



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA



CARRERA DE BIOLOGÍA

Propuesta del uso de métodos en la evaluación de impactos ambientales ocasionados por proyectos de parques Eolo eléctricos en México.

Ciencias Ambientales

Tesis

Que para obtener el título de **Bióloga** presenta:

Andrea Hernández González

Directora de Tesis: Biól. Maricela Arteaga Mejía.
Laboratorio de Proyectos Ambientales

Ciudad de México, 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Agradecimientos

“La vida no es fácil para ninguno de nosotros. Pero... ¡Que importa! Hay que preservar y, sobre todo, tener confianza en uno mismo. Hay que sentirse dotado para realizar alguna cosa y que esa cosa hay que alcanzarla cueste lo que cueste”

Marie Curie

Gracias a Dios por ponerme en el lugar y espacio correcto, en el que me permitió desarrollar y aprender un poco de esta hermosa y humana carrera “Biología” y por haberme permitido llegar hasta este punto, por acompañarme siempre en este viaje en el que se cierran ciclos y se abren otros.

Gracias a mi Familia, que son las personas más importantes en mi vida, a mi hija Georgina que es el motor para la culminación de este estudio, a mis padres quienes les debo todo Héctor Hernández y María Esther González especialmente que nunca dejaron de apoyarme, de aconsejarme, de guiarme en este camino; mostrándome lo maravilloso que es la academia y la verdadera escuela de la vida. A mi hermana Natalia que siempre ha sido mi fiel amiga y consejera, aunque no lo crea aprendo mucho más de ella, de lo que le pueda enseñar, a mi abuela Ma. De Lourdes Ayala que siempre ha sido mi ejemplo a seguir, mi segunda madre y a mi pareja Aram Ayala que ha estado conmigo creciendo y apoyándome en la recta final del proyecto.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México, que siempre fue y seguirá siendo mi segundo hogar, que me proporcionó los conocimientos necesarios para la realización de mis estudios, concediéndome unos padres sustitutos y consejeros entre ellos la más importante mi asesora Biol. Maricela Arteaga, que tuvo la paciencia para guiarme y apoyarme.

Gracias a mis amigos que me concedió la UNAM durante el transcurso de este gran viaje, se fueron convirtiendo en mis hermanos y le dieron un toque especial a esta etapa de mi vida que ha sido una de las mejores. Gracias a Denisse, Diana, Daniel, Fernando, Tonatiuh, Gael, Cesar, Miguel, Galo, Cepillo, y cada una de las personas con las que me crucé en esta trayectoria dejándome un aprendizaje nuevo.

Con todo mi cariño.

“Las especies que sobreviven no son las más fuertes, ni las más rápidas, ni las más inteligentes; si no aquellas que se adaptan mejor al cambio”

Charles Darwin

Dedicatoria

Tu afecto y tu cariño son los detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti. Aun a tu corta edad, me has enseñado y me sigues enseñado muchas cosas de esta vida.

Te agradezco por ayudarme a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Fuiste mi motivación más grande para concluir con éxito este proyecto de tesis.

Gracias Georgy.

INDICE

<i>Resumen</i>	7
<i>Introducción</i>	8
<i>Marco Teórico</i>	9
Capital natural y desarrollo económico sustentable	9
Amenazas al capital natural y la relación de grupos originarios con procesos industriales	10
Energías renovables.....	13
Energía eólica	15
Antecedentes	15
Evaluación ambiental estratégica	17
Impacto ambiental	19
Antecedentes	19
Evaluación de Impacto Ambiental	19
Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA)	21
Informe preventivo	21
Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)	22
Métodos de evaluación del impacto ambiental	24
Matriz de Leopold Modificada.....	26
Metodología de Conesa simplificado.....	26
Método del Índice de Significancia.	28
Metodología de Lógica Difusa.	30
<i>Problemática</i>	32
<i>Objetivos</i>	32
General.....	32
Específicos.....	32
<i>Método</i>	33
Matriz de Leopold modificada.....	35
Conesa simplificado	35
Índice de significancia	37
Lógica difusa.	38
<i>Resultados</i>	39
<i>Análisis de la descripción del sistema ambiental</i>	39
1.- <i>Manifestación de Impacto ambiental del Parque Eólico Cozumel.</i>	39
2.- <i>Manifestación de Impacto Ambiental del Parque Eólico Dzilam Bravo.</i>	50

<i>Análisis de las metodologías propuestas</i>	57
Matriz de Leopold.....	57
Conesa simplificado.....	66
Índice de Significancia.....	72
Lógica Difusa.....	74
<i>Conclusiones</i>	78
<i>Literatura citada</i>	80

Resumen

Se realizó una propuesta de métodos para evaluar los impactos ambientales ocasionados en la ejecución de proyectos de Parques Eolo eléctricos en México; cuya aplicación disminuye el grado de subjetividad e incertidumbre al momento de identificar, evaluar y describir los impactos ambientales.

Se seleccionaron dos manifestaciones de impacto ambiental (MIA), con resolutive favorable por parte de la SEMARNAT (Parque Eólico Cozumel en el estado de Quintana Roo y Parque Eólico Dzilam Bravo ubicado en Yucatán). Después de analizar ambas MIA's se observaron varias inconsistencias técnicas de , tales como la omisión de impactos de gran importancia como son: modificación del hábitat, afectación a las especies de flora y fauna ubicadas en la zona, cambio en el microclima producto del incremento de la temperatura, alteración del paisaje e incidencia en las zonas arqueológicas. Sin contar que ambos proyectos fueron rechazados más de una vez debido a que omitieron o no contemplaron información relevante del sistema ambiental, así como también por las contradicciones en la información del proyecto de Cozumel respecto de las actividades que realizarían al momento de la construcción. Por otro lado el proyecto Dzilam incumplió con el artículo 34 de la LGEEPA al no ponerla a disposición del público, con el fin estar sujeta a consulta pública.

Posterior al análisis, a los dos proyectos se les aplicaron los métodos de Matriz de Leopold modificada, Conesa simplificada, Índice de Significancia y Lógica difusa. La matriz de Leopold permitió identificar las actividades de las diferentes obras constructivas cuyos impactos con mayor magnitud e importancia inciden en los factores ambiental, social y económico. A partir de los resultados de Leopold modificada se aplicó el método Conesa simplificado, donde se obtuvo la importancia total de cada impacto ambiental, sobre la calidad del suelo producto del despalme, calidad del aire y del microclima por el funcionamiento de los aerogeneradores; así como la distribución y reproducción de fauna, particularmente aves, afectación a especies endémicas en el proyecto de Cozumel e incidencia en las zonas arqueológicas para el proyecto de Dzilam Bravo. El método de Índice de Significancia arrojó que el impacto más severo es sobre la calidad del microclima, seguido de incremento de temperatura, calidad del aire y calidad del suelo, en ambos proyectos; ya que el valor de controversia para esos impactos es alto. El método de lógica difusa señaló que los impactos severos ocurren sobre las especies endémicas, calidad del suelo, calidad del aire, calidad del microclima e incremento de temperatura, para el proyecto del parque eólico en Cozumel; para el proyecto del parque eólico Dzilam Bravo se obtuvieron los impactos más severos en: calidad del suelo, calidad del aire, incremento de la temperatura y calidad del microclima, así como poco significativos a pesar de ser positivos, la creación de empleo y desarrollo económico de la zona.

Se concluye que el uso de diferentes métodos en un estudio de impacto ambiental permitió mostrar que la aplicación de una sola de ellas no es suficiente para identificar los impactos significativos y residuales que solicita la LGEEPA, por lo que es necesario minimizar el grado de subjetividad lo más posible en la identificación, evaluación y descripción de los impactos ambientales. Aunado a la propuesta de las medidas de mitigación, prevención, reducción o compensación. También cabe mencionar que para el trabajo técnico se requiere un equipo multidisciplinario profesional y ético.

Introducción.

El país posee gran riqueza natural en sus regiones oceánicas, costeras y continentales, por la extensión de su territorio y su diversidad biológica, producto de su singular fisiografía y posición geográfica intertropical. Actualmente la importancia de México es estratégica, desde el punto de vista del desarrollo económico, debido a su gran diversidad natural que permite el desarrollo de diferentes actividades económicas (Soberón, Halffter, y Llorente-Bousquets, 2008). El modelo económico neoliberal ha repercutido en todos los sistemas; lo anterior se ha traducido en la práctica de sistemas de producción no sostenibles que representan una gran amenaza para la conservación del capital natural en México (Landeros-Sánchez, 2010).

La modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, se define como impacto ambiental, considerado éste como un Instrumento de Política Ambiental orientado a prevenir, mitigar y restaurar, así como también evitar o reducir los efectos negativos en el ambiente (SEMARNAT, Impacto Ambiental y Tipos., 2013). La evaluación de un estudio de impacto ambiental puede presentarse dependiendo de los impactos y la magnitud del área donde se pretende desarrollar un proyecto. Aquellas obras y/o actividades que requieren de una manifestación de impacto ambiental (MIA) pueden ser desde proyectos como industrias, vías de comunicación, gasoductos, explotación de minerales, aprovechamientos forestales, actividades acuícolas y pesqueras, cambios de uso de suelo (obras y/o actividades que requieren MIA., 2014). También, requiere de manifestación de impacto ambiental la construcción de Parques Eolo eléctricos.

Existen diferentes métodos para realizar una MIA entre las más usadas se encuentran los matrices causa-efecto (matriz de Leopold) y listas de chequeo, superposición de mapas, Batelle- Columbus, metodología de Fisher- Davies, metodología de Holmes; las menos usadas son el índice de significancia, método Conesa modificado y Lógica Difusa. Cabe mencionar que el desarrollo de estos métodos requiere de un equipo de trabajo multidisciplinario y especialista en cada una de las etapas que contempla cada proyecto (Vargas, 2008).

Por lo anterior el presente trabajo plantea una combinación de métodos adecuados para identificar, describir y evaluar los impactos ambientales significativos de una obra o actividad en proyectos de generación de energía renovable. Esto a partir del análisis y comparación de métodos usados en diferentes MIA relacionadas con los Parques Eólicos, de la cual se seleccionó dos manifestaciones a las que se les aplicaron las metodologías de Matriz de Leopold, Índice de Significancia, Conesa modificado y Lógica Difusa, para identificar las ventajas y desventajas de cada uno de estos métodos, con el fin de conocer cuál o cuáles son los más adecuados para la evaluación de impacto ambiental de Parques Eólicos.

Marco Teórico.

Capital natural y desarrollo económico sustentable.

México tiene una extensión territorial de 1 964 372 km², de los cuales 1 959 248 km² corresponden a superficie continental y 5127 km² son islas. Sobresale el hecho que de las 32 entidades federativas del país, 17 tienen frente litoral. La longitud de la línea de costa de dichos estados es de 11 122 km, de los cuales 7 828 km corresponden a estados que tienen acceso al Océano Pacífico y Golfo de California, mientras que los estados adyacentes del Golfo de México y Mar Caribe comparten 3 294 km de línea de costa (INEGI, 2000).

Por su ubicación geográfica la nación alberga una gran diversidad biológica y cultural. En poco menos de 1% de la superficie terrestre posee al menos 10% de la diversidad biológica del mundo. Gran parte de la biodiversidad es exclusiva de nuestra nación, lo que constituye un privilegio y representa una gran cantidad de opciones para el desarrollo del país, una responsabilidad hacia la sociedad y hacia el mundo, así como un reto de gran complejidad para su manejo. Hasta ahora la gran diversidad de los recursos genéticos, especies y ecosistemas y los servicios ambientales que brindan y que son esenciales para el desarrollo de la humanidad, no han sido valorados apropiadamente. Este patrimonio ha usado de manera mal informada y aún hoy se desperdicia su valor intrínseco y cultural en gran medida, lo que ha traído como consecuencia un severo deterioro y el mal manejo del mismo; en suma, no se ha aprovechado su potencial para el desarrollo económico y social (Sarukhán et al., 2012).

