



## IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES EN LAS ACTIVIDADES PETROLERAS EN MÉXICO.

**Francisco Jiménez Cruz**

Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental SEMARNAT.

Av. Revolución # 1425 Nivel 10, Col. Tlacopac, Deleg. Alvaro Obregón, C.P. 01040, México, D.F., Tel. 56243451, correo electrónico: [fcjimene@semarnat.gob.mx](mailto:fcjimene@semarnat.gob.mx) y [fjimenez\\_cruz@hotmail.com](mailto:fjimenez_cruz@hotmail.com), biólogo egresado de la FES–Iztacala–UNAM, becario y tesista de licenciatura en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Especialista en Evaluación del Impacto Ambiental del Sector Petrolero en la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental.

### RESUMEN

El presente trabajo, tiene como objetivo presentar los diversos aspectos teóricos y prácticos en cuanto a la identificación, evaluación y propuesta de medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales generados por las actividades petroleras en los sistemas ambientales terrestres y marinos en México. Para cumplir con dicha expectativa, es importante reconocer las obras y actividades que más se realizan por el sector petrolero en los aspectos de exploración y explotación de hidrocarburos y entre ellas se tienen a las prospecciones sísmológicas 2D y 3D, perforación de pozos, estaciones de recolección y/o baterías de separación, líneas de conducción de hidrocarburos (líneas de descarga, gasoductos, gasolinoductos, oleoductos, oleogasoductos y poliductos), sistemas de inyección de agua congénita y para el caso de actividades en zona marina se requiere de la instalación de plataformas de perforación, producción, compresión, habitacionales entre los equipos más importantes. Por otro lado se señalaron las principales afectaciones a los sistemas ambientales en su estructura, función y composición, es decir; la interrelación que existe entre la biodiversidad y sus componentes abióticos, finalmente con base en la información de campo y de la literatura especializada se identificaron los impactos más comunes, así como de las medidas de prevención y mitigación, mismos que quedaron plasmadas en el cuerpo de este trabajo.

**Palabras clave (impacto, matriz, componente, mitigación)**

### INTRODUCCIÓN

La evaluación del impacto ambiental es un instrumento de política ambiental que tiene como finalidad diseñar las estrategias jurídicas para la regulación de las actividades productivas privadas o públicas sobre los sistemas ambientales terrestres y marinos, mismas que quedaron establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y su Reglamento en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. El cumplimiento de dichas figuras jurídicas, requieren del soporte teórico práctico donde la evaluación del impacto ambiental tiene como objetivo identificar, evaluar y proponer medidas de prevención y o regulación de los cambios que pueda sufrir un sistema ambiental particular en su estructura, composición y función (agua, suelo, biodiversidad, aire, social, entre los más importantes), por causas de tipo natural o antrópico (Primack *et al.*, 2001).

En la literatura especializada en evaluación del impacto ambiental Canter (1999), Bojorquez (1998), Conesa (1997), Rau, (1980) entre otros, nos han proporcionado gran cantidad de información con respecto a métodos de identificación y evaluación del impacto ambiental de manera general o particular y ser aplicada en una actividad específica, no obstante esta no es suficiente para decidir cual se ajusta más a las características de un país como México si tomamos en consideración sus valiosos atributos ambientales.

Por otra parte, es importante reconocer que la exploración y producción de los hidrocarburos está encomendada a Petróleos Mexicanos y directamente a la Subsidiaria PEMEX Exploración y Producción y para cumplir su meta requiere forzosamente la afectación al ambiente donde es evidente ver las modificaciones al suelo, la vegetación y el agua entre las más importantes, ya que estas se verán reflejadas en los aspectos sociales y económicos.

Finalmente tomando como base el aspecto jurídico y técnico mencionado anteriormente, le agregamos los factores experimentales y de campo, es decir; el análisis de las manifestaciones de impacto ambiental ingresadas a evaluación y las visitas de campo realizadas a los sitios de los proyectos permiten hacer precisiones más acordes en la proposición de identificación, evaluación y medidas de mitigación en la exploración y producción de hidrocarburos.

