiento	Población con acceso a saneamiento mejorado (%)	El esfuerzo encaminado a reducir la presión que las aguas residuales municipales pueden ejercer sobre la calidad de las aguas superficiales donde se vierten.	Servicio de saneamiento: Colección de aguas residuales domésticas y de establecimientos, que contienen agentes dañinos para la salud.	Falta de infraestructura y de asignación de recursos
			Vulnerabilidad, asentamientos humanos y ciudades sostenibles	Proporción de la población con acceso sostenible a fuentes mejoradas de abastecimiento de agua	Población con acceso a agua potable (%)	La calidad de vida de la población y de la competitividad en materia de prestación de servicios que ofrecen el gobierno de una nación.	Agua para consumo humano. Servicio ambiental de abastecimiento.	Disposición de recursos para ampliar la cobertura de servicios de agua potable. Tratamiento de aguas residuales. Autorización de proyectos que requieran grandes cantidades del recurso.
			Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico	Tasa de morbilidad (miles de habitantes/100 mil habitantes)	Exposición de la población a agua contaminada, saneamiento inadecuado y malos hábitos de higiene.	Servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	Descarga de aguas residuales sin tratamiento
	Educación	Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Alfabetización de la población	Tasa de Alfabetización (%)	Corresponde al porcentaje de la población mayor de 15 años que es capaz de leer y escribir (%)	Equidad	Falta de políticas públicas, Disposición de Recursos	

	Vivienda	Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Proporción de la población urbana que habita en viviendas precarias	Proporción de la población urbana que habita en viviendas precarias (%). Las viviendas precarias son aquellas que carecen de al menos una de las siguientes características: acceso a fuentes de agua mejoradas, drenaje y saneamiento adecuados, materiales de construcción apropiados y espacio suficiente para vivir.	La calidad de vida de la población que genera consecuencias sociales y ambientales importantes	Calidad de vida	Crecimiento Demográfico
	Trabajo	Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Tasa de desempleo	Tasa de Desempleo (%)	Calidad de vida de la población	Calidad de vida	Falta de Inversiones, falta de efectividad en políticas públicas
	Equidad	Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Población con ingresos per cápita inferiores a 1.25 dólares diarios.	Proporción de la población con ingresos per cápita inferiores a 1.25 dólares diarios (%).	Calidad de vida de la población	Calidad de vida	Carencia de Políticas públicas.
Económico	Comercio	Temas sociales incluyendo salud, inequidad y pobreza	Tasa de crecimiento de las micro y pequeñas empresas	Tasa de Crecimiento anual (%)	El crecimiento denota la contribución a la generación de empleos	Calidad de vida	Problemas de acceso a financiamiento, carencia de innovaciones tecnológicas, capacitación de recursos humanos y falta de conocimiento para incursionar en mercados internacionales.
	Estructura Económica	Temas Económicos	Actividad Económica	PIB per cápita	Calidad de vida de la población	Calidad de Vida	Falta de Inversión, falta de fuentes de empleo,

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2. Recopilación de Información

3.3.5 Inventario-Descripción del Área de Estudio

El inventario se crea a partir de la información requerida (cualitativa, cuantitativa, y/o cartográfica) por cada indicador para cada estrato de la Cuenca. Se recomienda emplear sitios oficiales de gobierno, para garantizar la confiabilidad de la información.

Inventario Ambiental.

- atmósfera: Emisión de contaminantes, CO₂, NO_x, SO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5} y COVs.
- suelo: tasa actual de deforestación, superficie reportada para los ordenamientos locales y regionales (%). clasificación de uso de suelo conforme al ordenamiento territorial, tasa anual de cambio (%) y el porcentaje de área degradada.
- agua: recursos hídricos utilizados (%), relación de una unidad de biomasa producida en la agricultura de riego por volumen concesionado de agua, subterránea y superficial, en un año agrícola. (kg/m³), volumen concesionado de agua subterránea y superficial al que cada habitante que tiene acceso. (m³/hab/año), consejo de cuenca instalados, extracción pesquera, porcentaje de aguas residuales generadas que reciben tratamiento, calidad del agua (concentración de DBO₅, DQO y sólidos suspendidos).
- biodiversidad: superficie de ANP (%), especies en peligro de extinción (%).
- social: proporción de la población con acceso a servicios de saneamiento, población con acceso a agua potable (%), tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico, tasa de alfabetización, proporción de la población urbana que habita en viviendas precarias, tasa de desempleo, población con ingresos per cápita inferiores a 1.25 dólares diarios.
- económico: tasa de crecimiento de las micro y pequeñas empresas, PIB per cápita.

Tratamiento de la Información:

La compilación de la información se realizará en matrices y base de datos. Se diseñará una base de datos que contenga: mapas o capas de mapas procesados por medio de un SIG, en aquellos casos donde la información esté georreferenciada.

- La información cartográfica se compilará en un SIG.
- La información obtenida de Geo portales, se buscarán los metadatos, y descargará la capa temática en formato tipo ESRI Shapefile (SHP), en el software QGIS se cargará la capa y de acuerdo con la información requerida se aplicarán criterios de selección y se limitará la capa a la zona de estudio y al parámetro a analizar.
- La información documental se georreferenciará. Se empleará Google Earth para obtener las coordenadas geográficas.

3.3.6 Análisis de la Información

Esta etapa consiste en la caracterización de la información básica y los datos utilizados. Se toma nota de su fiabilidad y deficiencias.

Etapa 3. Valoración

3.3.7 Valoración

De acuerdo con el diagnóstico de cada indicador se procede a caracterizar cualitativamente cada uno y se le asigna una valoración de impacto: Alta (Rojo), Media (Amarillo), Baja o nula (Verde). La asignación de los límites cuantitativos de los indicadores se realiza seccionado la cuenca, preferentemente por división política municipal, o por zonas de acuerdo con su elevación msnm, clasificándose como cuenca alta, media o baja.

Criterios de valoración: para establecer estos criterios es necesario buscar referencias normativas que establezcan niveles máximos permisibles, niveles perjudiciales para la salud, o criterios para determinar escalas de calidad de los componentes. Sin embargo, los límites no están estandarizados y varían por región. La asignación de las valoraciones de impacto se realiza de acuerdo con los criterios de un grupo evaluador multidisciplinario, justificando su selección ellos deciden qué tan restrictiva será la evaluación.

Con la valoración de cada componente se construye una matriz de todas las secciones (ver tabla 13) y todos los componentes, y se realiza la valoración global por sección. Para la valoración global se establecen nuevamente criterios de valoración, en función de los componentes evaluados, del estado actual de la cuenca y sus condiciones particulares. El resultado dará el grado de valoración (baja, media y alta) por sección.

Tabla 13. Tabla de valoración (MEVAC)

Comunidad	V1	V2	V3	V4	V5	V6	VG	Valoración General
Comunidad A								Muy Alta
Comunidad B								Baja
Comunidad C								Alta
V1=Atmósfera; V2=Suelo, V3= Agua, V4=Biodiversidad, V5=social, V6=Económico								

3.3.8 Caracterización de la vulnerabilidad o de las zonas impactadas

La vulnerabilidad ha sido definida de formas muy distintas y a partir de elementos diferentes. Sin embargo, se define siempre como aquel elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza (Ruiz, 2012). Desde una visión integral, la vulnerabilidad es una, y es un sistema dinámico y complejo, que se expresa a través de diversos factores asociados a procesos. Dichos factores se clasifican en físico-naturales, socioeconómicos, técnicos, político-institucionales y funcionales.

Para fines de este trabajo nos enfocaremos en la vulnerabilidad de origen antropogénico: ambiental, social y económica, descritas a continuación:

Vulnerabilidad ambiental: se refiere al riesgo de los ecosistemas frente a los efectos directos e indirectos de la presión antrópica, y por otro, al riesgo para las comunidades que los explotan o habitan (Wilches-Chaux, 1989).

Vulnerabilidad social: se produce un grado deficiente de organización y cohesión interna de la sociedad bajo riesgo, que se refleja en la inseguridad e indefensión que experimentan las comunidades, familias e individuos en sus condiciones de vida (Pizarro, 2001).

Vulnerabilidad económica: se refiere al manejo de recursos y a las estrategias que utilizan las comunidades, familias y personas para enfrentar los efectos de riesgos externos (Pizarro, 2001).

En este contexto, la vulnerabilidad ambiental como resultado de los efectos de las diversas presiones antropogénicas sobre una cuenca y sus zonas de influencia limitan la disponibilidad y afectan la calidad de los servicios ecosistémicos que esta ofrece, si se adicionan la vulnerabilidad social y económica, esto representa un riesgo, porque las comunidades presentan una limitada la capacidad de prevenir, mitigar o responder ante la escasez y deterioro de los recursos.

Una vez entendido esto, se necesita caracterizar cada tipo de vulnerabilidad y determinar la vulnerabilidad global por cada municipio. Esto se realiza comparando los valores obtenidos de la tabla anterior (tabla 13) con la sobre posición ponderada de los diferentes tipos de vulnerabilidad, mediante la utilización de SIG, lo cual permite determinar espacialmente la vulnerabilidad global, para obtener el mapa de vulnerabilidad de la cuenca.

Procesamiento Cartográfico

Para hacer uso de la información cartográfica se recomienda emplear los siguientes software:

- QGIS

Es un software libre, gratuito y de código abierto que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Ofrece una vista geográfica unificada de datos de diversas fuentes. Estas fuentes de datos incluyen información de bases de datos geográficas, datos tabulares de sistemas de administración de bases de datos (DBMS) y otros sistemas empresariales, archivos, hojas de cálculo, vídeos y fotos con geo etiquetas, KML, CAD Data, imágenes aéreas y de satélite, etc.

Es una plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.

- Google Earth.

Es necesario contar con información georreferenciada en el mismo sistema de coordenadas, posteriormente se realizan cruces de información, para generar la disposición de datos por unidad de análisis. Posteriormente la información es procesada en tablas y dada una valoración de acuerdo con su prioridad como se vislumbra en los resultados obtenidos. Los datos son vinculados a los Shapefiles de cuencas a través

del SIG, se realiza la clasificación y la identificación por grados de impacto de acuerdo con la metodología antes descrita.

En tal sentido, la cartografía digital y los datos alfanuméricos son sistematizados conjuntamente dando como resultado el procesamiento de la información disponible a nivel de cuenca, encaminada a la priorización de zonas y a la toma de decisiones.

Etapa 4. Divulgación de resultados

3.3.9 Entrega de Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en cartografía para la identificación de las zonas impactadas y se realizan observaciones y conclusiones. Posteriormente, se sugiere la validación de la información con la colaboración de actores locales claves.

Los resultados obtenidos con MEVAC proporcionan un panorama de las zonas impactadas en la cuenca. Independientemente si se continua o no con las acciones para una gestión integral ambiental por cuencas, estos resultados brindan información para soportar la toma de decisiones. Por una parte, se identifican las zonas que requieren priorización e implementación de planes de acción para reducir la vulnerabilidad, y por otra es un indicativo de las zonas donde no es aconsejable la aprobación de nuevos proyectos.

3.4 Comparación de Metodologías EIA, EAC y EAE

Como se ha mencionado, este instrumento busca complementar a la EIA y a la EAE, no sustituirlas. Ya que sus campos de acción son a diferente escala y los resultados obtenidos están guiados hacia objetivos diferentes. Sin embargo, existen otras diferencias que se detallan en la tabla comparativa 14. Donde además se describen las ventajas y limitantes de cada metodología.

Tabla 14. Comparación entre EIA, EAC, EAE

Característica	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Evaluación Ambiental por cuencas (EAC)	Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)
¿Qué evalúan? Tomando como base que las metodologías se enfocan en los efectos significativos y potenciales que pueden afectar a la salud, el bienestar humano y al medio ambiente.	Intervención de un proyecto en un sitio El efecto que generaría <u>un proyecto</u> o actividad específica asociado al contexto territorial de la ubicación del proyecto.	Conjunto de intervenciones en un mismo ecosistema. El efecto de la <u>interacción de múltiples proyectos</u> (existentes y propuestos) y actividades dependientes de los servicios ambientales, asociado al contexto territorial definido por el ecosistema denominado cuenca hidrográfica.	Conjunto de intervenciones en un mismo territorio. El efecto de propuestas políticas, planes (sectoriales y espaciales) y programas de acción que implican una <u>variedad de proyectos individuales</u> asociados al contexto territorial de la ubicación de los proyectos.
Etapas de aplicación	Fase previa a la realización de un proyecto	Fase previa a la realización de múltiples proyectos o actividades dependientes de los servicios ambientales de la cuenca.	Fase previa a la toma de decisiones respecto a políticas, planes y programas.