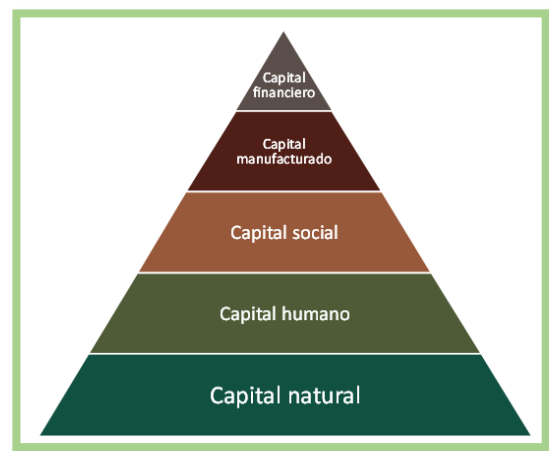


Figura 1. Cinco tipos de Capitales
(Sarukhán, et al. 2012)

Los bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas son fundamentales para la sobrevivencia, bienestar y desarrollo. El concepto de capital natural de un país es tan importante que está reflejado en una propuesta de la Organización de las Naciones Unidas (ONU- IHDP and UNEP, 2012) hacia la sustentabilidad como una medida del bienestar social y de la riqueza de las naciones que comprende el “estado de salud” de los ecosistemas, y es mejor indicar la riqueza nacional que el parámetro económico clásico del producto interno bruto. Un buen número de naciones emplean ya este criterio de análisis para medir su progreso económico social (Pallemaerts, 2009).

El capital natural está conformado por el aire, el suelo y el subsuelo, el agua, los mares y, en general, todos los recursos biológicos y todas sus interrelaciones, parte del capital natural lo constituyen el aire limpio, el agua disponible y no contaminada, los suelos fértiles, las especies y ecosistemas sanos, los paisajes disfrutables, los microclimas benignos y todo aquello que ayuda al bienestar y a la calidad de la vida, incluyendo todos los valores religiosos, culturales, éticos y estéticos que representan la existencia de los recursos naturales. La humanidad se beneficia de este capital natural a través de la provisión de bienes tales como alimentos, medicinas, materias primas; de los servicios ambientales, como la conservación y almacenamiento de agua, la calidad del aire, del suelo, entre otras. Habría que añadir el valor propio que tiene el capital natural desde la perspectiva de una visión ética más amplia y menos antropocéntrica (Alba y Reyes, 2013).

A pesar de todos los beneficios, las cifras mundiales indican otra realidad: la creciente degradación, el agotamiento de los recursos biológicos y de su biodiversidad, ha llevado a la creciente extinción de especies de plantas y animales, y otras que están amenazadas con desaparecer (Alba y Reyes, 2013).

El dilema entre crecimiento económico y protección ambiental aún no ha sido resuelto; sin embargo, ambos conceptos se han empezado a integrar. Esta integración está estrechamente asociada al concepto de desarrollo sustentable, que tiene como premisa el equilibrio entre la actividad económica, los sistemas biofísicos y la calidad de vida de la sociedad. Mantener este equilibrio implica conocer y dar valor a los costos y efectos negativos, así como los beneficios, que se producen por la selección de las actividades económicas y los patrones de consumo relacionados con la diversidad biológica.

Por los conceptos señalados, México ha recogido en sus políticas nacionales la importancia de la valoración económica de los bienes y servicios ambientales, incluyendo la referida a los recursos biológicos y su biodiversidad (Alba y Reyes, 2013)

Amenazas al capital natural y la relación de grupos originarios con procesos industriales.

Las causas de la pérdida del capital natural son diversas; sin embargo, se pueden englobar en dos grandes rubros: *las inmediatas* y *las estructurales* (Edwards, 1998).

- Las causas inmediatas por pérdida de biodiversidad son:
 - Pérdida de hábitat y fragmentación.
 - Sobreexplotación de los recursos de la vida silvestre.
 - Especies invasoras.
 - Contaminación del suelo, agua y atmósfera.
- Las causas estructurales por pérdida de biodiversidad son:
 - Crecimiento demográfico.

- o Ausencia y fallas de las instituciones.
- o Fallas de mercado.
- o Fallas de políticas.
- o Fallas de información.
- o Patrones no sostenibles de consumo y culturales.
- o Expansión forzada del modelo hegemónico de desarrollo.

El grado de impacto de estas causas varía a distintas escalas (local, regional o global). El mismo problema al mismo nivel puede tener impactos diferentes de región a región, por lo que las soluciones a las causas de pérdida de biodiversidad tienen que estar diseñadas con base en el contexto socio-cultural y físico de cada región o área (INECC, 2003).

Las actuales medidas de conservación de la biodiversidad están principalmente orientadas a atacar causas inmediatas, por ello tienen un efecto de respuesta y no de prevención, provocando que estas medidas tengan un efecto parcial y a corto plazo. Debido a este fenómeno, si no se incide de manera profunda en los componentes estructurales, no se tendrán avances significativos en la conservación de la biodiversidad (INECC, 2003). El costo económico del agotamiento y la degradación ambiental en México, en 2011, representó el 6.9 % del Producto Interno Bruto, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Gobierno de la República, 2013).

En el mundo son muchas las comunidades humanas afectadas por las actividades de las industrias extractivas (IE). En el caso de los pueblos indígenas, las escalas de los impactos de dichas industrias son “monumentales” (Gómez, 2008), dada la explotación de sus recursos renovables y no renovables, que coinciden con las últimas fronteras de expansión de las industrias extractivas, dejando, con pocas excepciones, un saldo de desastres naturales, despojo de tierras y recursos, desplazamientos forzados, violencia y abusos de toda índole. En la medida en que los pueblos indígenas mantienen estrechos vínculos culturales y espirituales con sus territorios tradicionales que van más allá del mero sustento material, el impacto de las industrias extractivas se traduce a veces en pérdidas culturales, lenguas y conocimientos tradicionales que nunca podrán ser remplazados (TEBTEBBA, 2009).

Las actividades extractivas, son uno de los mayores focos de violación de los derechos humanos de los pueblos indígenas, también han supuesto un acicate para la movilización local y global en defensa de estos derechos. El avance de la frontera de las industrias extractivas hacia sus últimos territorios indígenas durante las dos últimas décadas ha coincidido de hecho con la conformación de una red transnacional de defensa de los derechos de los indígenas, que ha jugado un papel clave en la cristalización de nuevas normas internacionales en esta materia. Las normas del régimen internacional de los derechos de los pueblos indígenas han dotado a esta red transnacional de nuevos espacios de oportunidad política para confrontar la acción de los actores estatales, empresas transnacionales,

instituciones financieras internacionales y otros actores relevantes (TEBTEBBA, 2009).

En la actualidad existen diferentes instrumentos jurídicos que reconocen los derechos de los pueblos originarios como: la Declaración de Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas “la Declaración”, donde se reconocen las normas mínimas para su dignidad, supervivencia y bienestar. México adoptó dicha Declaración, por tanto debe cumplir las obligaciones en virtud a este instrumento jurídico. La relación de los pueblos indígenas con las industrias extractivas, se les debe considerar su derecho de libre determinación, particularmente a ser consultados, a la participación en la toma de decisiones y a la obtención, en su caso, de su consentimiento libre, previo e informado, a la protección de sus tierras, territorios y recursos naturales (ONU, 2013).

El derecho de libre determinación se afirma en el Artículo 3 de la Declaración, así como el Artículo 1 común a los Pactos Internacionales de Derechos Humanos de 1966, en donde los pueblos indígenas determinan libremente su condición política y persiguen libremente su desarrollo económico, social y cultural. Para lograrlo se requiere que se reconozca su espacio vital, el territorio (ONU, 2013).

La política económica actual argumenta que las industrias extractivas son de gran importancia para México, ya que garantizan su desarrollo económico. En la actualidad 51.6% de la superficie continental está constituida por la propiedad social de la tierra (ejidos y comunidades, asiento territorial de poblaciones indígenas), 37.1% es pequeña propiedad (propiedad privada, donde también hay indígenas) y el 11.3% es propiedad pública (también con indígenas). Si se considera que el 70% del territorio nacional tiene potencial para las industrias y la mitad de todo el territorio nacional es de propiedad social, entonces se encuentra con una ampliación de contacto entre industrias extractivas y pueblos indígenas, así como un crecimiento del potencial de conflictos en el mismo espacio (ONU, 2013).

El 6 y el 10 de junio de 2011, se publicaron dos importantes reformas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que impactan directamente en la administración de justicia federal (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2012). La primera de ellas concierne fundamentalmente al juicio de amparo, institución protectora de los derechos fundamentales por excelencia, el cual se ve robustecido al ampliarse la procedencia del amparo respecto de cualquier norma general, al preverse su procedencia por violaciones a los derechos humanos plasmados en los tratados internacionales de los que el Estado mexicano sea parte; con la introducción de figuras como el amparo adhesivo y los intereses legítimos individual y colectivo; la adopción de nuevos conceptos en torno a la violación de derechos por omisión de las autoridades; la declaratoria general de inconstitucionalidad cuyos alcances y condiciones se determinarán en la ley reglamentaria; la creación de los Plenos de Circuito; y una nueva forma de integrar jurisprudencia “por sustitución”; entre otras. La segunda, en íntima relación con la anterior, evidencia el reconocimiento de la progresividad de los derechos

humanos, mediante la expresión clara del principio pro persona como rector de la interpretación y aplicación de las normas jurídicas, en aquellas que favorezcan y brinden mayor protección a las personas. Así, la ampliación de los derechos que significa la concreción de algunas cláusulas constitucionales, como aquella relativa a los migrantes o a la suspensión de garantías, aunada a la obligación expresa de observar los tratados internacionales firmados por el Estado mexicano, miran hacia la justiciabilidad y eficacia de los derechos que, a la postre, tiende al mejoramiento de las condiciones de vida de la sociedad y al desarrollo de cada persona en lo individual (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2012).

De esta forma, las vulneraciones en materia de derechos humanos que habían aquejado a la sociedad mexicana –entre ellas el estado de marginación y discriminación en contra de grupos en situación de vulnerabilidad, como los pueblos y comunidades indígenas; la violencia generalizada en contra de las mujeres; la práctica de la tortura en la procuración de justicia; y la práctica sistemática de la desaparición forzada en ciertos periodos de la historia nacional– empezaron a tener una mayor difusión y tratamiento no sólo a nivel internacional sino también nacional (Comisión de Derechos Humanos, 2012).

Energías renovables.

En los últimos 20 años, las energías renovables han tomado un lugar de gran importancia en la agenda energética mundial ya que son formas de energía que tiene una fuente prácticamente inagotable (solar), y a través de diversos medios tecnológicos pueden ser transformadas a los servicios energéticos que requieren las actividades humanas (iluminación, calor, frío, fuerza motriz, etc.), han sido utilizadas por la humanidad de muchas maneras a lo largo de su historia. En la actualidad, el uso de las energías es mucho más intensivo que en cualquier otro momento histórico; no obstante son utilizadas marginalmente, y solo hasta hace un par de décadas se inició un proceso de mayor uso de estos recursos a través del desarrollo de nuevas tecnologías (Buen, 2002).