## OBJETIVO Y RESULTADOS

Por lo antes señalado se tomó la decisión de realizar un análisis de la información de los estudios de impacto ambiental presentados por PEMEX Exploración y Producción, de las diversas visitas de campo realizadas en sistemas terrestres y marinos (Cuenca de Burgos y Campo Cantarell) y de la información técnica especializada, de ello se derivó que para la exploración y explotación de los recursos energéticos no renovables o mejor llamados hidrocarburos, requieren de una cantidad de obras, las cuales llamaremos obras tipo (prospecciones sísmicas, perforación de pozos, líneas de conducción, estaciones de recolección), estas obras quedan mejor explicadas en la **TABLA 1**, donde también podemos apreciar las actividades que se requieren por etapa de desarrollo y de este modo podemos identificar impactos ambientales de forma integral.

**TABLA 1: Matriz de interacción en la que se definen las actividades más importantes de las obras tipo, en función de sus etapas de desarrollo.**

| OBRAS TIPO  | ETAPAS DE DESARROLLO  |  |   |  |
|---|---|--|---|--|
|   | PREPARACIÓN DEL SITIO (1)   | CONSTRUCCIÓN (2)   | OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (3)   | ABANDONO (4)   |
| (I)<br>SÍSMICA 2D Y 3D  | -CAMBIOS DE USO DEL SUELO.<br><br>-LOCALIZACIÓN DE LAS OBRAS TIPO.<br><br>-APERTURA DE CAMINOS DE ACCESO<br><br>-DESMONTE Y DESPALME DE LAS SUPERFICIES REQUERIDAS. | -APERTURA DE BRECHAS (FUENTE Y RECEPTORAS)<br><br>-INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS CON TODOS LOS SERVICIOS  | -MÉTODOS<br>1) EXPLOSIVOS<br><br>-EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE NUEVOS YACIMIENTOS Y YA EXISTENTES.<br>-CÁLCULO DE RESERVAS POTENCIALES.<br>-EVALUACIÓN ECONÓMICA.<br>-DEFINICIÓN DE LOS CAMPOS DE DESARROLLO.  | -RETIRO DEL EQUIPO DE SÍSMICA 2D Y 3D.   |
| (II)<br>(PERAS O CUADROS DE MANIOBRAS)  | -CORTES, NIVELACIÓN, RELLENOS.<br><br>-TRANSPORTE DE MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRABAJO.  | -BARDAS PERIMETRALES<br>-PRESAS DE QUEMA<br>-CONTRAPOZOS<br>-AMPLIACIONES DE LA PERA   | -INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES.  | -ÚNICAMENTE CUANDO EL POZO SE AGOTA O NO ES PRODUCTOR.<br>-LA PERA PUEDE SERVIR PARA PERFORACIONES DIRECCIONALES.                        |
| (III)<br>POZOS (EXPLORATORIOS, DELIMITADORES Y PRODUCTORES)   |   | -PERFORACIÓN DE POZOS<br>-GENERACIÓN DE LODOS<br>-FRACTURA DE POZOS<br>-INSTALACIÓN DEL ÁRBOL DE VÁLVULAS  | -DESFOGUES EN LAS PRESAS DE QUEMA.<br>-INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES.  | -TAPONAMIENTO DE LOS POZOS AGOTADOS Y NO PRODUCTORES   |
| (IV)<br>LÍNEAS DE DESCARGA (LDD)  |   | -DERECHOS DE VÍA<br>-APERTURA DE ZANJAS<br>-TENDIDO Y BAJADO DE TUBERÍA.<br>-SOLDADO Y PROTECCIÓN MECÁNICA.<br>-PRUEBA HIDROSTÁTICA<br>-PROTECCIÓN CATÓDICA.<br>-OBRAS ESPECIALES EN LOS CRUCES, DE RÍOS INTERMITENTES O PERENNES, LAGUNAS, EMBALSES Y TODO TIPO DE VIAS DE COMUNICACIÓN<br>-TRAMPAS DE DIABLOS Y QUEMADORES | -INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES, DERECHOS DE VÍA, ANÁLISIS DE CORROSIÓN Y OPERACIÓN<br><br>-INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LOS DERECHOS DE VÍA, SEÑALAMIENTOS, SUPERVISIÓN DE VÁLVULAS, ANÁLISIS Y PRUEBAS DE CORROSIÓN, CONDUCCIÓN DE PRESIÓN, LIMPIEZA CON CORRIDAS DE DIABLOS (LIBRANZAS)<br>-SUSTITUCIÓN DE TRAMOS DE DUCTOS.   | CLAUSURA Y LIMPIADO DE LOS SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS (GASODUCTOS, OLEODUCTOS, GASOLINODUCTOS, OLEOGASODUCTOS Y POLIDUCTOS) |
| (V)<br>SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS:<br>-GASODUCTOS<br>-OLEODUCTOS<br>-GASOLINODUCTOS<br>-OLEOGASODUCTOS Y POLIDUCTOS              |   |  | -CONDUCCIÓN DE LAS AGUAS CONGÉNITAS DE LOS SEPARADORES DE LAS ESTACIONES DE RECOLECCIÓN HACIA LOS POZOS AGOTADOS  |  |
| (VI)<br>SISTEMAS DE INYECCIÓN DE AGUA CONGÉNITA   |   |  |   |  |
| (VII)<br>ESTACIONES DE RECOLECCIÓN, COMPRESIÓN Y BATERÍAS DE SEPARACIÓN, ESTACIONES DE BOMBEO, COMPLEJOS PROCESADORES, DE HIDROCARBUROS, ETC. |   | INSTALACIÓN DE:<br><br>-CABEZALES DE ALTA, MEDIA Y BAJA PRESIÓN<br>-SEPARADORES TRIFÁSICOS<br>-QUEMADORES<br>-TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONGÉNITA Y CONDENSADOS<br>-UNIDADES DE INTEGRACIÓN PARA REFINACIÓN Y PETROQUÍMICA (REFINERÍAS, COMPLEJOS PROCESADORES, PETROQUÍMICAS).                                      | -INSPECCIÓN Y VIGILANCIA DE LAS INSTALACIONES, REPARACIONES, PRUEBAS DE CORROSIÓN, PRESIÓN, SEPARACIÓN DE AGUA CONGÉNITA Y CONDENSADOS.<br>-VACIADO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CONGÉNITA Y CONDENSADOS Y TRASLADARLOS A LOS POZOS DE INYECCIÓN Y COMPLEJO PROCESADOR RESPECTIVAMENTE.<br>-ENVÍO DEL HIDROCARBURO A LOS DUCTOS PARA SU PUNTO DE VENTA O A COMPLEJO PROCESADOR. | RETIRO Y DESMANTELAMIENTO DEL EQUIPO DE LA SUPERFICIE AFECTADA.  |