<p>Objetivo</p>	<p>a) Efectuar una mejor planeación y formulación de proyectos desde el punto de vista ambiental.</p> <p>b) Considerar adecuadamente los factores ambientales, por parte de las autoridades, cuando se aprueba un proyecto.</p>	<p>Ayuda en la planeación, gestión de los recursos provistos por el ecosistema y toma de decisiones por parte de autoridades.</p> <p>Ser una herramienta más específica para el ordenamiento territorial por medio de la Identificación de factores que ejercen presión sobre el ecosistema e identificación de zonas vulnerables.</p>	<p>a) Efectuar criterios y lineamientos ambientales emanados de PPP para incorporarlos en las bases de diseño de proyectos individuales.</p> <p>b) Garantizar que las consecuencias ambientales sean identificadas y consideradas de manera formal desde las fases iniciales de la toma de decisiones, al mismo nivel que las consideraciones sociales y económicas.</p>
<p>Aspectos considerados</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos físicos, químicos, biológicos, sociales, económicos, a la salud, al paisaje, riesgos ambientales, impactos sinérgicos, acumulables y residuales. • Recursos naturales, condiciones sociales, económicas y culturales del sitio del proyecto. • Amplia gama de instrumentos y regulaciones jurídicas aplicables 	<p>Establece el conjunto de actores y acciones que ejercen una presión sobre el ecosistema y considera los efectos en la dinámica de la cuenca.</p> <p>Número de actores involucrados y disponibilidad de los recursos naturales (abundancia o escasez), <u>indicadores de sustentabilidad</u>.</p>	<p>Interacciones de proyectos presentes y futuros a nivel estatal o nacional con aspectos ambientales, económicos y sociales.</p>
<p>Nivel de aplicación y detalle.</p>	<p>Local, solo en el sitio del proyecto.</p> <p>-Evaluación a pequeña escala y con gran nivel de detalle</p>	<p>Cuenca, independientemente de la división política.</p> <p>-Evaluación a mediana escala, con un nivel de detalle representativo de la cuenca.</p>	<p>Puede ser de carácter regional, sectorial, multisectorial.</p> <p>-Evaluación a mayor escala y con menor nivel de detalle.</p>
<p>Determinación y periodo de Evaluación</p>	<p>Las acciones de un proyecto que más impactaran en el ecosistema y los elementos del ecosistema afectados a lo largo de la vida útil de un proyecto.</p>	<p>Factores críticos que ejercen la mayor presión sobre el ecosistema y mapa de áreas vulnerables mostradas en un SIG. Evaluando el estado actual de la cuenca.</p>	<p>Consecuencias ambientales de iniciativas que involucra PPP, para establecer criterios y lineamientos a proyectos individuales.</p> <p>Detectar los proyectos no amigables con el ambiente previo a la toma de decisiones.</p> <p>Determinado para el periodo activo de los PPP.</p>

Actores	Promovente, consultor, dependencia gubernamental, y sociedad civil (solo consulta y sugerencias)	Todas las personas (físicas o morales) que intervienen activa o pasivamente en los procesos de gestión o que participan en el desarrollo, y aprovechamiento de los recursos naturales, o cuyas actividades afectan a la cuenca.	Tomadores de decisiones, en los tres niveles de gobierno.
Ventajas	<p>-Metodología de evaluación sólida y muy desarrollada.</p> <p>-Es considerado un Instrumento de política ambiental y tiene fundamento en la LGEEPA y es regulado por el Reglamento en materia de impacto ambiental.</p>	<p>-Mayor visibilidad de los problemas relacionados con el agua y los recursos asociados a la cuenca e identifica zonas vulnerables.</p> <p>-Proporciona información suficiente, confiable y utilizable para planificación del desarrollo y toma de decisiones.</p> <p>-Concentra la información de tipo (ambiental, social y económico) en un solo lugar empleando un SIG y es representada en cartografía.</p> <p>-La información empleada es proporcionada por fuentes oficiales, por lo que es confiable y objetiva.</p>	<p>-Asegura una evaluación ambiental apropiada abordando las interrelaciones biofísicas, sociales y aspectos económicos en todas las decisiones estratégicas.</p> <p>-Proporciona información suficiente, confiable y utilizable para planificación del desarrollo y toma de decisiones.</p> <p>-Asegura la disponibilidad de los resultados de la evaluación de forma anticipada para influir en el proceso de toma de decisiones e inspirar la futura planificación.</p> <p>-Proporciona información suficiente sobre los impactos reales para juzgar si esta decisión debe ser modificada y proporcionar una base para decisiones futuras (Wu, Chang, & Bina, 2011)</p> <p>-Poco actores involucrados.</p>
Limitaciones/Desventajas	<p>-No aborda el carácter dinámico de las interacciones entre medio ambiente y el desarrollo.</p> <p>-No advierte los impactos acumulativos y sinérgicos con proyectos actuales.</p> <p>-El proceso de valoración e interpretación puede ser subjetivo, y ser objeto de controversia.</p>	<p>-No existe una metodología.</p> <p>-Carece de contexto político y legal.</p> <p>-La principal limitación es la disponibilidad y el costo de la información.</p> <p>-Demasiados actores e intereses involucrados.</p> <p>-Involucra toma de decisiones a diferentes niveles de gobierno.</p>	<p>-Evaluación en proceso de revisión e implementación en México.</p> <p>- Carece de contexto político y legal.</p> <p>-Su realización involucra las siguientes dificultades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confidencialidad: Los contenidos preliminares de ciertas políticas, planes y programas pueden considerarse cruciales como para ser publicados para consulta pública. No involucra la participación pública.

	<p>-No existe un proceso de seguimiento y verificación (eficaz) que asegure el cumplimiento de lo establecido.</p> <p>-No existe una participación de la sociedad civil en el proceso de evaluación (actualmente solo proporciona sugerencia y se permite la consulta ciudadana de la MIA)</p> <p>-El instrumento por sí solo no garantiza la sustentabilidad.</p>	<p>-Requiere conocimientos especializados en uso de SIG.</p> <p>-Existe un costo asociado a la operación y mantenimiento de un SIG.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temas constitucionales: La EAE no está sujeta a procedimientos legales, por lo que las decisiones de gabinete no pueden ser objeto de acciones legales en los tribunales. • Deficiencias de procedimientos. La EAE no está integrada a procedimientos ya establecidos para la adopción de PPP. • Relación proponente - autoridad competente. En muchos casos el proponente y la autoridad competente pueden ser la misma organización. • Restricción de competencias. En ocasiones se considera que la EAE es una intromisión en áreas de competencia de algunos departamentos.
<p>Criterios de sustentabilidad considerados en su evaluación</p>	<p>1.-Conservación de la diversidad biológica.</p> <p>2.-Marco legal, institucional y económico para la EIA</p> <p>3.-Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los ecosistemas</p>	<p>1.-Conservación de la diversidad biológica</p> <p>2.-Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los ecosistemas.</p> <p>3.-Mantenimiento de la capacidad productiva de los ecosistemas</p> <p>4.-Mantenimiento y mejoramiento de los múltiples beneficios socioeconómicos de largo plazo para cubrir las necesidades de las sociedades.</p>	<p>1.-Conservación de la diversidad biológica</p> <p>2.-Mantenimiento de la sanidad y vitalidad de los ecosistemas</p>

Fuente: Elaboración propia

4. APLICACIÓN DE MEVAC A LA CUENCA VALLE DE BRAVO AMANALCO

4.1.1 Objetivo

Determinar las zonas más impactadas o vulnerables de acuerdo con la degradación del componente ambiental y la vulnerabilidad del componente social que presenta la Cuenca Valle de Bravo-Amanalco. Empleando la información más reciente no mayor a 10 años, considerando como unidad de análisis la división política municipal.

4.1.2 Área de Estudio

Aspectos generales de la región

La Cuenca Valle de Bravo Amanalco también conocida como cuenca Valle de Bravo, es una de las generadoras de agua más importantes de las seis cuencas que conforman el Sistema Cutzamala, el cual abastece el 40% del agua potable consumida en el área metropolitana de la Ciudad de México y Toluca. La cuenca es de gran importancia por su diversidad en flora y fauna. Sus bosques que constituyen un elemento esencial en el control hidrológico y son el hábitat para muchas especies de aves migratorias, como de la mariposa monarca y de varias especies endémicas, aunado a lo anterior sus cuerpos de agua y belleza escénica han permitido el desarrollo turístico de la región.

Sin embargo, la cuenca presenta signos evidentes de deterioro ambiental debido al desarrollo turístico, al crecimiento urbano desmedido y asentamientos que no cuentan con servicios básicos, ocasionando la alteración del medio ambiente favoreciendo la deforestación, erosión, contaminación de cuerpos de agua, invasión de la zona federal, pérdida de la diversidad y el aumento de zonas de mayor riesgo y vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos, entre otros (IMTA, 2012). H. Bonfil y L. Madrid (2006), enlistan las amenazas ambientales que presenta la región, clasificando a la cuenca en zona alta, media y baja, como se puede apreciar en la Tabla 15.

Tabla 15. Amenazas ambientales de la cuenca

CUENCA ALTA (+ DE 2,700 MSNM)	CUENCA MEDIA (2,000-2,700 MSNM)	CUENCA BAJA (1,800-2,000 MSNM)
Piscicultura	Cambio de uso de suelo	Cambio de uso de suelo
Cambio de uso de suelo	Ganadería	Deforestación
Ganadería	Deforestación	Erosión de suelos
Deforestación	Contaminación de suelos	Aguas negras municipales
Erosión de suelos	Erosión de suelos	Crecimiento urbano anárquico
Explotación ilegal de bosques	Aguas negras municipales	
Ampliación de frontera agrícola	Explotación ilegal de bosques	
	Ampliación de frontera agrícola	

Fuente: (H. Bonfil y L. Madrid, 2006)

Debido a su importancia por pertenecer al sistema Cutzamala y al creciente deterioro ambiental es una cuenca ampliamente estudiada, aspecto que favorece para los fines de este trabajo, donde el insumo más importante es la información bibliográfica y cartográfica.

Ubicación y división política

La cuenca cuenta con una superficie de 61,548.47 ha se encuentra en el poniente del estado de México, cubre en su totalidad el Municipio de Amanalco, la mayor parte de Valle de Bravo, algunas partes significativas de los Municipios de Donato Guerra, Villa de Allende, Villa Victoria y Temascaltepec (Figura 12). En superficies menores abarca parte de los Municipios de Almoloya de Juárez y Zinacantepec. Geográficamente la Cuenca se ubica entre los paralelos 19°23'05" y 19°05'30" y los meridianos 99°52'00" y 100°11'40" (IMTA, 2012).

Valle de Bravo- Amanalco es en realidad una subcuenca que pertenece a la cuenca del río Tilostoc, que a su vez forma parte de la del río Cutzamala, y esta finalmente vierte sus aguas en la cuenca del río Balsas. Colinda con las cuencas de Tilostoc, Temascaltepec y Lerma- Toluca. Políticamente, pertenece al estado de México, en la región suroeste del mismo y de su capital, la ciudad de Toluca. La mayor parte de su superficie se encuentra en la región político-administrativa VII de Valle de Bravo, pero también corresponde a las áreas de las regiones I de Toluca, IV de Tejupilco y V de Atlacomulco.

Una sección importante del área de la cuenca está ocupada por el vaso de la presa Valle de Bravo, que se ubica ligeramente hacia el suroeste. Valle de Bravo-Amanalco se subdivide en 7 cuencas de quinto orden de tamaño relevante, o microcuencas: Amanalco, Los Hoyos- El Molino, San Diego, El Carrizal, La Yerbabuena, Las Flores o El Tizate y la cuenca cerrada del río San Simón. Todas tienen a su vez arroyos y pequeños afluentes que las subdividen (García, 2014).