México cuenta con muchos recursos energéticos renovables y claras oportunidades para aprovecharlos, los avances han sido lentos, debido a las condiciones económicas del país que han llevado, en muchos sentidos, a buscar las opciones más baratas en el corto plazo, lo que ha dejado fuera a alternativas como las representadas por las energías renovables que, en precio, no pueden competir con sistemas convencionales. Sin embargo, el propio desarrollo de la tecnología en el mundo y las preocupaciones sobre los aspectos negativos (ambientales y económicos) de una gran dependencia en los combustibles fósiles, han llevado a que se estén analizando estrategias de fomento de las energías renovables que, sin caer en nuevas políticas de subsidio, aprovechen las fuerzas del mercado para impulsar el desarrollo cabal que tiene México en este campo (Buen, 2002).

Las energías renovables en México poseen:

- **Gran potencial aprovechable:** Debido a su extensión territorial como por su ubicación geográfica.
- **Necesidad de diversificación energética.**
- **Bajos impactos ambientales de la generación eléctrica anual y creciente desarrollo poblacional.**
- **Madurez de la tecnología asociada al aprovechamiento de las energías renovables:** En algunos casos, con costos que les permiten competir con sistemas convencionales en nichos de mercado cada vez mayores. Resalta en particular la tecnología de aprovechamiento de viento.
- **Necesidad de electrificación rural.**
- **Necesidad de generación distribuida.**
- **Capacidad para producir equipos en México.**

Además es posible motor de desarrollo regional. Las energías renovables, como los potenciales de viento, de ríos y de radiación solar dependen de su localización, y su aprovechamiento puede servir para desarrollar las regiones donde se presentan los recursos (Buen, 2002).

Energías renovables
Energía solar indirecta
Sistemas fotovoltaicos
Sistemas solares térmicos
Sistema solar geotérmico
Energía del viento o eólica
Hidráulica
Biomasa
Leña
Fermentación
Biometanación
Biogás de los rellenos sanitarios

Tabla 1. Principales Energías Renovables en México (Buen, 2002).

Energía eólica

Antecedentes

En México la generación de energía eléctrica inició a fines del siglo XIX. La primera planta generadora se instaló en 1879, en León Guanajuato y casi inmediatamente se extendió esta forma de generar electricidad dentro de la producción minera, pero marginalmente para la iluminación residencial y pública. En 1889 ya se operaba la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua, extendiéndose hasta mercados urbanos y comerciales. En el régimen de Porfirio Díaz, se otorgó al sector eléctrico el carácter de servicio público y algunas de las compañías internacionales con gran capacidad vinieron a crear filiales. A inicios del siglo XX, México ya contaba con una gran capacidad de generación eléctrica, propiedad de empresas privadas. Para finales de 1933 se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. Hacia 1960 la Comisión Federal de Electricidad aportaba ya 54% de la capacidad instalada, y el resto lo cubrían diferentes empresas, pero solo 44% de la población contaba con este servicio. A partir de entonces se comenzó a integrar el Sistema Eléctrico Nacional, extendiendo la cobertura del suministro y acelerando la industrialización. El Estado mexicano adquirió los bienes e instalaciones de las compañías privadas, las cuales operaban con serias deficiencias por la falta de inversión y los problemas laborales. En los años 80 el crecimiento de la infraestructura eléctrica fue menor que en la década anterior, principalmente por la disminución en la asignación de recursos a la Comisión Federal de Electricidad. A inicios del año 2000 se tenía ya una cobertura del servicio eléctrico del 94.70% a nivel nacional, lo que equivale a más de 15 vueltas completas a la Tierra y más de 18.6 millones de usuarios, incorporando casi un millón cada año. Es a partir octubre de 2009, que CFE es la encargada de brindar el servicio eléctrico en todo el país (CFE, 2014).

A finales del 2008, la capacidad instalada de fuentes de energía renovables ascendió con gran potencia. Esto incluye energía eólica, hidroeléctrica de pequeña potencia, geotérmica, biomasa y biogás. La participación de las fuentes renovables en la matriz energética mexicana representó el 3.3% del total. La máxima participación fue los combustibles fósiles, con un 75.3%, seguido de la generación a partir de la energía hidráulica de gran potencia con un 19% (Tech4CDM, 2009).

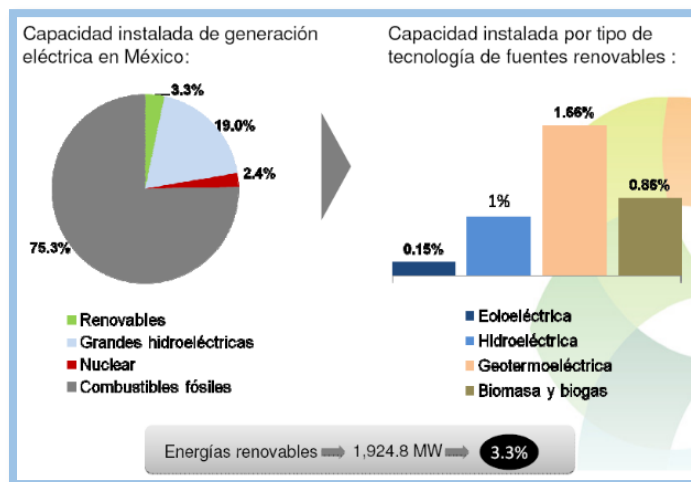


Figura 2. Matriz energética mexicana (SENER, 2008).

Dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en su Programa de Energía, se prevén como estrategias, ampliar la cobertura del servicio eléctrico en comunidades remotas utilizando energías renovables, diversificar las fuentes primarias de generación, fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles, fomentando un marco jurídico que establezca las facultades del Estado para orientar sus vertientes, promoviendo inversiones que impulsen el potencial que tiene el país en la materia y reducir las emisiones de gas (efecto invernadero), impulsando bajas en intensidad de carbono como la energía eólica, geotérmica y solar. En este contexto, es determinante utilizar fuentes renovables de energía para enfrentar los retos en materia de diversificación y seguridad energética (Gobierno de la República, 2013).

De igual forma en el programa busca eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país; se plantea como estrategia, asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país:

- Impulsar la reducción de costos en la generación de energía eléctrica para que disminuyan las tarifas que pagan las empresas y las familias mexicanas.
- Homologar las condiciones de suministro de energía eléctrica en el país.
- Diversificar la composición del parque de generación de electricidad considerando las expectativas de precios de los energéticos a mediano y largo plazos.
- Modernizar la red de transmisión y distribución de electricidad.
- Promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de **fuentes renovables**, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas.
- Promover la formación de nuevos recursos humanos en el sector, incluyendo los que se especialicen en la energía nuclear (Gobierno de la República, 2013).

La energía eólica ha alcanzado tal nivel de desarrollo, que permite afirmar que nos encontramos ante una fuente energética limpia, económicamente competitiva y con una tecnología de aprovechamiento madura, la cual parte de una fuente natural, renovable y no contaminante, en la que actuales aerogeneradores son capaces de producir electricidad a precios competitivos frente a las fuentes tradicionales energéticas, lo que ha permitido en los últimos años posicionar a la energía eólica como la fuente energética de crecimiento mundial más rápido. La necesidad de combatir el cambio climático global, ha motivado en gran medida a la expansión de la energía eólica. Por lo que a medida que se ha ido desarrollando el mercado, los costes de la energía eólica han mostrado una drástica reducción (Tech4CDM, 2009).

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para generar la electricidad a partir de la energía eólica, entre ellas destacan la zona del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, La Rumorosa en Baja California, así como en los estados de Zacatecas, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, y en la Península de Yucatán. A finales de 2009, la capacidad instalada en generación eólica superaba los 250 MW de potencia, mientras que la capacidad autorizada está en torno a los 2.300 MW, por lo que existe parte de la capacidad que aún están en desarrollo. El desarrollo de estos proyectos eólicos en México es consecuencia de una combinación de inversión nacional y extranjera (Tech4CDM, 2009).

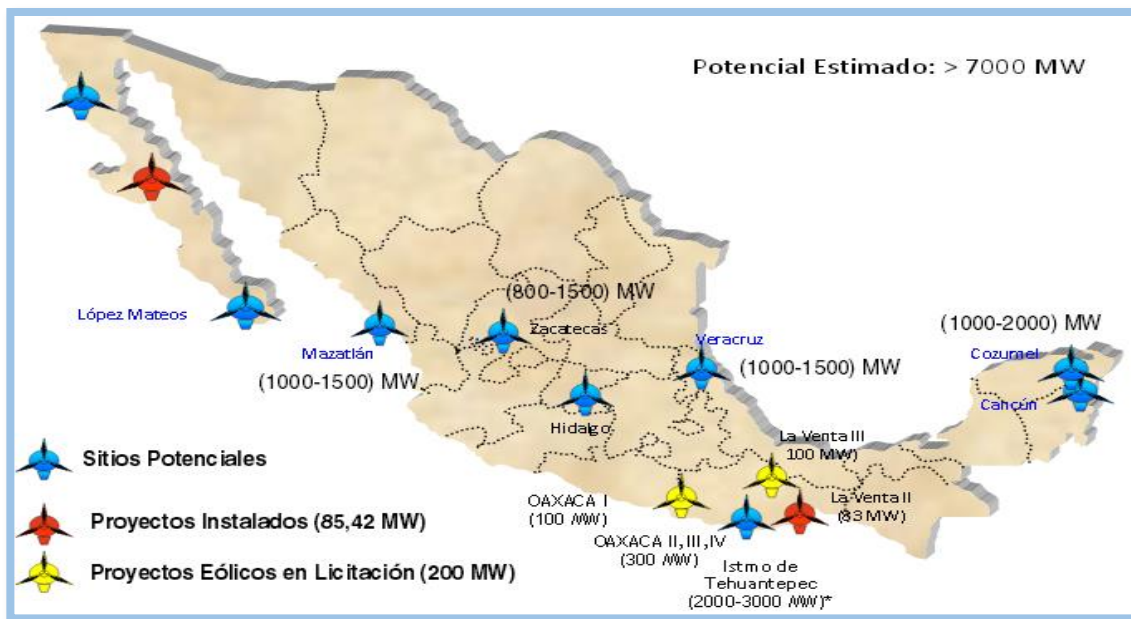


Figura 3. Distribución geográfica del recurso potencial energético (CFE, 2008).

Evaluación ambiental estratégica

La evaluación ambiental estratégica, es un proceso formalizado, sistemático y amplio para determinar y evaluar las consecuencias ambientales de las políticas, planes o programas propuestos para asegurar que se incorporen plenamente y se aborden adecuadamente en la etapa más temprana posible de la adopción de decisiones, simultáneamente con consideraciones económicas y sociales (Convenio sobre la Biodiversidad, 2008).

Este instrumento fue desarrollado en la década de 1960 como una herramienta para incorporar consideraciones ambientales y de sustentabilidad en el proceso estratégico de toma de decisiones (Mans y Dalkmann, 2001). En la actualidad, es reconocido mundialmente como el proceso sistemático para evaluar, anticipar y prevenir las consecuencias ambientales de las iniciativas de propuestas de planes y programas en los altos niveles de toma de decisión. Este instrumento tiene como

objeto incorporar el criterio ambiental desde el primer momento como elemento de decisión en todos los sectores y etapas de la planificación en el mismo nivel que los criterios económicos y sociales (Sadler, 1996). Su propósito es superar las restricciones de la evaluación de impacto ambiental de proyectos individuales, reconociendo la dificultad para asumir los impactos acumulativos y sinérgicos que genera la ejecución de un grupo de proyectos asociados, situación no resuelta en su evaluación individual (Alvarado, 2002).