NOTA: LOS NÚMEROS ARÁBICOS ENTRE PARÉNTESIS CORRESPONDEN A LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO: PREPARACIÓN DEL SITIO (1), CONSTRUCCIÓN (2), OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (3) Y ABANDONO (4).

LOS NÚMEROS ROMANOS CORRESPONDEN A LAS OBRAS TIPO DEL SECTOR PETROLERO Y GASERO: (I) SÍSMICA 2D Y 3D, (II) PERAS O CUADROS DE MANIOBRAS, (III) POZOS (EXPLORATORIOS, DELIMITADORES Y PRODUCTORES), (IV) LÍNEAS DE DESCARGA, (V) SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS (GASODUCTOS, OLEODUCTOS, GASOLINODUCTOS, OLEOGASODUCTOS Y POLIDUCTOS), (VI) SISTEMAS DE INYECCIÓN DE AGUA CONGÉNITA, (VII) ESTACIONES DE RECOLECCIÓN, COMPRESIÓN, BATERÍAS DE SEPARACIÓN, ESTACIONES DE BOMBEO.

Con base en la información presentada en la **TABLA 1**, se hizo un análisis de las actividades requeridas para llevar a cabo las obras tipo en función de los componentes ambientales involucrados del sistema ambiental de tal forma que se identificaron los siguientes impactos ambientales, los cuales se describen en la **TABLA 2**.