La Cuenca pertenece a la Región Hidrológica 18 Cuenca Río Balsas, y dentro de ésta a la Cuenca del Río Cutzamala, y así a la Subcuenca Río Tilostoc (IMTA, 2012).

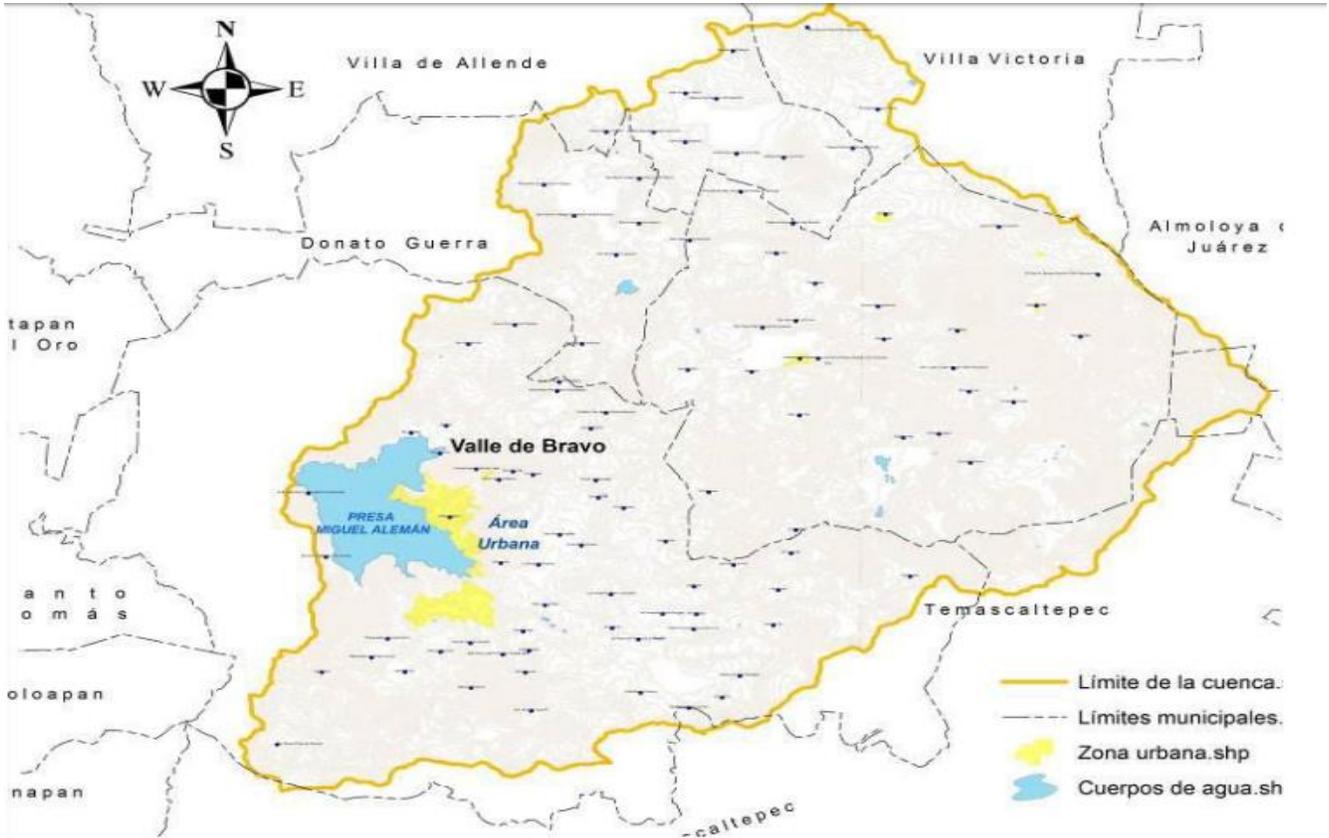


Figura 12. Cuenca Valle de Bravo-Amanalco (Fuente: PMDU Valle de Bravo)

La cuenca está integrada por los 8 municipios que se muestran en la Tabla 17.

Tabla 16. Municipios dentro de la Cuenca

Municipio	Superficie dentro de la cuenca (Km)	Superficie dentro de la cuenca respecto a la municipal (%)
Amanalco	219.43	100
Valle de Bravo	421.90	66.11
Donato Guerra	43.80	22.8
Villa de Allende	40.84	12.8
Villa Victoria	23.84	5.6
Temascaltepec	16.02	2.9
Almoloya de Juárez	2.20	0.4
Zinacantepec	8.26	2.7

Fuente: (IMTA, 2012)

Las características de la cuenca se detallan en la tabla 18.

Tabla 17. Características de la Cuenca

Relieve	Suelo	Geología	Clima	Hidrología
<p>El relieve se caracteriza por cerros, mesas y laderas abruptas van desde los 1,100 hasta los 3,730 msnm. Las elevaciones principales son los cerros Gordo (2,600 msnm), San Agustín (2,680 msnm), Capulín (2,660 msnm), Sacametate (2,200 msnm), Escalerilla (2,580 msnm), Los Reyes (2,880 msnm), Coporito (2,990 msnm), Ídolo (3,040 msnm), Piedra Herrada (3,310 msnm).</p>	<p>Los suelos derivan de materiales volcánicos de diferentes edades y están formados principalmente por: Acrisol háplico y Luvisol crómico (los más evolucionados), los Cambisoles, Andosoles (típicos de las zonas forestales), Phaeozem háplicos, los Leptosoles (poco desarrollados) y los Regosoles (los menos desarrollados)</p>	<p>La roca predominante es el basalto, con un 49%. Se extiende por toda la Cuenca desde el norte hasta los límites sur. La geología de la Cuenca, en más de 90%, presenta un origen volcánico, a excepción de los alrededores de la presa, donde las rocas son metamórficas, la fisiográfica del área está determinada en su mayoría por conos cineríticos, derrames de lava, basaltos y granitos.</p>	<p>En la mayor parte de la Cuenca se presenta el clima templado subhúmedo (Cw2), en el poniente de la Cuenca, es semicálido ((A)Cw1), y en el extremo oriente de la Cuenca (en la parte más elevada, arriba de 3,000 msnm) se presenta el semifrío subhúmedo (C(E)w2).</p> <p>Los niveles de precipitación varían entre los 1,310.9 mm (extremo poniente) hasta los 1,500 mm (extremo oriente).</p> <p>Las heladas se presentan arriba de los 2,500 msnm de forma frecuente y normal de noviembre a febrero, entre los 2,000 a 2,500 msnm las heladas ocurren en forma esporádica y debajo de la cota 2,000 msnm nunca hay heladas</p>	<p>El Programa de Ordenamiento Ecológico Regional de la Subcuenca Valle de Bravo publicado el 30 de octubre de 2003 en la Gaceta Oficial del Gobierno del Estado de México divide al territorio en 28 subcuencas con una superficie total de 775.6 Km². Entre las subcuencas de mayor importancia destacan la del Río Amanalco, la del Río San Diego y la del Río La Hierbabuena.</p>

Fuente: (IMTA, 2012)

4.1.3 Identificación de Actores

Tabla 18. Actores de la Cuenca Valle de Bravo Amanalco

Federales	Estatales	Municipales	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)	Amanalco.	Dirección de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México (SMAGEM)		Dirección de Desarrollo Social
Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México (OCAVM)	Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO)		Dirección de Desarrollo Urbano, Obras, Servicios Públicos y Medio Ambiente
Consejo de Cuenca Aguas del Valle de México (CCVM)	Secretaría de Agua y Obra Pública (SAOP)	Valle de Bravo.	Dirección de Desarrollo Urbano, Obras Públicas y Ecología
Comisión de Cuenca Valle de Bravo Amanalco	Secretaría de Turismo		Dirección de Fomento Agropecuario y Rural
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP)	Consejo Estatal de Población (COESPO)		Dirección de Servicios Públicos
Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	Secretaría de Desarrollo Urbano (SEDUR)		Organismo de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento
Procuraduría Federal de Protección al ambiente (PROFEPA)	Procuraduría de Protección al Ambiente del Estado de México (PROPAEM)	Donato Guerra	Dirección de Desarrollo Social
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna (CEPANAF)		Dirección de Protección Civil
Instituto Nacional de Ecología (INE)			Dirección de Obras Públicas

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)		Villa de Allende.	Dirección de Planeación para el Desarrollo Municipal
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)			Dirección de Desarrollo Urbano, Obras y Servicios Públicos
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)			Dirección de Desarrollo Agropecuario y Forestal
Secretaría de Economía (SE)			Dirección de Desarrollo Social
Secretaría de Salud (SS)		Villa Victoria.	Dirección de Medio Ambiente Ecología y Residuos Sólidos
Secretaría de Turismo (SECTUR)			Dirección de Desarrollo Social
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)			Dirección de Obras Públicas
Secretaría de Energía (SENER)			Dirección de Desarrollo Urbano
Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE)		Temascaltepec.	Dirección de Desarrollo Agropecuario
Secretaría de la Reforma Agraria (SRA)			Dirección de Desarrollo Urbano y Obras Públicas
			Obras Públicas Dirección de Desarrollo Social
	Almoloya de Juárez	Dirección de Ecología	
Dirección de Desarrollo Urbano y Obras Públicas			
Dirección de Desarrollo Social			

		Zinacantepec.	Dirección de Servicios Públicos
			Dirección de Desarrollo Social
			Dirección de Obras Públicas
			Dirección de Desarrollo Urbano
			Dirección de Desarrollo Agropecuario, Acuícola y Forestal
			Dirección de Medio Ambiente
			Dirección de Servicios Públicos

Fuente: (IMTA, 2012)

4.1.4 Selección de Indicadores

De la plantilla de indicadores propuestos en MEVAC, se seleccionaron aquellos de los que fue posible conseguir información con el grado de detalle requerido (a nivel municipal) y que además aportaran información sobre las principales afectaciones que presenta la cuenca. Diversos autores coinciden que los principales problemas en la cuenca son la erosión de los suelos, el cambio de uso de suelo, la contaminación de suelos y agua, la explotación ilegal del bosque, y el crecimiento urbano anárquico, con base en ello, se seleccionaron los indicadores de la tabla 20.

Tabla 19 Indicadores aplicados a la Cuenca de Valle de Bravo Amanalco

Componente	Subsistema	Indicador
Ambiental	Atmósfera	Calidad del Aire Emisión de contaminantes en Ton/año (PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ , CO, NOX, COVs, NH ₃ , Y Carbón Negro)
	Suelo	Calidad del suelo Área Degradada
	Agua	Calidad del Agua DBO, DQO, SST, Coliformes Fecales
Social	Aspectos sociales	Vulnerabilidad a los asentamientos humanos Densidad de población
		Inequidad y pobreza Índice de rezago social Índice de Marginación

		Equidad	Población con ingresos menores a 1 SM
		Seguridad	Delincuencia (delitos denunciados)

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Inventario-Descripción del Área de Estudio

Para integrar el inventario se consultaron diversos documentos, archivos, bases de datos y cartografía proporcionada principalmente por dependencias gubernamentales (debido a que se requiere información confiable, válida y objetiva) como:

- ✓ INEGI
- ✓ CONAGUA
- ✓ CONAPESCA
- ✓ SAGARPA
- ✓ IMTA
- ✓ Estadista Básica Municipal
- ✓ Naturalista

Geo portales: Portales en internet que ofrece información geoespacial en archivos tipo: shape y tiff.

- ✓ CONABIO
- ✓ SIGEIA
- ✓ CONANP
- ✓ INEGI

A continuación, para realizar una mejor presentación de la información, se detalla la información recabada, los criterios de valoración empleados, el semáforo resultante y enseguida su representación cartográfica, para cada componente analizado.

Calidad del Suelo. Para determinar el área degradada por municipio se empleo la herramienta de medir área (en Km²) en QGIS, y se determinó el área de cada polígono correspondiente a cada municipio.