Esto facilitaría el desarrollo de proyectos, establecería condiciones para la inversión y generaría una dinámica de crecimiento y desarrollo armónico con el medio ambiente dentro de un marco de Política de Estado de Desarrollo Sustentable (Becerra, 2013). Debido a las limitantes con las que cuenta la evaluación de impacto ambiental, se sugiere la conveniencia de incorporar a la EAE como un instrumento para la evaluación ambiental de políticas, planes y programas (Banco Mundial, 1996).

Mientras que la evaluación de impacto ambiental se aplica en el nivel de proyectos en donde se establecen medidas de mitigación a sus impactos locales, la EAE tiene un ámbito de aplicación más amplio, cubre desde un plan de uso del suelo o de infraestructura en el ámbito municipal hasta una política macroeconómica o de protección ambiental en el ámbito nacional (Partidario, 1999).

Las etapas de la EAE se apoyan en una modificación de los procedimientos de la EIA, pero se enfocan en la identificación del objetivo, las predicciones y la evaluación de los impactos ambientales en un ámbito más estratégico, identifican las consecuencias ambientales de las diferentes alternativas que una iniciativa de plan o programa pueda ofrecer en el mismo nivel que las económicas, sociales y políticas, y son el marco para los proyectos individuales (Partidario, 1999).

La EAE constituye un instrumento preventivo que merece relevancia cuando se postula un estilo de desarrollo sustentable. Requiere un esfuerzo de administración de los procesos, de manera que se manejen las consecuencias que tienen una determinada política, plan o programa, sobre otras políticas, planes o programas relacionados (Oñate et al., 2002).

En México, sería ideal que el plan de desarrollo y los planes estatales y programas institucionales de inversión y desarrollo, en su contenido relacionado con los recursos naturales, antes de ser publicados, fueran sujetos de una EAE.

Impacto ambiental

Antecedentes

Debido al intenso crecimiento demográfico e industrial la falta de estrategias de planeación y manejo, así como el desconocimiento del valor ecológico y socioeconómico de los ecosistemas, los problemas de contaminación e impacto ambiental han ocasionado la pérdida de valiosos recursos naturales y económicos en todo el mundo, se empezaron a difundir en los años sesenta en Europa llamadas de atención acerca de los efectos de las actividades humanas sobre el medio ambiente. En respuesta a este problema, en el año de 1969 en Estados Unidos, la evaluación del impacto ambiental, tuvo su origen mediante la promulgación de la National Environmental Policy Act (NEPA) que entró en vigor el 1 de enero de 1970. Desde entonces la evaluación de impacto ambiental fue adoptada en la práctica y/o incorporada a la legislación ambiental de numerosos países (J.G y Wooten, 1980).

En México los estudios de impacto ambiental se realizan desde hace poco más de 20 de años. En la administración pública federal, se aplicaron a partir de 1977 para la evaluación preliminar de proyectos de infraestructura hidráulica, aunque se tiene noticia de que los primeros estudios de impacto ambiental se realizaron por parte de diferentes instituciones educativas y de investigación del país o dentro de la propia administración federal (INE, 2001).

Evaluación de Impacto Ambiental

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, establece, que el impacto ambiental es la modificación al ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza (LGEEPA, 1988). Esta Ley considera diversos tipos de impactos ambientales, pero fundamentalmente se pueden clasificar, de acuerdo a su origen, en los provocados por:

- *El aprovechamiento de recursos naturales ya sean renovables, tales como el aprovechamiento forestal o la pesca; o no renovables, tales como la extracción del petróleo o del carbón.*
- *Contaminación. Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.*
- *Ocupación del territorio. Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como desmonte, compactación del suelo y otras.*

Asimismo, existen diversas clasificaciones de impactos ambientales de acuerdo a sus atributos; por ejemplo:

Positivo o Negativo	En términos del efecto resultante en el ambiente.
Directo o Indirecto	Si es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción.
Acumulativo	Es el efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
Sinérgico	Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
Residual	El que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.
Temporal o Permanente	Si es por un período determinado o es definitivo.
Reversible o Irreversible	Dependiendo de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
Continuo o Periódico	Dependiendo del período en que se manifieste (SEMARNAT, 2013).

De acuerdo al artículo 35 BIS 1 de la LGEEPA, señala que los informes preventivos, las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo podrán ser presentados por los interesados, instituciones de investigación, colegios o asociaciones profesionales y la responsabilidad respecto del contenido del documento corresponderá a quien lo suscriba. Así mismo, señala que las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren, quienes declararán bajo protesta de decir verdad que en ellos se incorporan las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas (SEMARNAT, 2013).

Para elaborar una MIA (regional o particular), o un informe preventivo existen unas guías. En el caso del informe preventivo y la MIA regional existen guías genéricas, esto es, que existe una guía para cualquier informe preventivo y otra para cualquier proyecto que requiera la presentación de una MIA regional; pero para las MIA particulares existe una guía para cada sector productivo (turístico, aprovechamiento forestal, vías generales de comunicación, cambio de uso de suelo, residuos peligrosos, pesquero, petrolero, minero, industrial, plantaciones forestales y gasero) (SEMARNAT, 2013).

La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas, a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos sobre el medio ambiente. Quienes pretendan llevar a cabo alguna obra o actividad, requieren previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría (LGEEPA, 1988).

A través de este instrumento se plantean opciones de desarrollo que sean compatibles con la preservación del ambiente y manejo de los recursos naturales.

El objetivo de la evaluación del impacto ambiental es la sustentabilidad, pero para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales (SEMARNAT, 2013).

Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA)

La evaluación de un estudio de impacto ambiental lo realiza la autoridad mediante un procedimiento de tipo técnico administrativo, hay tres opciones mediante las cuales puede presentarse dependiendo del control que se tenga sobre los impactos y la magnitud del área donde se pretende desarrollar un proyecto:

- a) Informe preventivo
- b) Manifestación de impacto ambiental modalidad particular
- c) Manifestación de impacto ambiental modalidad regional.

Informe preventivo

Requieren de presentar un Informe Preventivo y no una MIA en los siguientes casos:

I.- Existan normas oficiales mexicanas u otras disposiciones que regulen las emisiones, las descargas, el aprovechamiento de recursos naturales y, en general, todos los impactos ambientales relevantes que puedan producir las obras o actividades;

II.- Las obras o actividades de que se trate estén expresamente previstas por un plan parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que haya sido evaluado por la Secretaría en los términos del artículo siguiente, o

III.- Se trate de instalaciones ubicadas en parques industriales autorizados en los términos de la presente sección.

En el artículo 5 del reglamento de la LGEEPA, establece las obras o actividades que por su ubicación, dimensión, característica o alcance produzcan impactos ambientales significativos, que causen desequilibrios ecológicos, rebasando los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas referidas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente, y que por lo tanto deberán sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental (RLGEEPA, 2010).

En los casos anteriores, la secretaría, una vez analizado el informe preventivo, determinará, en un plazo no mayor de veinte días, si se requiere la presentación de una MIA en alguna de las modalidades o si se está en alguno de los supuestos señalados (SEMARNAT, 2013).

Manifestación de Impacto Ambiental (MIA)

Se trata de un documento con base en estudios técnicos con el que las personas (físicas o morales) que desean realizar alguna de las obras o actividades previstas en el artículo 28 de la LGEEPA, analizan y describen las condiciones ambientales anteriores a la realización del proyecto con la finalidad de evaluar los impactos potenciales que la construcción y operación de dichas obras o la realización de las actividades podría causar al ambiente y definir y proponer las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar esas alteraciones (SEMARNAT, 2013).

El contenido de una MIA depende de la modalidad que requiera:

Orden de Gobierno	Tipos de MIA	Actividades que requieren
Federal	Regional	-Parques industriales
		-Parques acuícolas
		-Granjas acuícolas de más de 500 hectáreas
		-Carreteras
		-Vías férreas
		-Proyectos de generación de energía nuclear
		-Presas
		-Proyectos o programas parciales de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico
		-Conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada
	-Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en que se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas	
Particular	-Demás casos previstos en el artículo 5° del reglamento de la LGEEPA, en materia de EIA	
Estatad		-Depende de cada legislación estatal o municipal.
Municipal		

Tabla 2. Actividades que requieren una Manifestación de Impacto Ambiental (SEMARNAT, 2013).

Para elaborar una MIA se debe cumplir con los capítulos establecidos en las guías elaboradas por la SEMARNAT. En la tabla siguiente se describen los capítulos:

Capítulo	MIA PARTICULAR	MIA REGIONAL
I	Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.	Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental.
II	Descripción del proyecto.	Descripción de las obras o actividades y, en su caso, de los programas o planes parciales de desarrollo.
III	Vinculación con los ordenamientos jurídicos aplicables en materia ambiental y, en su caso, con la regulación sobre uso del suelo.	Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.
IV	Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada en el área de influencia del proyecto.	Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región.
V	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.
VI	Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales.	Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional.
VII	Pronósticos ambientales y, en su caso, evaluación de alternativas.	Pronósticos ambientales regionales y, en su caso, evaluación de alternativas.
VIII	Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan la información señalada en las fracciones anteriores.	Identificación de los instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación de impacto ambiental.

Tabla 3. Contenido de la Manifestación de Impacto Ambiental, dependiendo modalidad (SEMARNAT, 2013)

Una vez que la Secretaría reciba la manifestación de impacto ambiental e integre el expediente, pondrá a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona, de igual manera el promovente deberá publicar a su costa, un extracto del proyecto de la obra o actividad en un periódico de amplia circulación en la entidad federativa, dentro de un plazo de cinco días contados a partir de la fecha en que se presente la MIA a la Secretaría (LGEEPA, 1988).

La Secretaría dentro de un plazo de sesenta días contados a partir de la recepción de la manifestación de impacto ambiental deberá emitir la resolución correspondiente. Así mismo podrá solicitar aclaraciones, rectificaciones o ampliaciones al contenido de la manifestaciones de impacto ambiental que le sea presentada, suspendiéndose el término que restare para concluir el procedimiento (LGEEPA, 1988)

Métodos de evaluación del impacto ambiental

Para el análisis del impacto ambiental se han propuesto numerosos métodos de los cuales surgieron al inicio de la década de los setenta. Los métodos más utilizados se pueden agrupar en dos categorías:

- Métodos ad-hoc desarrollados para una situación específica sin considerar ningún esquema preestablecido.
- Métodos formales, estructurados como guía y herramienta de trabajo para organizar la información ambiental derivada del estudio del impacto. Una matriz de doble entrada utilizada en aspectos contables, es la base de la matriz de Leopold, así como la base del árbol de impacto de Sorensen es la toma de decisiones en materia de administración (Jain y Stacey, 1977).

Con respecto a los métodos formales, los ejemplos más significativos pueden ser agrupados en cuatro:

- Método de checklist.
- Método de sobre posición de mapas.
- Método de redes.
- Método matricial

Canter y Sadler en 1997 realizaron una completa clasificación como parte del estudio internacional sobre la eficacia de la EIA, que fue llevado a cabo con el respaldo de la Universidad de Oklahoma, el Instituto de Evaluación Ambiental del Reino Unido y la Asociación Internacional para la evaluación de Impacto. Esta clasificación divide a las metodologías en 22 tipos o categorías:

1. Métodos Análogos.
2. Listas de Chequeo.
3. Listas de Comprobación Enfocadas en Toma de Decisiones.
4. Análisis Ambiental Costo- Beneficio.
5. Opinión de Expertos o Juicio Profesional.
6. Sistemas de Expertos.
7. Índices o Indicadores.
8. Pruebas de Laboratorio y Modelos a Escala.
9. Evaluación de Paisaje.
10. Revisión Bibliográfica o Literatura.
11. Cálculos de Balance de Materia.
12. Matrices de Interacción.