**TABALA2: Matriz de identificación de los impactos ambientales que pudieran causar las obras tipo por componente ambiental.**

| SISTEMA AMBIENTAL  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| COMPONENTES AMBIENTALES  |   |  |  |
| IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES   |   |  |  |
| SUELO  | AGUA  | AIRE   | BIODIVERSIDAD  |
| (I)<br>- (1.2.3) PÉRDIDA DE GRANDES EXTENSIONES DE COBERTURA VEGETAL, ASÍ COMO DE SUELO FÉRTIL, COMPACTACIÓN, EROSIÓN EÓLICA E HÍDRICA.<br>- MODIFICACIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL.  | - (1.2.3) CAMBIOS EN SU CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA DEBIDO AL POLVO QUE SE DEPOSITA, EL DERRAME DE DIESEL Y DEMÁS RESIDUOS POR MANEJO DE EQUIPO.   | - (1.2.3) CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AIRE POR LA GENERACIÓN TEMPORAL DE TOLVANERAS QUE AFECTAN LOS CICLOS VITALES DE LA FLORA Y LA FAUNA                        | - (1.2.3)-PÉRDIDA DE LOS REFUGIOS DE LA FAUNA.<br>- DISMINUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN.<br>- RUPTURA DE LOS CICLOS BIOLÓGICOS.<br>- CREACIÓN DE MANCHONES O ISLAS.  |
| (II)<br>- (1.2)-PÉRDIDA TOTAL DEL SUELO FÉRTIL,<br>- COMPACTACIÓN, IMPERMEABILIDAD, EROSIÓN (LOCAL)  | - (1.2)-CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA PARA REGAR LOS SUELOS Y CAMINOS DE ACCESO.   | - (1.2)-EMISIÓN DE POLVOS TEMPORALES, PROVOCADOS POR LOS CORTES DE NIVELACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPO.   | - (1.2)-ELIMINACIÓN TOTAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y FAUNA DEL CUADRO DE MANIOBRAS (LOCAL).   |
| (III)<br>- (2)-VERTIMIENTO DE LOS LODOS DE PERFORACIÓN HACIA EL EXTERIOR DEL POZO Y SUS ALREDEDORES  | - (2)-CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZADA PARA LA FRACTURA DE LOS POZOS.   | - (2.3)-EMISIÓN DE HUMO Y POLVO TEMPORALES POR EL PROCESO DE PERFORACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES.   | - (2.3)-EMISIÓN DE HUMO, POR LA ACCIÓN DE PERFORACIÓN.<br>- GENERACIÓN DE RUIDO POR LA ACCIÓN DE PERFORACIÓN.  |
| (IV, V, VI)<br>- (1.2.3)-PÉRDIDA DE LA CAPA FÉRTIL.<br>- MODIFICACIÓN DE LAS CURVAS DE NIVEL.<br>- COMPACTACIÓN.<br>- DISMINUCIÓN DE LA INFILTRACIÓN.<br>- CREACIÓN DE CUENCAS ARTIFICIALES.<br>- MODIFICACIÓN DE LOS CAUCES Y LECHOS DE RÍOS.<br>- SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS POR EFECTOS DE DERRAMES DE AGUA CONGÉNITA.<br>- DERRAMES DE CONDENSADOS Y DEMÁS PRODUCTOS ASOCIADOS QUE VIENEN DE LA CORRIDA DE DIABLOS.<br>- FUGA DE HIDROCARBUROS EN DIFERENTES TRAMOS DEL DUCTO. | - (1.2.3)-CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA TEMPORALES POR:<br>- OBRAS ESPECIALES EN CRUCES DE RÍOS CONTINUOS.<br>- DERRAMES DE AGUA CONGÉNITA EN CUERPOS DE AGUA NATURALES Y EMBALSES.<br>- INFILTRACIÓN A MANTOS ACUIFEROS.<br>- VERTIMIENTO DE AGUA DE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA EN CUERPOS DE AGUA. | - (1.2)-EMISIÓN DE POLVOS Y HUMO TEMPORAL, PRODUCTO DE LAS ACTIVIDADES DE APERTURA DE ZANJAS Y TAPADO.<br><br>- TRANSPORTE DE LA TUBERÍA, EQUIPO Y MAQUINARIA. | - (1.2)-FRACTURA DE LA CONTINUIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL EXISTENTE.<br>- DISMINUCIÓN DE LOS REFUGIOS FAUNÍSTICOS.<br>- CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA FLORA Y FAUNA.<br>- BARRERAS PARA EL LIBRE PASO DE LA FAUNA SILVESTRE. |
| (VII)<br>- (1.2.3)-PÉRDIDA TOTAL DEL SUELO FÉRTIL EN LA SUPERFICIE DE LA OBRA TIPO.<br>- COMPACTACIÓN.<br>- IMPERMEABILIDAD<br>- CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR DERRAMES DE AGUA CONGÉNITA Y CONDENSADOS.   | - (1.2.3)-DERRAME E INFILTRACIÓN DE AGUA CONGÉNITA DE LOS ACUIFEROS.<br>- VERTIMIENTO DE AGUAS CONGÉNITAS A CUERPOS DE AGUA.  | (1.2.3)-EMISIONES DE HUMO CONTINUO POR EL QUEMADOR O MACHERO DE LAS ESTACIONES Y BATERÍAS.   | (1.2)-ELIMINACIÓN TOTAL DE LA COBERTURA VEGETAL Y DE LA FAUNA.   |