Tabla 20. Calidad del suelo a nivel municipal

Suelo								
Municipio	Superficie	Área Degradada*		Porciento de Área Degrada		Valoración Unitaria		Semáforo
	Km ²	Moderada (Km ²)	Ligera (Km ²)	%Moderado	%Ligero			
Almoloya de Juárez	478.22	110.7	318.7	23.1	66.6	Amarillo	Rojo	Amarillo
Amanalco	219.57	112.5	101	51.2	46.0	Rojo	Amarillo	Rojo
Donato Guerra	181.36	5.3	71.67	2.9	39.5	Verde	Amarillo	Verde
Temascaltepec	558.67	94.9	318.4	17.0	57.0	Verde	Rojo	Amarillo
Valle de Bravo	421.22	131	44.9	31.1	10.7	Amarillo	Verde	Amarillo
Villa de Allende	311.61	2.07	209	0.7	67.1	Verde	Rojo	Amarillo
Villa Victoria	424.27	20.46	235.97	4.8	55.6	Verde	Rojo	Amarillo
Zinacantepec	313.23	102.5	126.8	32.7	40.5	Amarillo	Amarillo	Amarillo

- Área Degradada*: Valor en términos de la reducción de la función productiva del suelo. Debido a actividades agrícolas (malas prácticas de labranza, uso de agroquímicos, uso de riego de mala calidad, entre otros), deforestación y remoción de vegetación (casi total remoción de bosques primarios y secundarios en grandes extensiones para realizar el cambio de uso de suelo causando erosión y pérdida de vegetación), actividades industriales (todas, incluye: minas abandonadas, derrames de petróleo y basureros, etc.), Urbanización (actividades relacionadas con la industria de la construcción)
- Degradación Ligera: Terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan alguna reducción apenas perceptible en su productividad.
- Degradación Moderada: Terrenos aptos para sistemas forestales, pecuarios y agrícolas locales presentan una marcada reducción en su productividad.

Suelo			
Periodo de validez	Fuente	Criterio de valoración	
2001-2002	http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/degra250kgw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc.html.xsl&_indent=no SEMARNAT, Dirección de Geomática, (2004). 'Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000.', escala: 1:250000. México, Distrito Federal.	>40% de la superficie	Rojo
		20-40 %	Amarillo
		<20%	Verde

Fuente: Elaboración Propia

Calidad del Suelo Cuenca de Valle de Bravo Amanalco

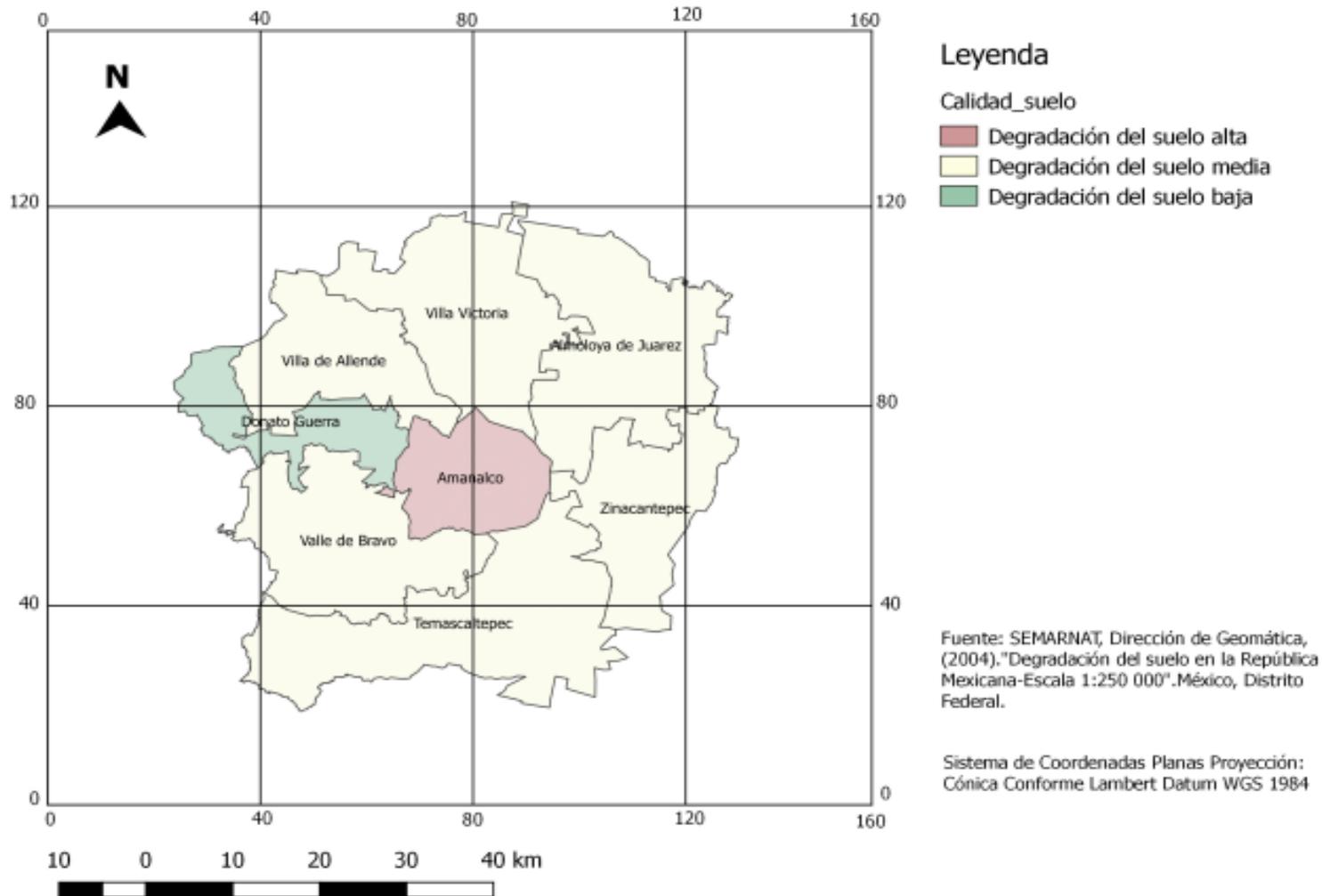


Figura 13. Mapa de Calidad del Suelo Cuenca Valle de Bravo Amanalco (Elaboración propia)

Calidad del Aire. Del inventario de emisiones, se obtuvieron las emisiones anuales municipales, se determinó el por ciento de aportación a nivel de cuenca por cada contaminante y se valoró en función de la aportación. Se realizó la volaración y se obtuvo el semáforo para cada contaminante, para QGIS se descargó la capa de división municipal y se modificó la tabla de atributos para la captura de emisiones por contaminante y la columna del semáforo.

Tabla 21. Calidad del Aire a nivel municipal

Aire								
Municipio	Emisión de Contaminantes (Ton/año)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COVs	NH ₃	Carbón Negro
Almoloya de Juárez	1227.56	1017.84	1397.06	11276.38	1224.36	7636.97	868.78	129.33
Amanalco	317.23	260.07	8.09	4437.22	232.01	2037.89	211.08	33.24
Donato Guerra	444.78	389.83	8.82	5668.3	219.99	3018.01	238.84	50.63
Temascaltepec	436.13	377.02	21.77	14332.14	749.74	3849.23	387.18	48.78
Valle de Bravo	308.39	266.74	25.74	27483.77	1486.17	3449.38	194.68	49.96
Villa de Allende	796.7	653.36	16.12	10255.87	348.11	4903.24	443.78	82.66
Villa Victoria	1331.97	1159.87	32.47	16651.04	6684.68	8740.61	705.16	151.59
Zinacantepec	501.49	407.2	718.76	92182.1	4726.9	8620.45	589.78	57.56

Municipio	Tasa de Emisión por contaminante en la cuenca (%)							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COVs	NH ₃	Carbón Negro
Almoloya de Juárez	22.88	22.46	62.68	6.19	7.81	18.07	23.87	21.42
Amanalco	5.91	5.74	0.36	2.43	1.48	4.82	5.80	5.51
Donato Guerra	8.29	8.60	0.40	3.11	1.40	7.14	6.56	8.39
Temascaltepec	8.13	8.32	0.98	7.86	4.78	9.11	10.64	8.08
Valle de Bravo	5.75	5.89	1.15	15.08	9.48	8.16	5.35	8.27
Villa de Allende	14.85	14.42	0.72	5.63	2.22	11.60	12.19	13.69
Villa Victoria	24.83	25.59	1.46	9.13	42.65	20.69	19.38	25.11

Zinacantepec	9.35	8.99	32.25	50.57	30.16	20.40	16.21	9.53
--------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------

Municipio	Valoración Unitaria de Emisión							
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COVs	NH ₃	Carbón Negro
Almoloya de Juárez	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto
Amanalco	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Donato Guerra	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Temascaltepec	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo
Valle de Bravo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
Villa de Allende	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio
Villa Victoria	Alto	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto
Zinacantepec	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Criterios de valoración y resultados de calidad del aire

Aire					
Municipio	Semáforo	Periodo de validez	Fuente	Criterio de valoración	
Almoloya de Juárez	Rojo	2008	http://sinea.semarnat.gob.mx/sinae.php?steprep=5&r Semarnat. Inventario Nacional de Emisiones 2008. Entidades Federativas y municipios.	Alta tasa de emisión en 5 o más contaminantes	Rojo
Amanalco	Verde			Media tasa de emisión en 5 o más contaminantes	
Donato Guerra	Verde			Baja tasa de emisión en 5 o más contaminantes	Verde
Temascaltepec	Verde				
Valle de Bravo	Verde				
Villa de Allende	Amarillo				
Villa Victoria	Rojo				
Zinacantepec	Rojo				

Fuente: Elaboración Propia

Calidad del Agua. Se obtuvo la capa temática de sitios de monitoreo de la calidad del agua por municipio. De acuerdo a los puntos de monitoreo en cada municipio se obtuvo un promedio para cada parámetro y su valoración, de acuerdo a los criterios establecidos por CONAGUA, se agregó a la tabla de atributos la columna de semáforo y se realizó la representación cartográfica. Debido a que no se reportaba ningún punto de monitoreo en el municipio de Zinacantepec no se reportarán valores.

Tabla 23. Calidad del Agua a nivel municipal

Agua									
Municipio	Parámetros calidad del agua				Valoración Unitaria				Semáforo
	DBO TOT	DQO TOT	SST	COLI. FEC.	DBO TOT	DQO TOT	SST	COLI. FEC.	
	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100					
Almoloya de Juárez	15.55	46.48	33.51	2.36	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad	Excelente	Rojo
Amanalco	2.67	8.39	5	1.22	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Verde
Donato Guerra	3.39	8.26	7.75	12.25	Buena Calidad	Excelente	Excelente	Excelente	Verde
Temascaltepec	2.81	21.97	42.00	1.10	Excelente	Aceptable	Buena Calidad	Excelente	Verde
Valle de Bravo	3.62	20.48	21.50	19.05	Buena Calidad	Aceptable	Excelente	Excelente	Verde
Villa de Allende	4.49	20.44	35.00	6.80	Buena Calidad	Aceptable	Buena Calidad	Excelente	Verde
Villa Victoria	12.38	37.91	20.51	5.63	Aceptable	Aceptable	Excelente	Excelente	Amarillo
Zinacantepec	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Criterios de valorización para Calidad del Agua

Agua					
Criterios de valoración por Municipio			Fuente	Periodo de validez	
Indicador	No cumple	Cumple	CONABIO, (2015). 'Sitios de monitoreo de calidad del agua superficial por municipio, 2013', escala: 1:250000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F..	2013	
DBO	Rojo	Verde			
DQO	Rojo	Verde			
Toxicidad	Rojo	Verde			
SST	Amarillo	Verde			
CF	Amarillo	Verde			