13. Monitorización.
14. Estudios de Campo o Monitoreo de Receptores Cercanos Análogos.
15. Redes.
16. Sobre Posición de Mapas.
17. Fotografías o Fotomontajes
18. Modelización Cualitativa.
19. Modelización Cuantitativa (matemática)
20. Evaluación de Riesgo.
21. Construcción de Escenarios.
22. Extrapolación de Tendencias (EIA, 2009).

En España, utilizan dos clasificaciones de metodologías según autores:

- Bolea 1984.
 - Sistemas de red y gráficos.
 - Matrices causa-efecto (Matriz de Leopold) y Listas de Chequeo
 - Departamento de Desarrollo y Planificación Regional del Estado de Nueva York (CNYRPAB).
 - Bereano.
 - Sorensen.
 - Guías Metodológicas del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de España.
 - Metodología del Banco Mundial.
 - Sistemas cartográficos.
 - Superposición de Mapas.
 - Metodologías de Mc Harg.
 - Metodologías de Tricart.
 - Metodologías de Planificación de M. Falque.
 - Metodologías basadas en indicadores, índices e integración de la evaluación.
 - Metodología de Holmes.
 - Metodología de la Universidad de Georgia.
 - Metodología de Hill- Schechter.
 - Metodología de Fisher- Davies.
 - Metodologías Cuantitativas.
 - Batelle- Columbus.
- Garmendia 2005:
 - Metodologías de Identificación de alternativas.
 - Superposición de Mapas.
 - Metodología de Mc Harg.
 - Sistemas de Información Geográfica (EIA, 2009).

Es a partir de la metodología para la evaluación de impacto ambiental donde podemos identificar, describir y evaluar los impactos ambientales, acumulativos y residuales del sistema ambiental (RLGEEPA, 2010). Las metodologías como Índice de Significancia, Método de Conesa simplificado y Lógica difusa, son menos utilizado, pero cuentan con un amplio criterio para evaluar los impactos en un proyecto, relacionando las actividades que se realizaran con los factores

ambientales impactados. Es por ello que son utilizados en la realización de este trabajo.

Matriz de Leopold Modificada

Este método fue desarrollado en 1971 por él Dr. Luna Leopold y colaboradores en el Geological Survey de los Estados Unidos, especialmente para proyectos en construcción (Leopold et al., 1971). Es un método indirecto porque lo que realmente se califica son las interacciones entre el proyecto y el ambiente, sin darle ningún nombre al impacto que se presenta en esa interacción. En su versión original, la matriz de Leopold contiene 100 acciones susceptibles de causar impacto y 88 características o condiciones ambientales, lo cual arroja 8800 posibles interacciones, Sin embargo este método se ha adaptado para ser utilizado con acciones y factores diferentes (Arboleda, 2008).

Para la evaluación de las interacciones identificadas se utilizan tres parámetros:

Clase: Indica el tipo o sentido de las consecuencias del impacto (positivas o benéficas (+) o negativas (-).

Magnitud (M): Corresponde al grado o nivel de la alteración que sufre el factor ambiental a causa de una acción del proyecto (se califica con 1 la alteración mínima y con 10 la alteración máxima, pudiendo asignarse calificaciones intermedias). Este criterio evalúa los cambios en las variables o condiciones propias o intrínsecas del factor, es decir cuando se desmejoró, cuanto se destruyó, etc.

Importancia (I): Evalúa el peso relativo que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado por el proyecto (se califica con 1 cuando es insignificante y con 10 cuando se presenta la máxima significación). Este criterio evalúa otras condiciones extrínsecas al factor analizado, como el valor del mismo dentro del entorno afectado, la importancia para la comunidad, etc. También se considera como el valor ponderal que da el peso relativo del impacto y hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio y a la extensión o zona territorial afectada.

Metodología de Conesa simplificada.

En 1993 Vicente Conesa, ingeniero español y otros colaboradores formularon una metodología para la evaluación de impacto ambiental. Su utilización es bastante compleja y es por eso que algunos expertos en EIA han hecho una simplificación de su método utilizando los criterios y el algoritmo del método original, pero sin cumplir todos los pasos que establece Conesa en su propuesta (Arboleda, 2008). Tomando como referencia se utilizó la metodología de Conesa simplificada.

Dependiendo de cada valor asignado a cada criterio, la importancia del impacto varía entre 13 y 100 unidades que de acuerdo con el reglamento de EIA Español, establece la siguiente significancia:

- Inferiores a 25 son **irrelevantes o compatibles** con el ambiente.
- Entre 25 y 50 son impactos **moderados**.
- Entre 50 y 75 son **severos**.
- Superiores a 75 son **críticos**.

Atributos y Valores del Método Conesa		
Atributo	Escala de valoración	Factor de ponderación
Naturaleza (NT) Hace referencia al carácter benéfico o perjudicial del impacto.	-Benéfico (+) +1 -Perjudicial (-) -1	-
Intensidad (IN) Expresa el grado de incidencia de la acción sobre el factor, que puede considerarse desde un efecto mínimo hasta la destrucción total del factor. Se le asigna un porcentaje de 36% de la importancia del impacto.	Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy Alta 8 Total 12	3.6
Extensión(EX) Representa el área de influencia esperada en relación con el entorno del Proyecto, que puede ser expresada en términos porcentuales. Si el área está muy localizada, el impacto será puntual, mientras que si el área corresponde a todo el entorno el impacto será total. Se le asigna un porcentaje de 24% de la importancia del impacto.	Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8	2.4
Momento(MO) Se refiere al tiempo que transcurre entre el inicio de la acción y el inicio del efecto que ésta produce. Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, y suele considerarse que el Corto Plazo corresponde a menos de un año, el Medio Plazo entre uno y cinco años, y el Largo Plazo a más de cinco años. Se le asigna un porcentaje de 8% de la importancia del impacto.	Largo plazo 1 (MO > 5 años) Medio plazo 2 (1 año < MO < 5 años) Inmediato 4 (MO < 1 años)	0.8
Persistencia(PS) Se refiere al tiempo que se espera que permanezca el efecto desde su aparición. Puede expresarse en unidades de tiempo generalmente en años, y suele considerarse que es <i>Fugaz</i> si permanece menos de un año, el <i>Temporal</i> si lo hace entre uno y diez años, y el <i>Permanente</i> si supera los diez años. Se le asigna un porcentaje de 4% de la importancia del impacto.	Fugaz 1 (PS < 1 año) Temporal 2 (1 año < PS < 10 años) Permanente 4 (PS > 10 años)	0.4
Reversibilidad(RV) Se refiere a la posibilidad de reconstruir el parámetro ambiental afectado por medios naturales, y en el caso que sea posible, al intervalo de tiempo que se tardaría en lograrlo; si es menos de un año se considera el <i>Corto Plazo</i> ; entre uno y diez años se considera el <i>Mediano Plazo</i> , y si se superan los diez años se considera <i>Irreversible</i> .	No aplica 0 Corto plazo 1 (RV < 1 año) Medio plazo 2 (1 año < RV < 10 años) Irreversible 4 (RV > 10 años)	0.4

<p>Sinergia(SI) Se dice que dos efectos son sinérgicos si su manifestación conjunta es superior a la suma de las manifestaciones que se obtendrían si cada uno de ellos actuase por separado (la manifestación no es lineal respecto a los efectos). Puede visualizarse como el reforzamiento de dos efectos simples; si en lugar se reforzarse los efectos se debilitan, la valoración de la sinergia debe de ser negativa. Se le asigna un porcentaje de 4% de la importancia del impacto.</p>	<p>Sin sinergismo 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4</p>	0.4
<p>Acumulación(AC) Si la presencia continuada de la acción produce un efecto que crece con el tiempo, se dice que el estudio es acumulativo. Se le asigna un porcentaje de 4% de la importancia del impacto.</p>	<p>Simple 1 Acumulativo 4</p>	0.4
<p>Relación Causa-Efecto(EF) La relación causa-efecto puede ser directa o indirecta; es Directa si es la acción misma la que origina el efecto, mientras que es Indirecta si es otro efecto el que lo origina, generalmente por la interdependencia de un factor sobre otro. Se le asigna un porcentaje de 4% de la importancia del impacto.</p>	<p>Indirecto (secundario) 1 Directo (primario) 4</p>	0.4
<p>Periodicidad (PR) Se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, pudiendo ser periódico, continuo, o irregular. Se le asigna un porcentaje de 4% de la importancia del impacto.</p>	<p>Irregular y Discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4</p>	0.4
<p>Recuperabilidad (MC) Se refiere a la posibilidad de reconstruir el factor afectado por medio de la intervención humana (la <i>reversibilidad</i> se refiere a la reconstrucción por medio naturales). Puede expresarse en unidades de tiempo, generalmente años, De manera inmediata si corresponde a menos de un año, a Mediano Plazo entre uno y diez años, y Mitigable a más de 10 años hasta los 60. Se le asigna un porcentaje de 8% de la importancia del impacto.</p>	<p>No Aplica 0 De manera inmediata 1 (MC < 1 año) A mediano plazo 2(1 año < MC < 10 años) Mitigable 4 (10 año < MC < 60 años) Irrecuperable 8(MC > 60 años)</p>	0.8
<p>La importancia se determina con la siguiente ecuación: $I = \pm(3 IN + 2 EX + MO + PS + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$</p>		

Método del Índice de Significancia.

En el año de 1998 Bojórquez Tapia y colaboradores desarrollaron un método para caracterizar y evaluar las afectaciones de las actividades de un proyecto sobre los factores ambientales y así identificar los impactos con mayor índice de significancia, a partir de matrices matemáticas por lo que es una forma de evaluar más rigurosa, dando como resultado incremento en el manejo de datos y en toma de decisiones más complejas.

En su artículo “Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices”, explica que utilizó valores del 0 al 9 para poder identificar los impactos más significativos; de igual manera se realizó la ponderación en ambos proyectos (Bojórquez T, et al., 1998). El método permitió

calificar y clasificar los diferentes impactos que ocurran sobre el sistema ambiental dependiendo de su magnitud, extensión y duración llamados índices básicos, o bien de su sinergia, acumulación o controversia llamados índices complementarios; que en su conjunto se utilizan para calcular la Intensidad y la Significancia de cada impacto.

Escala										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Magnitud (M)	-	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Extensión (E)	-	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Duración (D)	-	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Sinergia (S)	Nula	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Acumulación (A)	Nula	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Controversia (C)	Nula	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta
Mitigación (T)	Nula	Nula a baja	Muy baja	Baja	Baja a moderada	Moderada	Moderada a alta	Alta	Muy alta	Extremadamente alta

Tabla 5. Escala nominal del Índice de Significancia.

Los valores que puede tomar cada expresión van en una escala nominal:

Nulo (0), Muy bajo a nulo (1), Muy bajo (2), bajo (3), bajo a moderado (4). Moderado (5), moderado a alto (6), alto (7), muy alto (8) y extremadamente alto (9).