Una vez que se analizaron los impactos ambientales, se procedió a elaborar una propuesta general de medidas de prevención y mitigación que se deberán aplicar por etapa de desarrollo según el componente ambiental afectado por las obras tipo, las cuales se detallan en la TABLA 3.

**TABLA 3: Matriz de propuestas de medidas de manejo, prevención y mitigación de los impactos ambientales que pudieran causar las obras tipo por componente ambiental.**

| SISTEMA AMBIENTAL  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| COMPONENTES AMBIENTALES  |  |  |  |
| MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN   |  |  |  |
| SUELO  | AGUA   | AIRE   | BIODIVERSIDAD  |
| - (1.2)-RECUPERACIÓN DEL SUELO ORGÁNICO Y REDISTRIBUIRLO.<br>- (1.2.3)-TRITURAR TODO EL MATERIAL DESMONTADO Y DISTRIBUIRLO<br>- (1.2)-INHABILITAR LOS CAMINOS DE ACCESO QUE NO TENGAN NINGÚN USO POSTERIOR AL PROYECTO.<br>- (1)-UTILIZAR LOS CAMINOS EXISTENTES Y REACONDICIONARLOS.<br>- (1)-CREAR CAMINO GUIA O GENERAL DE ACCESO QUE CONDUZCAN A LA RED DE CAMPOS DE DESARROLLO PETROLEROS.<br>- (3.4)-REMOCIÓN DE LOS SUELOS COMPACTADOS DE LAS BRECHAS SÍSMICAS 2D Y 3D, Y CAMINOS DE ACCESO INHABILITADOS PARA PROMOVER LA PRONTA REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN.<br>- (3)-APLICAR LOS PROGRAMAS DE CELAJE EN TODAS LAS OBRAS TIPO PARA EVITAR FUGAS, DERRAMES EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN QUE PUDIERAN DAÑAR LOS SUELOS.<br>- (1.2)-MINIMIZAR LAS SUPERFICIES REQUERIDAS PARA CAMPAMENTOS Y HOSPEDARSE EN LOS POBLADOS MÁS CERCANOS.<br>- (1.2)-LLEVAR A CABO LAS OBRAS ESPECIALES EN CRUZAMIENTOS CON RÍOS Y VÍAS DE COMUNICACIÓN. (PERFORACIONES DIRECCIONALES, LÁSTRADO, PILOTEADO, ENTUBAMIENTO CON CAMISAS ESPECIALES DE PROTECCIÓN.<br>- (1.2)-NO MODIFICAR LOS PATRONES DE ESCURRIMIENTO. | - (1.2.3)-APLICAR LA NOM-001 Y 002-ECOL-1996 SEGÚN SEA EL CASO.<br>- (1.2.3)-SE PROHIBE VERTER AGUAS RESIDUALES, CONGÉNITAS, CONDENSADOS, OTROS RESIDUOS LÍQUIDOS, DE PRUEBA HIDROSTÁTICA, DE LA FRACTURA DEL POZO, TANTO EN EL SUELO COMO EN CUERPOS DE AGUA CONTINUOS O INTERMITENTES<br>- (2.3)-EVITAR LAS INFILTRACIONES DE AGUAS CONGÉNITAS, CONDENSADOS Y OTROS RESIDUOS LÍQUIDOS EN LAS SUPERFICIES DE LAS ESTACIONES Y/ BATERÍAS DE RECOLECCIÓN (DIQUES DE CONTENCIÓN) Y PRESAS DE QUEMA (PELÍCULA IMPERMEABLE), PARA NO DAÑAR LOS ACUIFEROS CON LIXIVIADOS. | - (1.2.3)-APLICAR LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS CORRESPONDIENTES A EMISIONES A LA ATMOSFERA<br>- (1.2.3)-PARA EVITAR LEVANTAMIENTO DE POLVOS SE DEBERÁN MOJAR CONSTANTEMENTE LOS CAMINOS DE ACCESO DURANTE EL PASO DE MAQUINARIA Y EL EQUIPO DE TRANSPORTE EN HORAS DE TRABAJO.<br>- (1.2.3)-DARLE MANTENIMIENTO A LA MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRABAJO. | - (1.2)-LLEVAR A CABO EL PROGRAMA DE RESCATE.<br>- (1.2)-LLEVAR A CABO EL PROGRAMA DE AUMENTAMIENTO DE LA FAUNA SILVESTRE.<br>- (1.2)-CONSIDERAR LAS ESPECIES QUE SE ENCUENTREN EN LA NOM-0059-ECOL-2001.<br>- (4)-LLEVAR A CABO EL PROGRAMA DE REFORESTACIÓN CON ESPECIES NATIVAS.<br>- (3.4)-TRANSPLANTAR LAS ESPECIES RESCATADAS EN SITIOS QUE NO SE VEAN AFECTADOS POR OBRAS DEL PROYECTO.<br>- (1.2)-PARA LAS BRECHAS SÍSMICAS 2D Y RECEPTORAS 3D, SE DEBERÁ DESMONTAR Y SIN SACAR LA RAÍZ DE LAS ESPECIES LEÑOSAS, CON EL OBJETO DE QUE SE RECUPEREN DE INMEDIATO. |