Fuente: Elaboración Propia

INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA				CALIFICACIÓN, CÓDIGO DE COLORES Y ESCALA DE CALIDAD DEL AGUA DEL INDICADOR					SEMÁFORO
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
				EXCELENTE	BUENA CALIDAD	ACEPTABLE	CONTAMINADA	FUERTEMENTE CONTAMINADA	
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, 5 DÍAS	DBO_TOT	DBO	mg/L	$DBO \leq 3$	$3 < DBO \leq 6$	$6 < DBO \leq 30$	$30 < DBO \leq 120$	$DBO > 120$	ROJO
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO_TOT	DQO	mg/L	$DQO \leq 10$	$10 < DQO \leq 20$	$20 < DQO \leq 40$	$40 < DQO \leq 200$	$DQO > 200$	ROJO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	SST	SST	mg/L	$SST \leq 25$	$25 < SST \leq 75$	$75 < SST \leq 150$	$150 < SST \leq 400$	$SST > 400$	AMARILLO
COLIFORMES FECALES	COLI_FEC	CF	NMP/100 mL	$CF \leq 100$	$100 < CF \leq 200$	$200 < CF \leq 1000$	$1000 < CF \leq 10000$	$CF > 10000$	AMARILLO
ESCHERICHIA COLI	E_COLI	EC	NMP/100 mL	$EC \leq 250$	$250 < EC \leq 500$	$500 < EC \leq 1000$	$1000 < EC \leq 10000$	$EC > 10000$	AMARILLO
PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO	OD_%	OD	%	$70 < OD \leq 110$	$50 < OD \leq 70$ Y $110 < OD \leq 120$	$30 < OD \leq 50$ Y $120 < OD \leq 130$	$10 < OD \leq 30$ Y $130 < OD \leq 150$	$OD \leq 10$ Y $OD > 150$	AMARILLO
INDICADOR	CAMPOS DE LA BASE DE DATOS	ABREVIACIÓN	UNIDADES	CUMPLIMIENTO			INCUMPLIMIENTO		COLOR DEL SEMÁFORO EN CASO DE INCUMPLIMIENTO DEL INDICADOR
				NO TÓXICO	TOXICIDAD BAJA	TOXICIDAD MODERADA	TOXICIDAD ALTA		
TOXICIDAD DAPHNIA MAGNA, 48 h	TOX_D_48_UT	TA	Unidades de Toxicidad	$TA < 1$	$1 \leq TA \leq 1.33$	$1.33 < TA < 5$	$TA \geq 5$		ROJO
TOXICIDAD VIBRIO FISCHERI, 15 min	TOX_V_15_UT	TA	Unidades de Toxicidad	$TA < 1$	$1 \leq TA \leq 1.33$	$1.33 < TA < 5$	$TA \geq 5$		ROJO
TODOS LOS INDICADORES	En caso de cumplimiento de todos los Indicadores, el color del semáforo es verde								VERDE

Figura 15. Criterios de valoración por parámetro en Calidad del Agua (CONAGUA, 2018).

Calidad de Agua Cuenca Valle de Bravo Amanalco

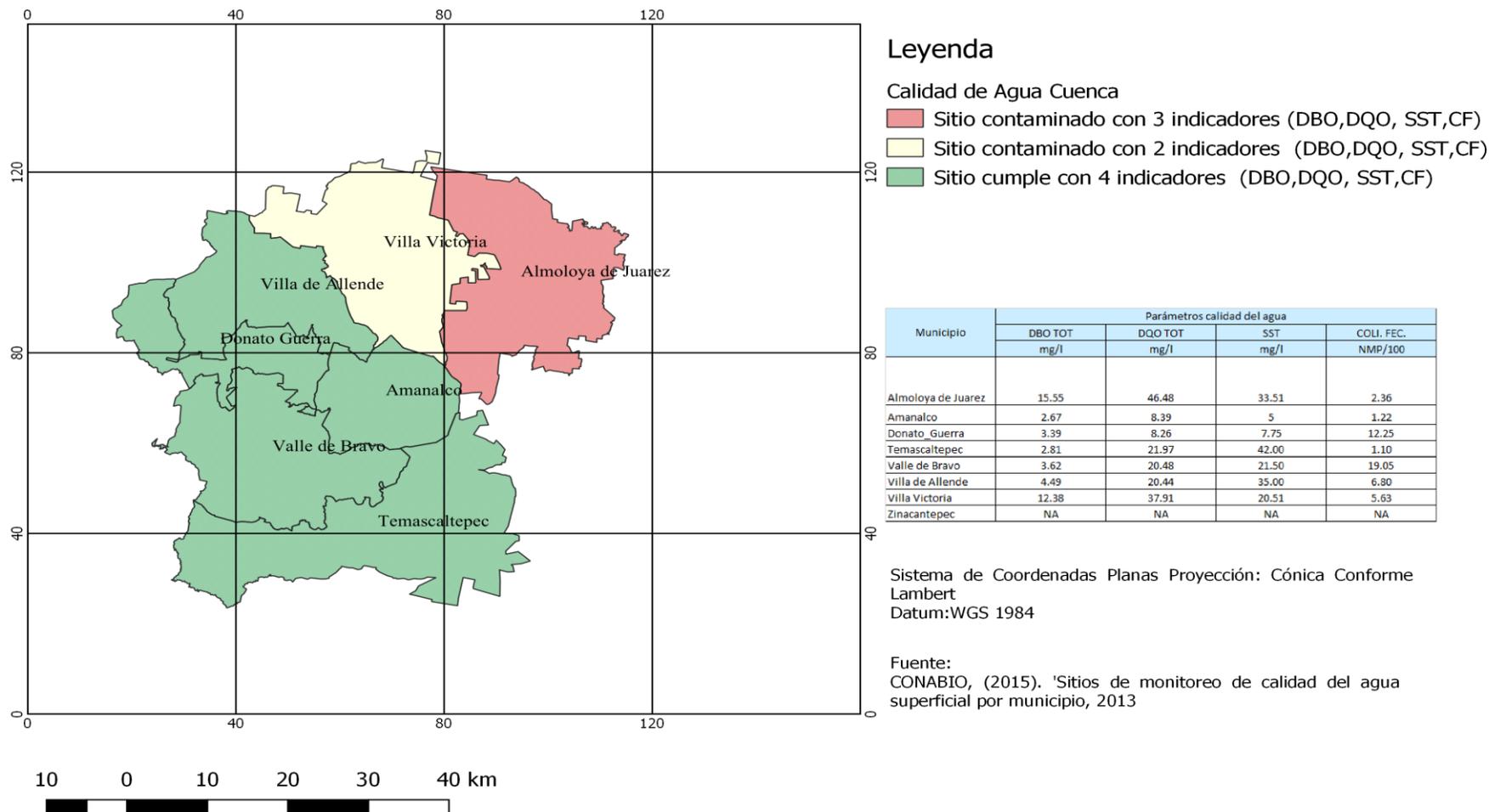


Figura 16. Mapa de Calidad del Agua en la Cuenca de Valle de Bravo Amanalco (Elaboración propia)

Inventario Social. De los archivos de Estadística básica municipal, se obtuvo la información necesaria para valorar indicadores sociales, la selección se realizó considerando que cuando se aprueba un nuevo proyecto asociado a la cuenca se realizó una competencia por los servicios ambientales que proporciona, normalmente la reducción de los servicios ambientales disminuye la calidad de vida, es por ello que se requiere conocer las zonas con la población más vulnerable en función de las carencias sociales. Las valoraciones de los índices de rezago social y de marginación ya incluía la valoración, los demás parámetros se valoraron en función de la tasa de aportación por parámetro.

Tabla 25. Vulnerabilidad Social a nivel municipal

Social							
Municipio	Densidad de población	Índice Rezago Social*	Índice Marginación	Delitos denunciados	Población con ingresos menores a 1 SM	Periodo de validez	Fuente
	Hab/km ₂			número	%		
Almoloya de Juárez	373.000	-0.130	-0.400	1412	9.83	2015	Estadística Básica Municipal. Edición 2016
Amanalco	113.000	0.200	-0.070	118	18.65		
Donato Guerra	188.000	1.060	0.790	245	22.40		
Temascaltepec	56.000	0.220	0.290	252	26.04		
Valle de Bravo	157.000	-0.570	-0.790	654	8.74		
Villa de Allende	170.000	0.710	0.310	248	23.86		
Villa Victoria	248.000	1.200	0.680	489	13.74		
Zinacantepec	608.000	-0.720	-1.190	2021	6.88		

*El Índice de Rezago Social es una medida ponderada de cuatro indicadores de carencias sociales (falta de acceso a educación, salud, servicios básicos en viviendas y espacios en la vivienda, y percepción monetaria insuficiente)

*El índice de Marginación muestra el impacto global de las carencias en falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes.

Fuente: Elaboración Propia

Municipio	Tabla Valoración Unitaria Social					Semáforo Social	Semáforo Oportunidades Sociales
	Densidad de población	Índice Rezago Social*	Índice Marginación	Delitos denunciados	Población con ingresos menores a 1 SM		
Almoleya de Juárez	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Rojo	Verde
Amanalco	bajo	Medio	Medio	Bajo	Medio	Amarillo	Amarillo
Donato Guerra	bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Rojo	Verde
Temascaltepec	bajo	Medio	Alto	Bajo	Alto	Amarillo	Amarillo
Valle de Bravo	bajo	Bajo	Bajo	Medio	Bajo	Verde	Rojo
Villa de Allende	bajo	Alto	Alto	Bajo	Alto	Rojo	Verde
Villa Victoria	bajo	Alto	Alto	Bajo	Medio	Amarillo	Amarillo
Zinacantepec	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Amarillo	Amarillo

Tabla 26. Criterios de valoración de Aspectos sociales

Criterio de valoración	
Alta tasa de vulnerabilidad social en 3 o más indicadores	Rojo
Alta tasa de vulnerabilidad social en 2 y/o media en 3 o más indicadores	Amarillo
Baja tasa de vulnerabilidad social en 3 o más indicadores	Verde

Fuente: Elaboración Propia

Vulnerabilidad Social Cuenca Valle de Bravo Amanalco

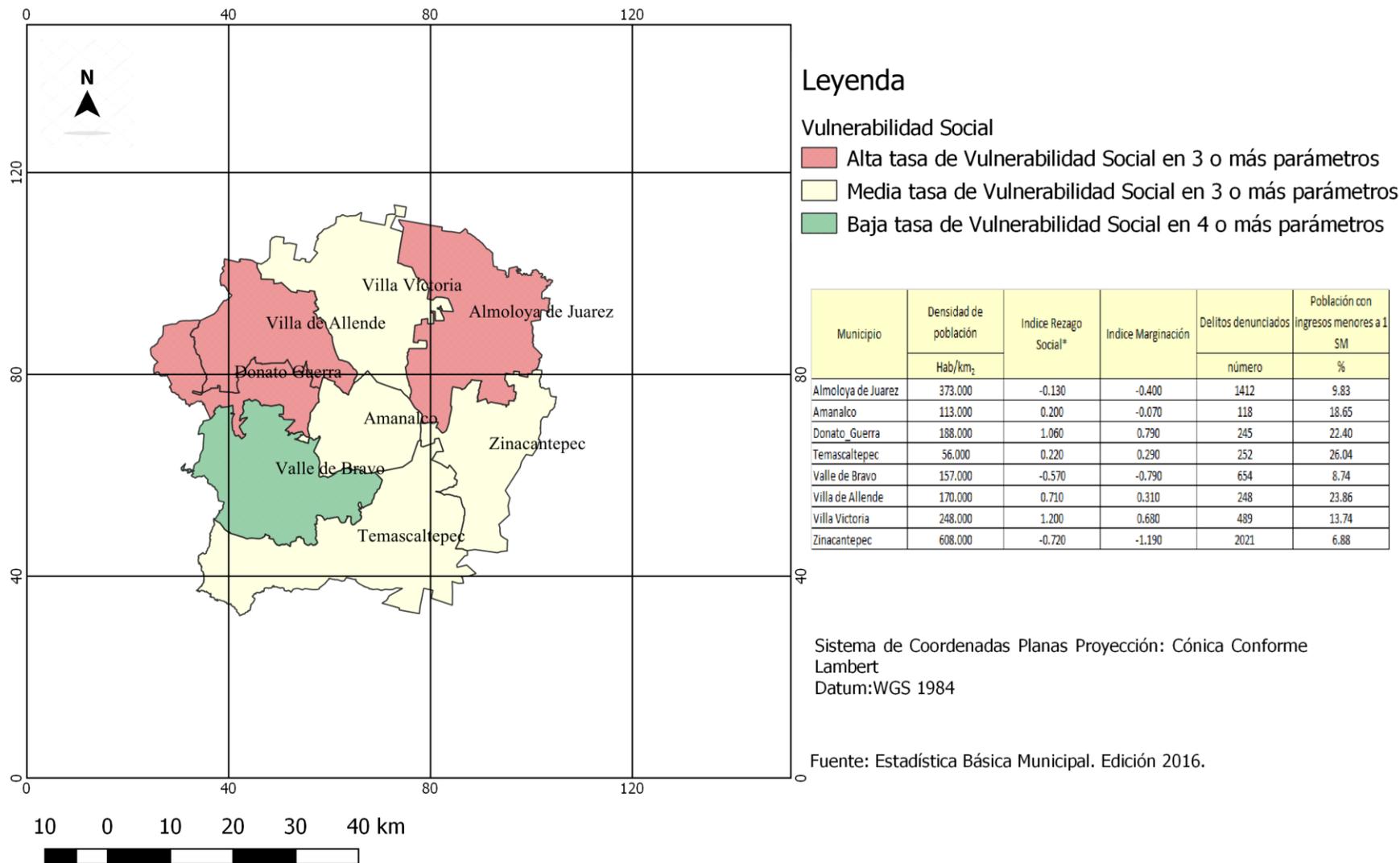


Figura 17. Mapa de Vulnerabilidad Social de la Cuenca Valle de Bravo Amanalco (Elaboración Propia)

Mapas de Vulnerabilidad

De acuerdo con los mapas obtenidos de cada componente, se realizó la sobreposición de capas y se obtuvo el mapa de Zonas de Baja y Alta vulnerabilidad, en él se puede apreciar que la parte norte y norteste de la cuenca son las zonas más vulnerables además de la zona de la presa de Valle de Bravo. Este mapa nos permite visualizar las zonas exactas de vulnerabilidad, sin embargo no nos refleja cuales es el componente afectado.