La significancia de una interacción en la matriz se determinó a partir de un índice básico construido por la suma de los valores de los criterios básicos (MED) que definen un impacto, el que a su vez se pondera con un índice complementario (SAC) determinado por la suma de los valores de los criterios complementarios que se definen en el impacto, y por el valor de la medida de prevención, mitigación o compensación. Así, los efectos de la variable j sobre la variable i, se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Índice Básico	$MED_{ij} = 1/27 * (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})$
Índice Complementario	$SAC_{ij} = 1/27 * (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})$

Dónde: M_{ij} =Magnitud; E_{ij} =Extensión; D_{ij} = Duración; S_{ij} = Sinergia; A_{ij} = Acumulación; C_{ij} =Controversia.

Para evaluar la magnitud de la afectación de las actividades del proyecto sobre los factores ambientales se calcularán otros dos índices:

Índice de Intensidad	$I_{ij} = (MED_{ij})^{(1-SAC_{ij})}$
Índice de Significancia	$G_{ij} = I_{ij} * [1 - (T_{ij}/9)]$

Dónde: M_{ij} =Magnitud; E_{ij} =Extensión; D_{ij} =Duración; A_{ij} =Acumulación; S_{ij} =Sinergia; C_{ij} =Controversia; G_{ij} = Índice de Significancia T_{ij} =Mitigación.

A partir de los resultados se clasificaron los impactos por categoría e intervalo de significancia:

Categoría de impacto.	Intervalo de valor de significancia.
Bajo.	0 a 0.25
Moderado.	0.26 a 0.49
Alto.	0.5 a 0.74
Muy Alto.	0.75 a 1

Metodología de Lógica Difusa.

Una de las disciplinas matemáticas con mayor número de seguidores actualmente, también llamada lógica difusa o borrosa, que es la lógica que utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas, es decir, es la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad dentro de un conjunto de valores que oscilan entre dos extremos, la verdad absoluta y falsedad total (Raman, 2014).

La lógica difusa fue investigada, por primera vez, a mediados de los años sesenta en la Universidad de Berkley (California) por el ingeniero Lotfy A, Zadeh, cuando se dio cuenta de lo que el llamo principio de incompatibilidad: “Conforme la complejidad de un sistema aumenta, nuestra capacidad para ser precisos y construir instrucciones sobre su comportamiento disminuye hasta el umbral más allá del cual, la precisión y el significado son características excluyentes”. Introdujo entonces el concepto de conjunto difuso (Fuzzy Set) bajo el que reside la idea de que los elementos sobre los que se construye el pensamiento humano no son números sino etiquetas lingüísticas. La lógica difusa permite representar el conocimiento común, que es mayoritariamente del tipo lingüístico cualitativo y no necesariamente cuantitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. Permite trabajar a la vez con datos numéricos y términos lingüísticos; los términos lingüísticos son inherentemente menos precisos que los datos numéricos pero en muchas

ocasiones aportan una información más útil para el razonamiento humano (Raman, 2014).

El uso de este método fue a partir de un software basado en técnicas difusas para realizar las evaluaciones genéricas de impacto ambiental. Se realizó partiendo de una matriz causa- efecto (Método Conesa simplificado), extendiendo su aplicación a variables lingüísticas y numéricas de diferente valor mediante el uso de números difusos.

La aplicación de esta metodología para la evaluación de impacto ambiental, propone que a partir de un software de palabras basados en aritmética difusa pueda definir una gran cantidad de entradas así como calcular estas, a partir de las salidas que sirvan para caracterizar medidas correctoras.

El software se denomina TDEIA (Técnicas Difusas de Evaluación de Impacto Ambiental), es el resultado del trabajo presentado por Duarte Velasco, que pretende el uso de Técnicas Difusas ayudar a subsanar las dificultades que presentarán las metodologías actuales de Evaluación del Impacto Ambiental relacionadas con la combinación de información cuantitativa y cualitativa, y con la presencia de incertidumbre (Duarte V, 2000).

1. Se adecuaron los niveles de factores y acciones de manera jerárquica.
2. Se establecieron los factores ambientales así como las acciones en la forma jerarquizada elegida previamente.
3. Se seleccionaron las variables para el cálculo de importancia.
4. Se asignó un valor de importancia por efecto.
5. Se realizó el listado de efectos que dependen de la interacción que se desee entre factor ambiental y acción del proyecto
6. Se asignó un valor de importancia a cada uno de los efectos mediante propiedades.
7. Finalmente, se obtuvo el resultado del impacto tratado con números difusos.

Problemática

Una de las principales debilidades del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, en la ausencia de información pertinente, veraz y oportuna requerida en el contenido de una Manifestación de Impacto Ambiental, lo que incide sobre cuestiones descriptivas y especulativas que no permiten la identificación y evaluación a fondo de los impactos reales, potenciales, acumulativos y sinérgicos; que ocasionan las actividades y obras en el sistema ambiental, deteriorando, degradando y destruyendo los recursos naturales. Sin embargo, a partir de una propuesta sólida de la descripción adecuada y veras de las actividades que se llevarán a cabo en la obra, de una adecuada identificación de los instrumentos jurídicos, acompañada de una descripción profesional del sistema ambiental en conjunto con métodos que minimicen la subjetividad para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales, permitirá tomar la mejor decisión en la autorización de manifestaciones de impacto ambiental en proyectos de energía eólica, acompañada de una serie de condicionantes lo más pertinentes y factibles de llevar a cabo.

Objetivos

General

- o Evaluar la eficacia de las metodologías y determinar cuál o cuáles son las más adecuadas para la identificación, descripción y evaluación sistemáticas de los impactos ambientales más significativos generados en el proceso de preparación del sitio, construcción y operación de Parques Eolo eléctricos en la República Mexicana.

Específicos

- o Revisar diferentes MIA relacionadas con los parques eólicos en México, para conocer los métodos más usados en la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales significativos.
- o Seleccionar dos de las MIA analizadas, para comparar y desarrollar los métodos: Matriz de Leopold, Conesa simplificado, Índice de Significancia y Lógica Difusa y así obtener los impactos significativos.
- o Identificar ventajas y desventajas de los métodos propuestos.
- o Proponer cuál MMIA So cuáles son los métodos adecuados que permitan identificar los impactos ambientales significativos de los parques Eolo eléctricos.

Método

Se realizó una búsqueda en el portal oficial de la SEMARNAT, en la gaceta oficial, ya que mes con mes la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental (DGIRA), sube al portal electrónico las manifestaciones de impacto ambiental que son sometidas a evaluación y que el expediente respectivo fue integrado.

A partir de la búsqueda, se identificaron diferentes proyectos dirigidos a la construcción de Parques Eólicos dentro de la República Mexicana. Se seleccionaron dos de estos; uno fue el proyecto del Parque eólico Cozumel y el proyecto del parque eólico Dzilam Bravo en el Estado de Yucatán, debido a su dimensión, controversia e importancia en el desarrollo económico de los diferentes estados en los que se propone construir.

A las MIA seleccionadas, se analizaron los métodos utilizados por parte de los grupos consultores, así como la caracterización del sistema ambiental, para tener una mejor visión al momento de identificar, describir y evaluar los impactos ambientales que el grupo consultor no identificó al momento de realizar el estudio de impacto ambiental. Así mismo, se analizó la **descripción del proyecto y sus alternativas**, para recabar información que permitiera identificar puntualmente los componentes más relevantes que modifican el sistema ambiental. Finalmente, la **descripción y caracterización del Sistema Ambiental (SA)**, para conocer la importancia de los factores ambientales y al mismo tiempo determina el estado inicial o línea base del sistema.

Es importante mencionar que para llevar a cabo la evaluación de impactos ambientales en el presente trabajo, se tomaron en cuenta los factores o indicadores propuestos en las guías de elaboración de la MIA publicadas por SEMARNAT, dado que no hay obligatoriedad en el número o mención de un factor estricto a emplear, se propuso lo siguiente con base a ejemplos de manifestaciones revisadas, así como la importancia ambiental de los sitios donde se llevaron a cabo los proyectos.

Factores y parámetros ambientales tales como:

Medio	Factor ambiental	Parámetro ambiental
Físico	Suelo	<ul style="list-style-type: none"> ● Tipo de suelo ● Uso de suelo ● Procesos erosivos ● Calidad del suelo
	Geología y Geomorfología	<ul style="list-style-type: none"> ● Deslizamientos ● Relieves
	Hidrología superficial	<ul style="list-style-type: none"> ● Cauces ● Áreas de inundación ● Calidad del agua superficial

	Hidrología Subterránea	<ul style="list-style-type: none"> ● Recarga media ● Manantiales, norias y pozos ● Calidad del agua subterránea ● Vulnerabilidad
	Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> ● Calidad del aire ● Microclima ● Macroclima ● Ruido y vibraciones
Biológico	Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> ● Riqueza de la vegetación ● Abundancia de la vegetación ● Especies de vegetación en alguna categoría bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 ● Distribución de la vegetación ● Usos y costumbres con especies de vegetación
	Fauna	<ul style="list-style-type: none"> ● Riqueza de fauna ● Abundancia de fauna ● Especies de fauna en alguna categoría bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 ● Distribución de fauna ● Usos y costumbres con especies de fauna
Social	Socioeconómico	<ul style="list-style-type: none"> ● Servicios básicos ● Comunicaciones ● Educación ● Salud ● Vivienda ● Telecomunicaciones y "espectro radioeléctrico" ● Empleo y activación económica ● Actividades recreativas ● Rasgos culturales ● Vestigios arqueológicos ● Tenencia de la Tierra
Paisaje	Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> ● Calidad visual ● Fragilidad visual ● Visibilidad ● Iluminación artificial

Una vez obtenida y descrita la información antes mencionada, se procedió a desarrollar una matriz que permitió determinar las interacciones entre las obras y actividades de cada proyecto con sus respectivos factores ambientales.

Posteriormente, se identificaron los posibles impactos ambientales que se generaron sobre el sistema ambiental.

Para la identificación, descripción y valoración de los impactos se utilizaron las siguientes técnicas:

Matriz de Leopold modificada

Para la valoración dentro de la matriz de interacción se tomaron en cuenta los siguientes valores:

-Magnitud: Valoración de impacto: grado, extensión o escala (de 0 a 3).

-Importancia: Valor ponderal, que da el peso relativo del potencial de impacto (de 0 a 3 en número creciente de importancia en función de la relevancia del impacto sobre el medio y la extensión o zona territorial afectada).

Para los impactos positivos se otorgara el signo + y para los negativos el signo -.

La asignación de valores se realizó de manera objetiva con el mayor conocimiento posible del proyecto, las obras y actividades, así como el diagnóstico del sistema ambiental y las interacciones que entre todos ellos ocurran; considerando las medidas de prevención, mitigación o compensación previstas.

Conesa simplificado

A partir de la identificación de los impactos con mayor magnitud e importancia en la matriz de Leopold modificada, se extrajeron para aplicar el método Conesa simplificado.

Cada uno de los criterios se evaluó y se calificó de acuerdo con los rangos establecidos por la metodología de Conesa simplificada. Posteriormente se obtuvo importancia (I) de las consecuencias ambientales del impacto aplicando el siguiente logaritmo.