NOTA: LOS NÚMEROS ARÁBICOS ENTRE PARÉNTESIS CORRESPONDEN A LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROYECTO: PREPARACIÓN DEL SITIO (1), CONSTRUCCIÓN (2), OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (3) Y ABANDONO (4).

## CONCLUSIONES

La interacción de las tres matrices señaladas nos arrojan la siguiente información:

- 1.- Identifica y describe las obras tipo por etapa desarrollo de manera concisa sin caer en constantes repeticiones.
- 2.- Identifica los impactos ambientales por obra tipo y sus etapas de desarrollo en función de los componentes ambientales involucrados.
- 3.- Nos ayuda a dar las propuestas de medidas de prevención y mitigación en todas sus gamas más adecuadas por etapa de desarrollo en función de los componentes ambientales involucrados, es decir; de que manera podemos evitar más afectaciones a la estructura, función y composición de un sistema ambiental.
- 4.- Reduce y simplifica la información para su análisis.
- 5.- En algunos caso particulares proporciona los índices de calidad ambiental con el objeto de conocer la tendencia de cambio de la calidad ambiental en un espacio y tiempo determinado, tomando como base los estudios de dinámica de los procesos biológicos (biodiversidad, calidad del agua, suelo, aire, entre otros), los cambios de dichos índices dependen en gran medida de la aplicación adecuada de las medidas prevención y mitigación de los impactos ambientales generados por las obras tipo.

Desde el punto de vista administrativo estos índices de calidad ambiental, nos permiten simplificar la información recabada, tomar decisiones rápidas, detectar de manera puntual los impactos ambientales en un componente en particular, verificar que las medidas de prevención y mitigación son las adecuadas, así como una gestión de calidad ante las autoridades ambientales.

*Agradecimientos.- Ocupo este espacio para agradecer infinitamente al Ing. Daniel Román Escobar por sus acertadas opiniones en la realización de este trabajo.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bojorquez-Tapia, L. A., Ezcurra E. And García, O. (1998) Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices; *Journal of Environmental Management* **53**, 91-99.
- Canter L. (1999) Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental Ed. McGrawHil, México.
- Conesa Fernández, V. (1997) Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mundi Prensa, México.
- Rau, G. John and Wooten, C. David (1980) Environmental Impact Analysis Handbook, ed. McGrawHil. New York.
- Primack, R. *et. al* (2001) Fundamentos de Conservación Biológica, Perspectivas Latinoamericanas. Fondo de Cultura Económica, México.