Zonas de Vulnerabilidad Alta y Baja Cuenca de Valle de Bravo Amanalco

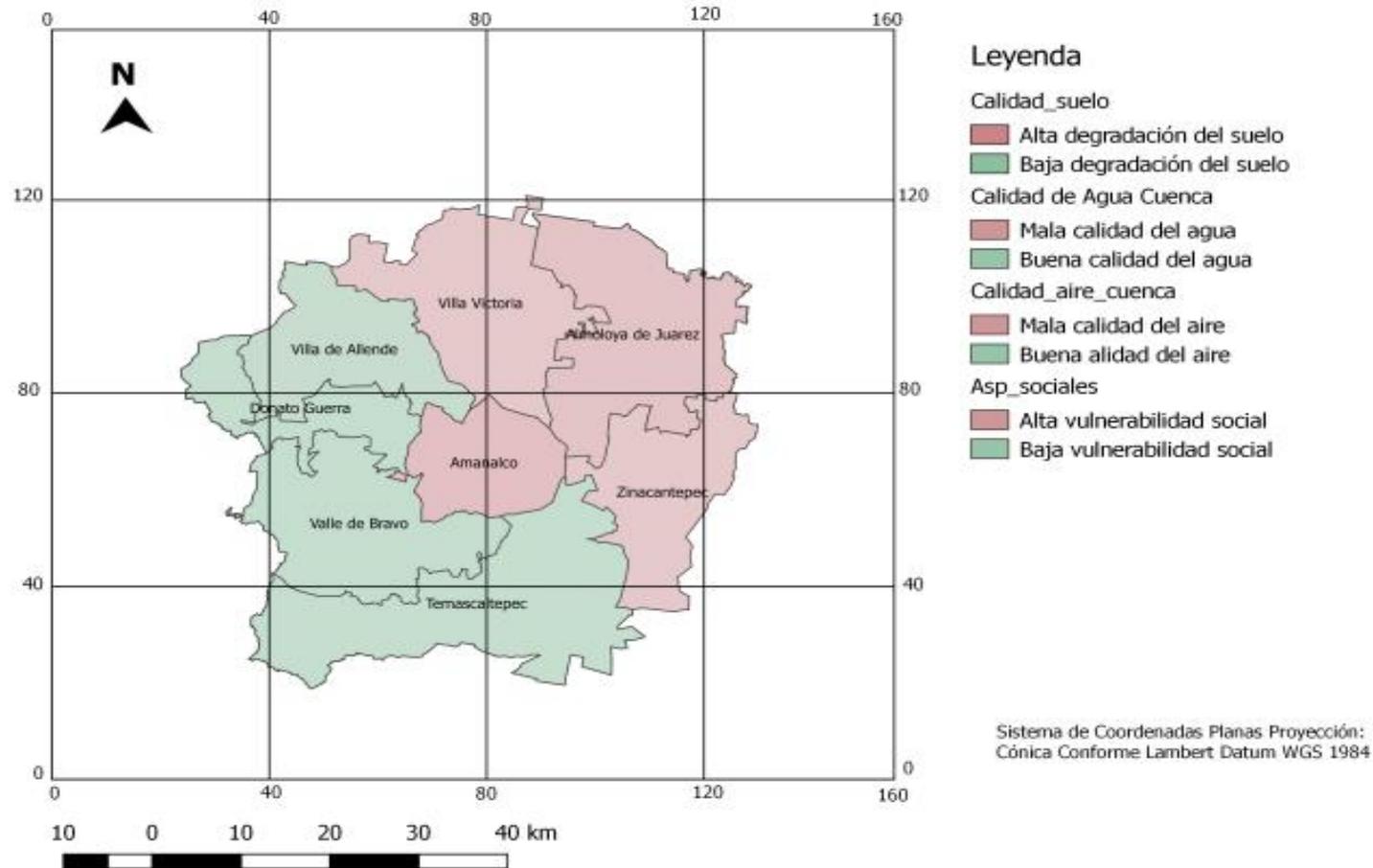


Figura 18. Mapa de Zonas de vulnerabilidad alta y baja de la cuenca de Valle de Bravo Amanalco (Elaboración Propia)

El mapa siguiente es de mucha utilidad, para poder identificar las zonas más recomendadas para nuevos proyectos. El municipio resaltado con verde presentan una baja o nula vulnerabilidad ambiental y la mayor oportunidad de impacto social. La zona recomienda sería el municipio Donato Guerra.

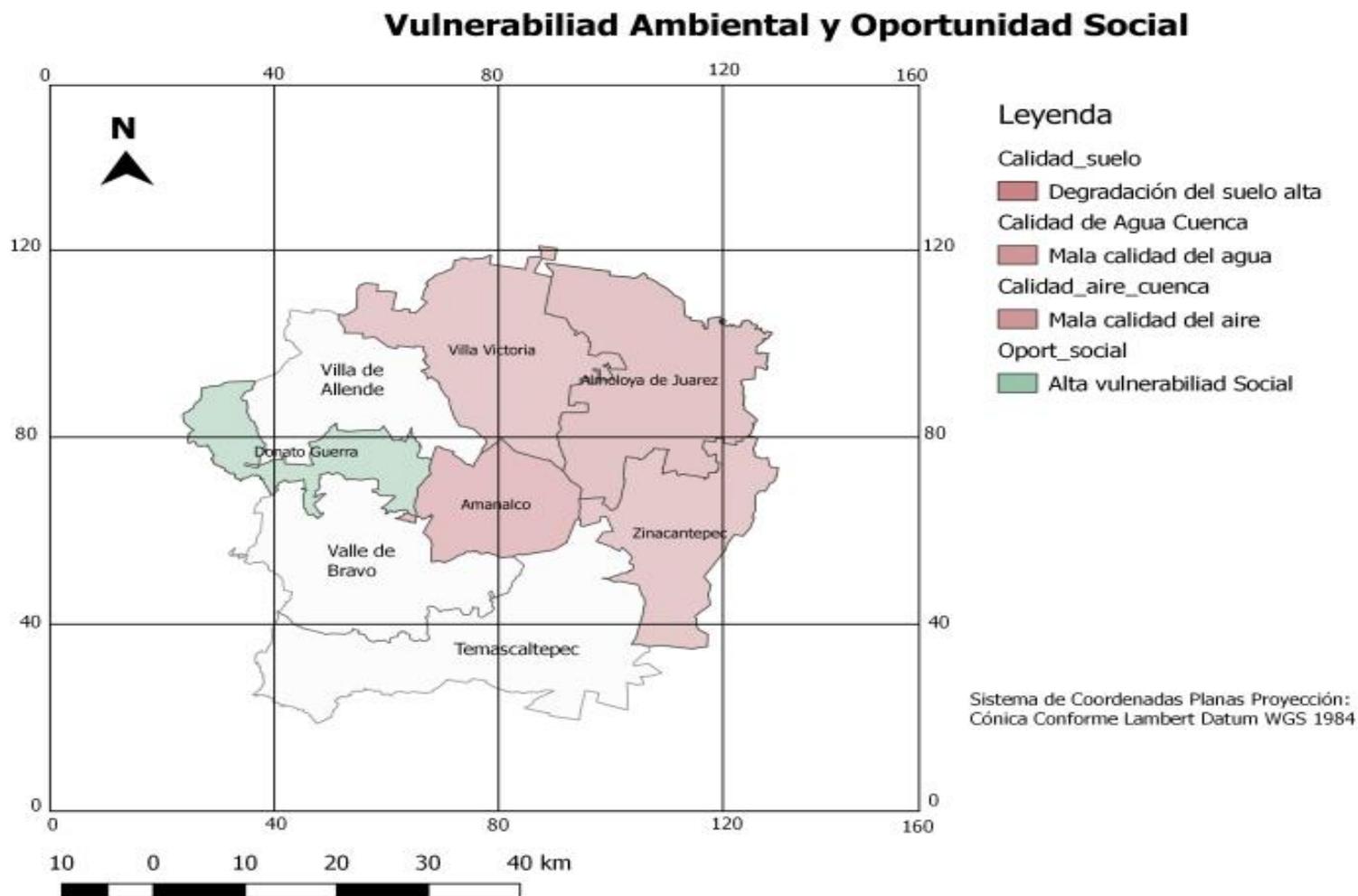


Figura 19. Mapa Vulnerabilidad Ambiental y oportunidad social (Elaboración Propia)

4.1.6 Análisis de la Información

Durante esta etapa se revisó la confiabilidad de los datos, los periodos de validez de la información, que estuviera georreferenciada y que aquella que se obtuvo de cartografía estuviera en el

4.1.7 Valoración

La matriz de impactos globales por municipio, es la que se muestra en la tabla 27, refleja el estado de cada componente. Para la valoración global, se consideró que tres calificativos iguales representarían el color de la valoración final, en casos diferentes, el calificativo del suelo sería el que tendría el mayor peso, debido a que es el componente que en su alteración afecta directamente a los demás componentes. Con la tabla de valoraciones, se realizó el mapa de zonas de vulnerabilidad (MEVAC), que considera la interacción de los 4 componentes, y nos muestra que las municipios más vulnerables son Amanalco, Villa Victoria, Almoloya de Juárez y Zinacantepec (ver figura 21).

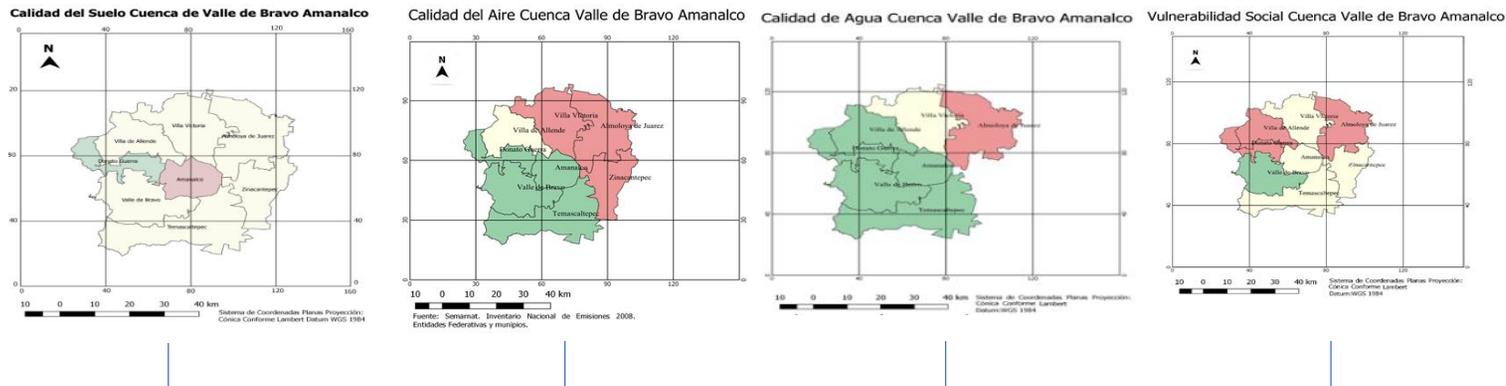
Tabla 27. Matriz de vulnerabilidad de la cuenca Valle de Bravo Amanalco

Municipio	Componente				Valoración Final
	Agua	Aire	Suelo	Social	
Almoloya de Juárez	Rojo	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo
Amanalco	Rojo	Verde	Rojo	Amarillo	Rojo
Donato Guerra	Amarillo	Verde	Verde	Rojo	Verde
Temascaltepec	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo
Valle de Bravo	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde
Villa de Allende	Verde	Amarillo	Amarillo	Rojo	Amarillo
Villa Victoria	Rojo	Rojo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Zinacantepec	Rojo	Rojo	Amarillo	Amarillo	Rojo

Fuente: Elaboración Propia

4.1.8 Caracterización de la vulnerabilidad.

Empleando un SIG, se representa la vulnerabilidad de cada componente, la calidad del suelo, aire, agua y el aspecto social. Con la valoración final de la matriz (tabla 28) se genera el mapa de zonas de vulnerabilidad global.