La importancia se determina con la siguiente ecuación:

$$I = \pm(3 IN + 2 EX + MO + PS + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Dónde:

Atributos y Valores del Método Conesa		
Atributo	Escala de valoración	Factor de ponderación
Naturaleza (NT)	-Benéfico (+) +1 -Perjudicial (-) -1	-
Intensidad (IN)	Baja 1 Media 2 Alta 4 Muy Alta 8 Total 12	3.6

Extensión(EX)	Puntual 1 Parcial 2 Extenso 4 Total 8	2.4
Momento(MO)	Largo plazo 1 (MO > 5 años) Medio plazo 2 (1 año < MO < 5 años) Inmediato 4 (MO < 1 años)	0.8
Persistencia(PS)	Fugaz 1 (PS < 1 año) Temporal 2 (1 año < PS < 10 años) Permanente 4 (PS > 10 años)	0.4
Reversibilidad(RV)	No aplica 0 Corto plazo 1 (RV < 1 año) Medio plazo 2 (1 año < RV < 10 años) Irreversible 4 (RV > 10 años)	0.4
Sinergia(SI)	Sin sinergismo 1 Sinérgico 2 Muy sinérgico 4	0.4
Acumulación(AC)	Simple 1 Acumulativo 4	0.4
Relación Causa-Efecto(EF)	Indirecto (secundario) 1 Directo (primario) 4	0.4
Periodicidad (PR)	Irregular y Discontinuo 1 Periódico 2 Continuo 4	0.4
Recuperabilidad (MC)	No Aplica 0 De manera inmediata 1 (MC < 1 año) A mediano plazo 2 (1 año < MC < 10 años) Mitigable 4 (10 año < MC < 60 años) Irrecuperable 8 (MC > 60 años)	0.8

Posterior a la aplicación del método Conesa simplificado, se decidió usar un tercer método que es Índice de Significancia, con el fin de obtener índices de impactos, así como más información de otros atributos, como el de controversia que no consideran los métodos anteriores.

Índice de significancia

El siguiente método se usó para calificar y clasificar diferentes impactos que ocurran sobre el SA, dependerá de su magnitud, extensión y duración, o bien de su sinergia, acumulación o controversia.

Criterios para calificar los impactos y su clasificación
Magnitud (M): Es el grado de afectación que sufrirá el elemento o componente ambiental.
Extensión (E): Se refiere a la superficie que afectará el impacto.
Duración (D): Es el intervalo de tiempo en que se manifestará el impacto.
Sinergia (S): Es el grado en que un impacto potencia el efecto de otro o induce su aparición.
Acumulación (A): Es el grado en que el impacto de una actividad se suma a otro, sea en el pasado o en el presente.
Controversia (C): Se refiere a la polémica que propiciará la ejecución de la actividad.
Mitigación (M): Es el grado de efectividad de la medida aplicada.

Los valores que puede tomar cada expresión van en una escala nominal:

Nulo (0), Muy bajo a nulo (1), Muy bajo (2), bajo (3), bajo a moderado (4), Moderado (5), Moderado a alto (6), Alto (7), Muy alto (8) y Extremadamente alto (9).

La significancia de una interacción en la matriz se determinó a partir de un índice básico construido por la suma de los valores de los criterios básicos (MED) que definen un impacto, el que a su vez se ponderó con un índice complementario (SAC) determinado por la suma de los valores de los criterios complementarios que se definen en el impacto, y por el valor de la medida de prevención, mitigación o compensación. Así, los efectos de la variable j sobre la variable i , se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Ecuaciones de la Matriz de Relación Causa-Efecto:	
<p>MED= Índice básico MED_{ij} = 1/27 (M_{ij} + E_{ij} + D_{ij})</p> <p>Dónde: -M_{ij}=Magnitud -E_{ij}=Extensión -D_{ij}=Duración</p> <p>Dado que los criterios básicos no pueden estar ausentes (es decir la magnitud, la extensión y la duración tienen que ser diferentes a partir de 0 para que exista un impacto), su valor mínimo debe de ser 1, por tanto el valor de MED es: $(1/9) < MED_{ij} < 1$</p>	<p>SAC= Índice complementario SAC_{ij} = 1/27 (S_{ij} + A_{ij} + C_{ij})</p> <p>Dónde: -S_{ij}=Sinergia -A_{ij}=Acumulación -C_{ij}=Controversia</p> <p>Por el contrario, el valor de SAC puede ser 0, pues es posible que la interacción no provoque sinergia ni acumulación ni controversia; por tanto su rango de valores es $0 < SAC < 1$</p>

<p>lij= Valor de la interacción SIGNO= 1-SAC Se puede ver que el impacto de j sobre i será proporcional al valor del índice básico del impacto (MEDij), pero este impacto será potenciado por el valor de los criterios complementarios (SACij). Por tanto el impacto (lij) debe ser igual a MEDij si el valor de SACij es 0, pero debe ser más alto que MEDij cuando SACij es mayor que 0. Por ello es que: $lij = MEDij^{(1-sac_{ij})}$</p>	<p>Gij=Significancia de la interacción o valor real de afectación al ambiente Tij= valor de la medida el significado de la interacción (Gij), que toma en consideración las medias de mitigación (Tij), se obtiene de la siguiente ecuación $Gij = lij (1-(Tij/9))$, el cual se clasifica en los siguientes valores</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0ffff;">Valor</th> <th style="background-color: #e0ffff;">Clasificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00-0.33</td> <td>Poco significativo (B)</td> </tr> <tr> <td>0.34-0.66</td> <td>Medianamente significativo (S)</td> </tr> <tr> <td>0.67-1.00</td> <td>Significativo (S)</td> </tr> </tbody> </table>	Valor	Clasificación	0.00-0.33	Poco significativo (B)	0.34-0.66	Medianamente significativo (S)	0.67-1.00	Significativo (S)
Valor	Clasificación								
0.00-0.33	Poco significativo (B)								
0.34-0.66	Medianamente significativo (S)								
0.67-1.00	Significativo (S)								

Finalmente se usó un cuarto método de lógica difusa con el fin de obtener la calidad ambiental neta del sistema.

Lógica Difusa.

Con la ayuda del software denominado TDEIA (Técnicas Difusas de Evaluación de Impacto Ambiental), se logró la realización de esta técnica en donde subsanamos las dificultades que presentaban las metodologías gracias a la incorporación cuantitativa, cualitativa y con la presencia de incertidumbre, para obtener la calidad neta del sistema.

La comparación de métodos se realizó considerando la facilidad de uso, el tipo de información requerida para la evaluación, tiempo de empleo y el tipo de resultados obtenidos para determinar los alcances así como las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos propuestos aplicados a las MIA mencionadas anteriormente.

A partir de los datos obtenidos de cada metodología empleada, se propuso el método más adecuado que permitió identificar los impactos ambientales significativos de los parques Eolo eléctricos.

Resultados

Análisis de la descripción del sistema ambiental.

1.- Manifestación de Impacto ambiental del Parque Eólico Cozumel.

La primera Manifestación de Impacto Ambiental analizada, corresponde al Parque Eólico Cozumel ubicado en la Isla de Cozumel, Quintana Roo. Este proyecto cuenta con una serie de deficiencias y elementos que ponen en riesgo el gran valor ambiental en la zona; por lo que ha sido rechazado más de una vez. El proyecto fue presentado por México Power Group MPG Cozumel S. A. P. I. de C. V. para su autorización por la SEMARNAT, establece que el parque contempla la instalación de 115 aerogeneradores a lo largo de la costa oriental de la Isla de Cozumel. El proyecto está planteado en realizarse en cuatro fases en dos áreas (norte y sur). La duración de su construcción se estima que sea de siete años (2013- 2020). El siguiente cuadro comparativo muestra como realizaron la descripción del sistema ambiental, los diferentes impactos ambientales que tomaron en cuenta, así como inconsistencias y observaciones que se encontraron en su análisis.

La LGEEPA, establece que los impactos se pueden clasificar dependiendo su origen o sus atributos. Tomando en cuenta sus atributos, especialmente los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, se logró un análisis más amplio de la magnitud, durabilidad y persistencia de los impactos que se ocasionaban debido a la construcción del Parque Eólico Cozumel, y que en el estudio que sometieron a evaluación no contemplaron; debido a falta de tiempo o simplemente omitieron información relevante para su pronta aprobación.

Nombre del proyecto.	Método utilizado.	Modalidad.	Criterios que usaron para delimitar el sistema ambiental.	Impactos que delimito el grupo consultor	Observaciones o Inconsistencias identificadas en la MIA.
Parque Eólico Cozumel.	Evaluación Ambiental Estratégica (Domingo Gómez Orea 2007), listas de chequeo, matrices de impacto, grafos de relación causa-efecto, superposición, indicadores de impacto, funciones de calidad).	REGIONAL	Medio Físico.	Fase de construcción:	Fase de Preparación del sitio: La manifestación evaluada cuenta con una falta de información con respecto a la fase de preparación del sitio y contradiciéndose con respecto a las vías de acceso al área donde se desarrollara el proyecto y mas adelante en la manifestación explicando que tipos de vías necesitan para el traslado de las torres de los aerogeneradores.
			1.- <i>Clima</i> : a) temperatura b) precipitación c) humedad relativa d) vientos e) nubosidad f) fenómenos climatológicos	Impactos sobre el aire: 1.-Incremento de las emisiones atmosféricas asociadas a las obras. 2.- Incremento de las emisiones acústicas en la fase de las obras. 3.- Contaminación lumínica durante las obras .	Fase de construcción:
			2.- <i>Calidad del aire</i> .		
			3.- <i>Materiales, formas y procesos del medio inerte</i> : a) geología b) geomorfología c) erosión y erosionabilidad.		
			4.- <i>Suelos</i> : a) tipo de suelos.	Sobre la hidrología: 1.- Alteración de la calidad de las aguas superficiales por vertidos y/o arrastres. 2.- Alteración de la calidad de las aguas subterráneas por vertido accidental de contaminantes.	Impacto sobre la hidrología: 1.- Interrupción del curso natural del cause fluvial.
			5.- <i>Hidrología</i> : a) hidrología superficial b) hidrología subterránea		
			6.- <i>Áreas de interés geológico, geomorfológico e hidrológico (cenotes) en el entorno del Parque eólico</i> .		
			7.- <i>Riesgos geológicos e hidrometeorológicos</i> .		
			Medio Biótico.	Sobre los materiales, las formas y los procesos del Medio inerte: 1.- Alteración de la topografía natural de los terrenos. 2.- Afección a cenotes de interés geológico, geomorfológico e hidrológico. 3.- Alteración de las propiedades del suelo: erosión-compactación de suelos.	
			1.- <i>Vegetación terrestre insular.</i>		
			2.- <i>Estudio detallado de la vegetación en el ámbito del Parque Eólico</i> .	Sobre la vegetación: 1.- Despalme y desmonte de la vegetación existente. 2.- Aumento del riesgo de incendio por las obras.	Impactos sobre la vegetación: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.
			3.- <i>Riesgo de incendio</i> .		
			4.- <i>Fauna insular</i> .		
			5.- <i>Especies faunísticas cuya presencia se ha constatado en la zona de estudio</i> .		
Áreas naturales singulares o de especial interés para el medio Biótico.	Sobre la fauna: 1.- Destrucción directa y deterioro a ambientes faunísticos. 2.- Daños directos a especies de animales. 3.- Molestias a la fauna por las obras. Alteración de la biología de las especies.	Impactos sobre la fauna: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.			
Medio perceptual.	Sobre el paisaje: 1.- Alteración del paisaje por los movimientos de tierra, el trasiego de maquinaria y el desorden que introducen las obras.	Impacto sobre el paisaje: 1.- Alteración al paisaje.			
1.- <i>Elementos primarios de la percepción</i> : a)formas del terreno b) textura c) elementos construidos: huella humana d) elementos complementarios: colores, sonidos, olores, etc. e) elementos singulares: naturales y antrópicos	Sobre el patrimonio Histórico- Cultural: 1.- Daños o afección al patrimonio arqueológico y cultural.				
2.- <i>Elementos elaborados de la percepción</i> : a) unidades de paisaje: identificación, caracterización y valoración.	Sobre el Medio Socioeconómico: 1.- Generación de empleo y actividad económica. 2.- Afección a los usos del suelo. 3.- Afección a las infraestructuras de transporte por llegada y transporte de las estructuras de los aerogeneradores y el transito de maquinaria. 4.- Molestias a la población y riesgo en su seguridad por las obras y actividades asociadas a la construcción del parque.	Impactos al medio socioeconómico: 1.- Conflicto por la tenencia y uso de la tierra.			
3.- <i>Análisis de visibilidad</i> : a) receptores b) lugares relevantes para la percepción c) exposición visual del territorio					
4.- <i>Análisis de la fragilidad</i> : a) fragilidad visual b) fragilidad paisajista.					