Zonas de Vulnerabilidad Cuenca de Valle de Bravo Amanalco (MEVAC)

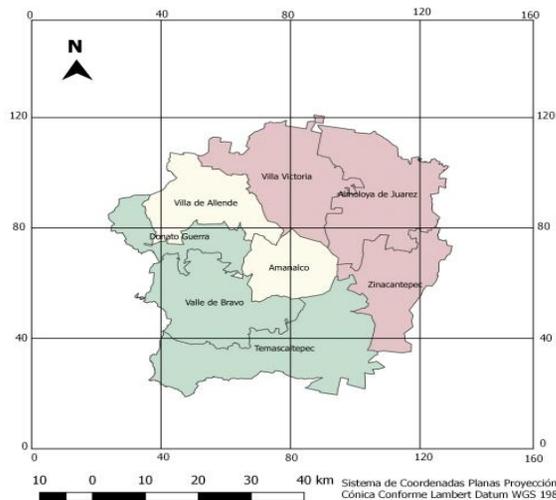


Figura 20. Caracterización de la Vulnerabilidad de la Cuenca de Valle de Bravo Amanalco (Elaboración Propia)

4.1.9 Entrega de Resultados

Este mapa representa la vulnerabilidad global como resultado de la EAC. Como se puede observar los municipios de Villa Victoria, Almoloya de Juárez y Zinacantepec son las zonas más vulnerables debido a que presentan la peor calidad de los componentes ambientales y la mayor vulnerabilidad social. Son zonas prioritarias que requieren de PPP que atenúen su vulnerabilidad y aumenten su resiliencia. Donato Guerra, Valle de Bravo y Temascaltepec, por otra parte, son las zonas menos impactadas y más aptas para nuevos proyectos (sin embargo, está sujeto a restricciones de capacidad y aptitud del territorio).

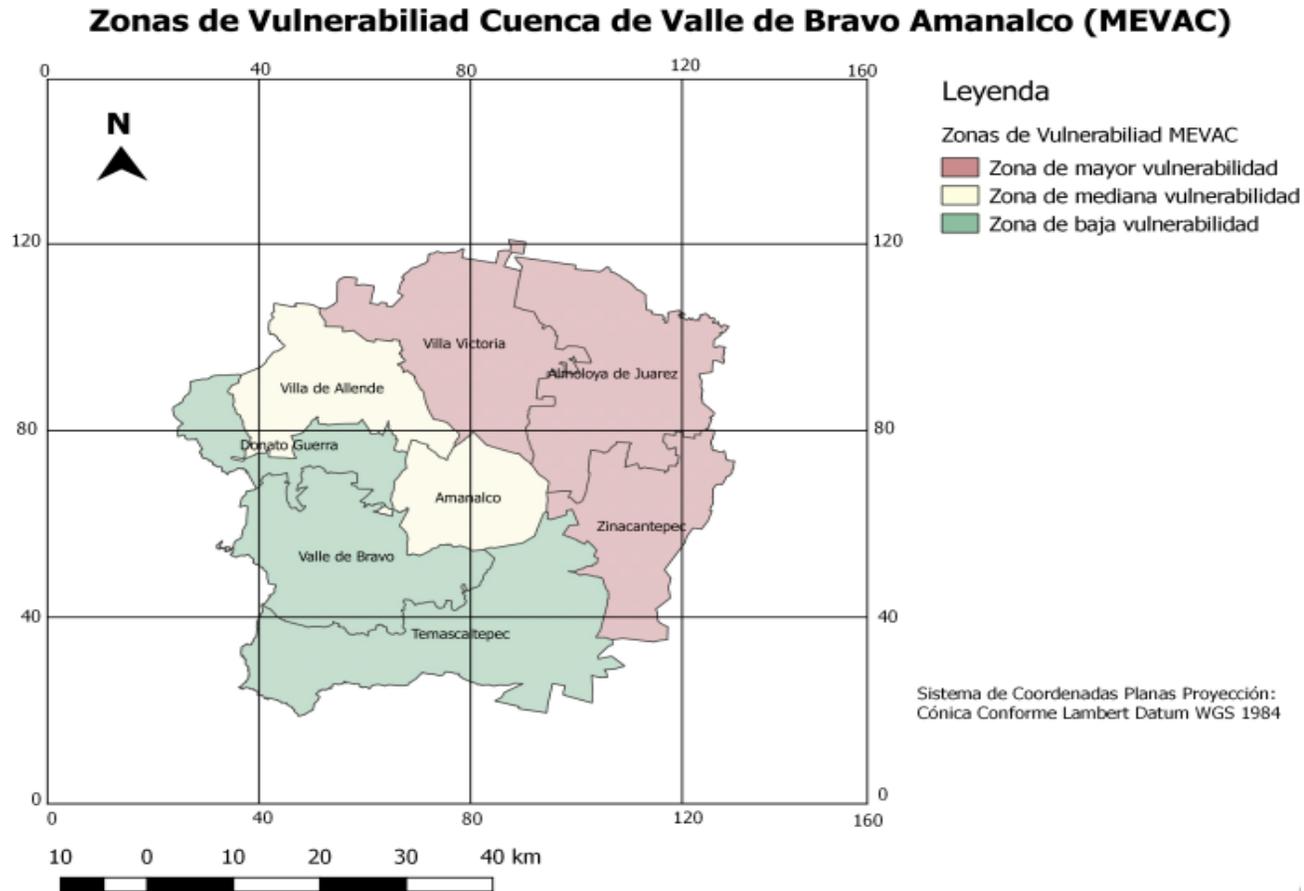


Figura 21. Mapa de Zonas de vulnerabilidad de la Cuenca Valle de Bravo Amanalco (MEVAC) (Elaboración Propia)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Metodología MEVAC, ayuda a determinar las zonas de mayor vulnerabilidad en cuencas, está vulnerabilidad considera el impacto de las actividades antropogénicas en los diversos componentes ambientales, e indica que de continuar degradando la calidad de los mismos y no realizar acciones de mitigación, se verán afectados los servicios ambientales que proporciona la cuenca, y pone en peligro la pérdida de ecosistemas, la salud y calidad de vida de los habitantes y la productividad de las regiones.

Una de las grandes limitantes en la aplicación de la metodología fue la selección de indicadores debido a la poca disponibilidad de datos con el nivel de detalle requerido. Con ello se limitó la evaluación, y por lo tanto se limita la toma de decisiones. La disponibilidad de información no debería ser un criterio para la selección de indicadores, solo una guía del grado de detalle. Actualmente no existe un conjunto de indicadores aplicables para el manejo de cuencas o su evaluación, ya que cada situación es única, sin embargo los indicadores deben reflejar las características físicas de la cuenca y el grado de influencia de las actividades antropogénicas. Sin perder de vista que los resultados deben ser útiles para los actores tomadores de decisiones.

Se considera fundamental generar una base de datos (accesible a todo público, gratuita y confiable) con información a nivel de cuencamunicipal de los distintos rubros, ambiental, económico y social. Que pueda servir de insumo para los indicadores empleados en la planeación y gestión de los recursos de la cuenca. Por ejemplo, información como las emisiones en ton/año de CO₂, (y demás contaminantes que afectan la calidad del aire, suelo y agua), la tasa de cambio de uso de suelo, la tasa de deforestación, el % de agua tratada, y volumen de agua consencionadao, cantidad de generación y disposición de residuos, etc.

Al termino de este trabajo se considera que se cumplió con el objetivo de desarrollar una metodología para la EAC y aplicarla para la determinación de zonas vulnerables. Sin embargo la calidad, continuidad y nivel de detalle de la información limitó su uso y los resultados obtenidos. Aplicando MEVAC se determinó que los municipios más vulnerables de la Cuenca de Valle de Bravo Amanalco son Almoloya de Juárez, Villa Victoria y Zinacantepec por lo que si se tienen planeados nuevos proyectos de desarrollo en estos municipios, su autorización debería requerir severas medidas de mitigación y compensación y lo más recomendable sería no ubicarlos en esta zona.

Este trabajo de investigación ofrece una herramienta metodológica, que representa una pauta en el camino hacia la gestión integral ambiental por cuencas, que de aplicarse, representaría un esfuerzo hacia el cumplimiento del objetivo 11 de la agenda 2030 de las Naciones Unidas, enfocado a ciudades y comunidades sostenibles, donde se establece como meta aumentar la urbanización sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativa, integrada y sostenible de los asentamientos humanos en todos los países.

Finalmente, se recomienda la aplicación de MEVAC para: a) emplearse junto con el OT como insumos para para la EIA y la EAE para definir el tipo de proyectos adecuados a un sitio, b) para realizar estudios del estado atual de las cuencas, y c) como herramienta preventiva, para el monitoreo del estado de los servicios ecositémicos de las cuencas.

Trabajos Futuros

- Aplicar la metodología con datos (inventarios y base de datos) más recientes de la Cuenca Valle de Bravo Amanalco, e incorporar información con mayor nivel de detalle, para poder delimitar mejor las zonas impactadas.
- Completar el análisis del caso de estudio incluyendo la información de indicadores económicos con un nivel detalle adecuado para su correcta interpretación.
- Emplear la metodología MEVAC en otras cuencas, para poder verificar su desempeño y comparar resultados.
- Conjuntar la metodología MEVAC con metodologías de capacidad de acogida del territorio, para combinar su valoración y determinar mapas de aptitud con jerarquización de usos y actividades. Y así poder realizar una adecuada zonificación de la cuenca, optimizando su uso y gestionando de manera sostenible las áreas de influencia (Ver Anexo 2).

6. REFERENCIAS

- (s.f.). Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de Food and Agriculture Organization of the United Nations Web site: <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s09.htm>
- Ahumada, B., Pelayo, M., & Castañon, A. (2012). Sustentabilidad ambiental, del concepto a la práctica: Una oportunidad para la implementación de la evaluación ambiental estratégica en México. *Gestión y política pública*, 21(2).
- Antequera, T. (2008). *Temas de Ordenación del Territorio*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Arbeláez, A., & Fabio, A. (2006). *Desarrollo Sostenible y sus indicadores*. Facultad de Ciencias sociales, Universidad del Valle, Centro de Investigaciones y documentación socioeconómica, Colombia. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/colombia/cidse/Doc93.pdf>
- Arriaga, R. (15 de 11 de 2017). *La evaluación del impacto ambiental en México. Situación actual y perspectivas futuras*. Obtenido de https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/5ed096804c08c215af3fbf79803d5464/5_Raul+Arriaga_Estudiodio.pdf?MOD=AJPERES
- Auckland Regional Council. (1998). *B. D. Bates Breaking down the barriers, an example of integrated catchment management*. Auckland , New Zealand.
- Brady, J. (2005). *Environmental Management in Organizations*. UK: The IEMA Handbook.
- Caballero, C. A. (2007). *Metodología genérica de Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), mediante el uso de Indicadores Ambientales (IA), y Análisis Multicriterio (AMC), con aplicación al Plan Director Sectorial Energético de las Islas Baleares (PDSEIB's)*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Caire, G. (s.f.). *Retos para la gestión ambiental de la Cuenca Lerma Chapala: obstaculos institucionales para la introducción del manejo integral de cuencas*.
- Caire, G. (s.f.). *Retos para la gestión ambiental de la Cuenca Lerma Chapala: obstáculos institucionales para la introducción del Manejo Integral de Cuencas*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/528/retos.pdf>
- Camara, A. (2006). *Método Contextual para fusión de datos*. México: UNAM.
- CEPAL. (1994). *Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable: La Gestión Inegrada de Cuencas. Segundo Congreso Latinoamericano de Cuencas Hidrológicas*. Venezuela.
- Chávez, G. (2000). *La gestión del agua en México y en el mundo: hacia una gobernabilidad moderna y eficaz de los recursos hídricos*. Borrador, Distrito Federal.
- Clark, B. (1996). *Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)*. Trabajo presentado en el seminario, Centro de Estudios Públicos.

- Clayton, D., & Sadler, B. (2005). *Strategic Environmental Assessment-A Sourcebook and Reference Guide to International Experience*. UK & USA: Earthscan.
- CONAGUA. (05 de Julio de 2016). *Consejos de Cuenca*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/consejos-de-cuenca>
- CONAGUA. (21 de 11 de 2018). *RENAMECA*. Obtenido de RED NACIONAL DE MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA : <https://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf>
- Cotler, H. (2004). *Manejo Integral de Cuencas en México*. D.F., México.
- Dourojeanni, A. (1997). Procedimientos de Gestión para un Desarrollo Sustentable (aplicables a municipios, microregiones y cuencas). En A. J. Dourojeanni, *Gestión del Agua a Nivel de Cuencas: Teoría y Práctica*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Dourojeanni, A. (2000). *Procedimiento de Gestión para el desarrollo sustentable*. Santiago de Chile: CEPAL ECLAC.
- Dourojeanni, A. (2006). *Conceptos y definiciones sobre gestión integrada de cuencas*. Documento para Debate, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago de Chile.
- Dourojeanni, A., & Basterrechea, M. (1996). *Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo*. Washington, D.C.
- Espinoza, G. (2007). *Gestión y fundamentos de la Evaluación de Impacto Ambiental*. Santiago-Chile: Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Centro de Estudios para el Desarrollo (CED).
- European Commission. (1994). *Strategic environmental assessment: existing methodology*. Luxembourg.
- European Commission; DG TREN. (2005). *THE SEA MANUAL-A sourcebook on strategic environmental assessment of transport infrastructure plans and programmes*. Brussels. Recuperado el 28 de Julio de 2019, de https://ec.europa.eu/environment/archives/eia/sea-studies-and-reports/pdf/beacon_manuel_en.pdf
- FAO. (2007). *Guía metodologica para el manejo participativo de microcuencas*. Guatemala. Recuperado el 2018, de https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/3/12647138247290/guia_manejo_microcuencas.pdf
- FAO. (2011). *Evaluación del Impacto Ambiental, directrices para los proyectos de campo de la FAO*. Roma. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i2802s.pdf>
- Fox, I. (1964). *Review and Interpretation of Experiences in Water Resources Planning*. Georgia Institute of Technology. Atlanta, Georgia: Water Resources Center.
- García, J. B. (2014). *Estimación de la pérdida de suelo en la cuenca valle de bravo-amanalco mediante percepción remota*. México: UNAM.

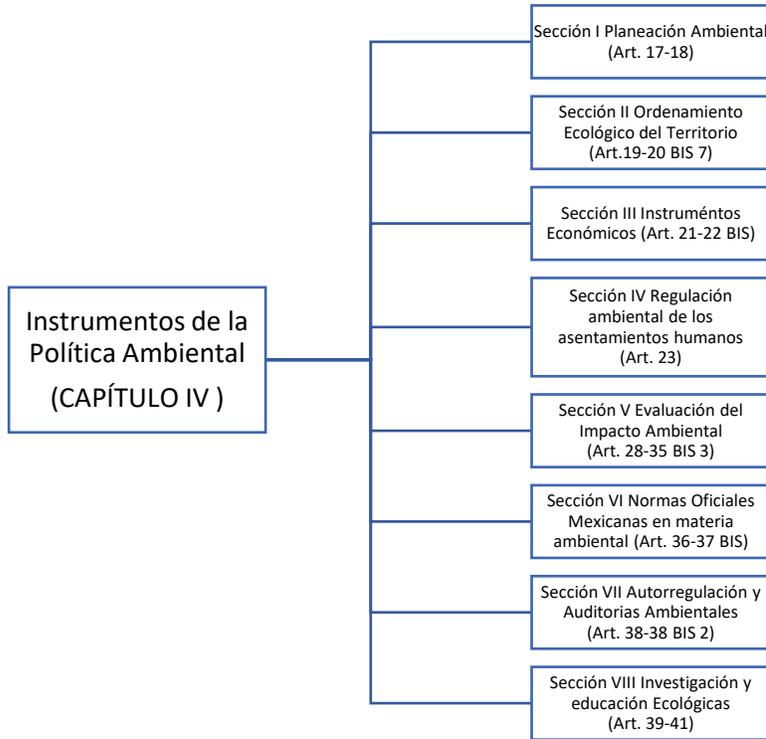
- Garmendia, S. (2009). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Trillas.
- Gilpin, A. (1995). *Environmental Impact Assessment: cutting edge for the twenty-first century*. USA: Cambridge University Press.
- Gómez, S. (2014). *Metodología para el estudio de la capacidad de acogida del suelo en cuencas hidrográficas. Aplicación al ordenamiento territorial de la cuenca del río Mazar*. Universidad de Cuenca.
- González, J. (2000). *Guía Metodológica para el Estudio de Cuencas Hidrológicas Superficiales con Proyección de Manejo*. Cuba: Universidad de la Habana.
- González, J. I. (s.f.). *ESTUDIOS AMBIENTALES EN CUENCAS. EL MANEJO DE CUENCAS EN CUBA: ACTUALIDADES Y RETOS*. Cuba. Recuperado el 03 de 06 de 2019, de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/452/gonzalez.html>
- Hatton, T., Reggiani, P., & Hodgson, G. (2002). The role of trees in the water salt balances of catchments. . En R. Stirzaker, R. Vertessy, & A. Sarre, rees, *Water and Salt: an Australian Guide to Using Trees for Healthy Catchments and Productive Farms*. (págs. 28-42). Australia: Joint Venture Agroforestry Program and CSIRO.
- IISD. (2019). *International Institute for Sustainable Development*. Recuperado el 25 de 08 de 2019, de <https://www.iisd.org/learning/eia/es/eia-essentials/timeline/>
- IMTA. (2012). *Plan estratégico para la recuperación ambiental de la Cuenca Amanalco-Valle de Bravo: Actualización*. Fundación Gonzalo Río Arronte. Obtenido de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2014/05/Plan_cuenca_Amanalco_Valle_de_Bravo.pdf
- LGEEPA. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Obtenido de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- Molinet de la Vega, E. (2008). *La Ordenación del Territorio en el Ecuador*. Borrador.
- Montoya, N., Ríos, S., & Hincapié, J. (2019). *Planificación de áreas de nfluencia en embalses. Propuesta desde la Capacidad de Acogida*. Bitacora Urbana Territorial, Bogotá. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/748/74859406011/html/index.html>
- Moreno, A., & Renner, I. (2007). *Gestión Integral de Cuencas. La experiencia del Proyecto Regional de Cuencas Andinas*. Lima, Perú.
- Noriega, O., Gutierrez, Y., & Rodríguez, J. (2011). Vulnerability and risk analysis to flooding in the lower basin of gaira river in the district of Santa Marta. *Prospect*, 9(2), 93-102.
- O'Neill, R., DeAngelis, D., Waide, J., & Allen, T. (1986). *A Hierarchical Concept of Ecosystems*. Nueva Jersey: Princeton Univ.
- Olivares, R. (s.f.). *Los consejos de Cuenca en la Gestión del Agua*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de http://www.agua.unam.mx/vi-encuentro/assets/pdf/ponencias/olivares_roberto.pdf

- ONU. (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Conferencia, Río de Janeiro.
- Perevochtchikova, M. (Enero de 2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*, 22(2), 283-312.
- Pizarro, R. (2001). *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Romano Velasco, J. (2000). *Desarrollo sostenible y evaluación ambiental: Del impacto al pacto con nuestro entorno*. Valladolid: Ámbito Ediciones.
- Ruelas, L. (2017). *Gobernanza para el manejo integral de cuencas*. (J. P. editor, Ed.) Veracruz, México. doi:ISBN:978-607-711-440-6
- Ruiz, N. (2012). *La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo*. Investigaciones geográficas. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_isoref&pid=S0188-46112012000100006&lng=es&tlng=es
- Russel, S. (1995). *An Introduction to Strategic Environmental Assessment and Sustainability Analysis*. Working Paper, OTAN.
- Sadler, B. (1999). An Framework for Environmental Sustainability. En B. Scientific, *Handbook on Environmental Impact Assessment* (págs. 12-32). Londres: J. Petts .
- Sadler, B., & Verheem, R. (1996). *Strategic Environmental Assessment – Status, Challenges and Future Directions*. The Hauge: Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment of the Netherlands.
- Scoot, M. (s.f.). *De la EIA a la EAE y de vuelta: Revisando la tiranía de decisiones pequeñas*. Canadá: Integrated Environmental Ltd. Recuperado el 22 de agosto de 2019, de http://www.iirsa.org/admin_iirsa_web/Uploads/Documents/ease_taller08_m3_anexo1.pdf
- SEMARNAP. (2000). *Evaluación del impacto ambiental: Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*. México.
- SEMARNAT. (2012). *Sistema Nacional de Indicadores Ambientales*. Obtenido de http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/Indicadores_ilac14/ilac14/00_ilac/introduccion.html?De=SNIA
- Vera, J. M., & Albarracín, A. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2). doi:<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2309>
- Verheem, R., & Tonk. (2012). *Strategic environmental assessment: one concept, multiple forms*.
- VEROM Ministry of Housing, S. a. (1998). *Environmental assessment of strategic decisions and projects decisions: interactions and benefits*. Netherlands.

- Viladrich, A. (1972). *América Latina. La planificación hidráulica y los planificadores*. Santiago de Chile: Universitaria.
- Watherm, P. (1988). *Evaluación de Impacto Ambiental Teoría y Práctica*. México.
- Wilches-Chaux, G. (1989). *Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis*. Popoyán: Servicio Nacional de Aprendizaje.
- World Vision. (s.f.). *Manual de manejo de cuencas* (Vol. Modulo 5). Unión Europea. Recuperado el 2018, de <http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyctogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/Plan%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf>
- Wu, J., Chang, S., & Bina, O. (2011). Strategic environmental assessment implementation in China — Five-year review. *Environmental Impact Assessment Review* 31 , 77–84. Obtenido de https://bidi.uam.mx:9234/S0195925510000715/1-s2.0-S0195925510000715-main.pdf?_tid=c9fc0ae1-26ba-4450-a5f1-c77b20e9d334&acdnat=1528924608_bf05522b74ef5aa617e2ad8a62cbb567

7. ANEXOS

Anexo I. Instrumentos de la Política Ambiental (LGEEPA, 1988)



Anexo II. Síntesis de propuesta metodológica para Zonificación de la Cuenca (Adaptado de Montoya, Ríos, e Hincapié, 2019)



Tabla 28. Valoración de la capacidad y vulnerabilidad de diferentes actividades en la Cuenca

Capacidad	Zonas impactadas o vulnerabilidad		
	Baja	Media	Alta
Alta	UP	A (EIA)	DES
Media	A (IVT)	A (EIA+IVT)	DES
Baja	NP	NP	NP

Fuente: (Montoya, Ríos, e Hincapié, 2019)

UP: Se permite el uso sin limitación. No existen restricciones técnico-económicas, ni restricciones ambientales.

A (EIA): Se acepta el uso, pero se requiere un EIA en el que se demuestren medidas a tomar para corregir el impacto previsto.

A (IVT): Se acepta el uso, previo informe favorable de viabilidad técnico económico.

A (EIA +IVT): Se permite el uso, previo informe favorable de viabilidad técnico y ambiental.

DES: Se desaconseja el uso por ser incompatible con la protección del medio ambiente al provocar daños considerables o irreversibles.

NP: No se permite el uso.