				Fase de operación.	Fase de operación.
Parque Eólico Cozumel.	Evaluación Ambiental Estratégica (Domingo Gómez Orea 2007), listas de chequeo, matrices de impacto, grafos de relación causa-efecto, superposición, indicadores de impacto, funciones de calidad).	REGIONAL	Patrimonio Histórico- Cultural.	Sobre el aire: 1.- Contribución a la lucha contra el Cambio Climático. 2.- Incremento de las emisiones acústicas. 3.- Contaminación lumínica por la iluminación nocturna del parque. 4.- Contaminación Electromagnética.	Impactos sobre el aire: 1.- Impacto a la temperatura de las zonas aledañas al Parque. 2.- Disminución del paso del aire a las zonas aledañas al Parque. 3.- Concentración de contaminantes atmosféricos en zonas aledañas debido a la falta de movilidad por el escaso o nulo viento. 4.- Mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos, debido a las anomalías atmosféricas producto del cambio climático
			Medio Socioeconómico.	Sobre la hidrología: 1.- Alteración de la calidad de las aguas subterráneas por vertido accidental de contaminantes durante las labores de mantenimiento del parque.	Impactos sobre la hidrología: 1.- Mayor incidencia sobre los fenómenos meteorológicos (Casos atípicos).
			1.- <i>Demografía .</i>	Sobre los materiales, las formas y los procesos del Medio inerte: 1.- Riesgo de contaminación de suelos durante las labores de mantenimiento del parque.	Impactos sobre el medio inerte: 1.- Afectación al intemperismo de la zona. 2.- Mayor incidencia en incendios.
			2.- <i>Educación .</i>	Sobre la vegetación: 1.- Efecto de borde y aumento del riesgo del incendio por las labores de mantenimiento del parque y la presencia de líneas eléctricas.	Impactos sobre la vegetación: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.
			3.- <i>Vivienda .</i>	Sobre la fauna: 1.- Riesgo de colisión: aves y quirópteros. 2.- Molestias la fauna por el funcionamiento del parque. 3.- Efecto barrera de borde del parque y sus instalaciones.	Impactos sobre la fauna: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.
			4.- <i>Sanidad .</i>	Sobre los espacios naturales protegidos y/o de interés: 1.- Afección a espacios naturales protegidos y/o de interés.	-
			5.- <i>Infraestructura de transporte :</i> a) carreteras b) aeropuerto c) aeródromo d) comunicación marítima	Sobre el paisaje: 1.- Alteración del paisaje por la presencia del parque eólico.	Impactos sobre el paisaje: 1.- Incendios de los aerogeneradores.
			6.- <i>Servicios públicos :</i> a) agua potable b) energía eléctrica c) combustible d) gestión de los residuos. 7.- <i>Actividades económicas :</i> a) actividades primarias b) actividades secundarias b) actividades terciarias.	Sobre el medio Socioeconómico: 1.- Incidencia del parque y su funcionamiento sobre la economía local, empleo y turismo. 2.- Interferencias con el sistema de radiocomunicación. 3.- Afección al funcionamiento del parque por huracanes.	Impactos al medio socioeconómico: Interferencia en las ondas de radio, telefonía, televisión, etc. cuando las aspas están en movimiento. 2.- Conflicto por la propiedad de la tierra. 3.- Cambios en la intensidad de la luz (Radiación solar e Incidencia lumínica).

Los resultados fueron los siguientes:

Observaciones o inconsistencias identificadas en la MIA del Proyecto Cozumel en la fase preparación del sitio y construcción.
<p style="text-align: center;">Preparación del sitio:</p> <p>* La manifestación evaluada cuenta con una inconsistencia con respecto a la fase de preparación del sitio, contradiciéndose en la información proporcionada con respecto a las vías de acceso al área donde se desarrollará el proyecto.</p>
<p style="text-align: center;">Impacto sobre la hidrología:</p> <p>1. Interrupción del curso natural del lecho fluvial.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la vegetación:</p> <p>1. Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2. Modificación del hábitat</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la fauna:</p> <p>1. Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2. Modificación del hábitat.</p>
<p style="text-align: center;">Impacto sobre el paisaje:</p> <p>1. Alteración al paisaje.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos al medio socioeconómico:</p> <p>1. Conflicto por la propiedad de la tierra.</p>

Fase preparación del sitio: Dentro de la fase de preparación del sitio, el análisis del documento indicó diferentes impactos sobre los diversos componentes del sistema ambiental, mismos que se describen a continuación:

- o *Impacto sobre la hidrología:* Se verán afectados los mantos acuíferos, esto debido a que el tipo de suelo de roca cárstica genera la filtración de la mayor parte del agua de lluvia que cae en la isla; al momento de ser removida y compactada habrá un cambio en su composición con la que disminuirá la circulación hidráulica subterránea hacia el mar. Las actividades que se generan durante esta fase provocarán cambios en el tipo de suelo afectando la calidad y cantidad de aguas subterráneas
- o *Impacto sobre el medio inerte:* Las actividades que se llevarán a cabo en esta fase como desmonte, excavaciones, compactaciones, nivelaciones, y otras actividades tendrán un gran impacto en el medio inerte, debido a los cambios que se generarán en el suelo, teniendo como consecuencias cambio físicos y químicos debido a la naturaleza caliza de sus materiales, por lo que la estabilidad de los mismos depende en gran medida de su cobertura vegetal, que será removida para la preparación del sitio.

- o *Impactos sobre la vegetación:* La isla de Cozumel posee casi el 40% de la flora presente en todo en el estado de Quintana Roo (Sauza A. & Cabrera C., 1983), cuenta con 542 especies registradas a lo largo de la isla pertenecientes a 102 familias, entre las que se encuentran las cuatro especies de mangle *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*; especies consideradas bajo “Protección especial” en la NOM-059-SEMARNAT-2010. El impacto que tendrán las actividades en esta fase será la remoción o reubicación en su totalidad de este tipo de especies vegetales.

- o *Impacto sobre la fauna:* En el lugar donde se realizará el proyecto se encuentran diferentes especies faunísticas entre ellas 31 taxa endémicas (4 invertebrados, 1 reptil, 19 aves, 7 mamíferos) y 12 de distribución restringida. Se identificaron un total de 4 especies endémicas de invertebrados en la isla de Cozumel, ninguna de ellas pertenecientes al a NOM-059- SEMARNAT-2010, sin embargo, resultaría necesario realizar más exploraciones para poder documentar con mayor precisión; entre ellas se encontraron del orden Decapoda: (*Agostocaris bozanici*), (*Janicea antiguensis*), (*Yagerocaris Cozumel*); del orden Amphipoda: (*Bahadzia setodactylus*). Con respecto a la herpetofauna se reconocen 31 en la isla (5 anfibios y 26 reptiles), de las cuales 12 están en alguna categoría de riesgo en la NOM- 059-SEMARNAT-2010. Una de estas especies es la lagartija endémica de Cozumel: (*Aspidocelis cozumela*), que habita en áreas abiertas y arbustivas de las playas y a lo largo de las carreteras. Por su parte, las dos especies que se encuentran en “peligro de extinción” son las dos especies de tortuga marina: la tortuga caguama (*Caretta caretta*) y la tortuga verde (*Chelonia mydas*). En lo que respecta a la avifauna se debe señalar que Cozumel es una isla que alberga una gran variedad de especies invernantes, así como especies de tránsito que continúan su viaje hacia Centro y Sudamérica y otras islas del Caribe. De las 249 especies de aves identificadas en la isla, 3 son especies endémicas de Cozumel: Esmeralda de Cozumel (*Chlorostilbon forficatus*), Vireo de Cozumel (*Vireo bairdi*), Cuitlacoche de Cozumel (*Toxostoma guttatum*). 16 subespecies endémicas: Hocofoâisan de Cozumel (*Crax rubra griscomi*), Aguililla caminera de Cozumel (*Buteo magnirostris gracilis*), Carpintero frente dorada (*Melanerpes aurifrons leei*), Carpintero Yucateco (*Melanerpes pygmaeus pygmaeus*), Atila de Cozumel (*Attila spadiceus cozumelae*), Papamoscas Yucateco (*Myiarchus yucatanensis lanyoni*), Papamoscas Tirano (*Myiarchus tyrannulus cozumelae*), Vireon Ceja Rufa de Cozumel (*Cyclarhis gujanensis insularis*), Chivirin saltapared de Cozumel (*Troglodytes aedon beani*), Perlita Azulgris de Cozumel (*Polioptila caerulea cozumelae*), Maullador Negro de Cozumel (*Melanoptila glabirostris cozumelana*), Chipe Amarillo de Cozumel (*Setophaga petechia rufivertex*), Tangara cabecirrayada (*Spindalis zena benedicti*), Semillero oliváceo de Cozumel (*Tiaris olivacea intermedia*), Tangara Yucateca (*Piranga roseogularis cozumelae*), Cardenal (*Cardinalis cardinalis saturata*). Con

respecto a la mastofauna en Cozumel se han identificado un total de 17 especies de mamíferos terrestres no voladores, lacustres siete son taxa endémicos, lo que lo hace una de las islas con más endemismos en México, se identificaron tres especies endémicas en la isla: el mapache cozumeleño (*Procyon pygmaeus*), el coati (*Nasua nelsoni*) y el ratón cosechero de Cozumel (*Reithrodontomys spectabilis*); y cuatro subespecies endémicas. Estas especies son muy susceptibles a la extinción dado que su distribución territorial es limitada. Hay especies que se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, por lo que en la fase de preparación del sitio será afectadas debido al desplazamiento o eliminación de estas al momento de efectuar las actividades.

- o *Impacto sobre el paisaje:* Este impacto será relativamente moderado, debido a las actividades que se llevarán en la fase de preparación del sitio como despalme y desmonte de la vegetación, debido al cambio sobre la cobertura vegetal, que será eliminado para poder realizar la excavación, cimentación y nivelación
- o *Impacto sobre el medio socioeconómico:* En la fase de preparación del sitio el impacto al medio socioeconómico es moderadamente positivo ya que traerá consigo la inversión del capital privado a la región desde la compra de material para la preparación así como la creación de empleos que serán temporales. Por otro lado se presentará un impacto negativo debido al rechazo del proyecto, debido a la tenencia de la tierra que es de carácter comunal en la región. Otro factor importante son las molestias a las poblaciones más próximas debido al tráfico excesivo de vehículos, uso de maquinarias pesadas y por los cambios ocasionados en el ecosistema afectando la calidad del paisaje y la calidad de vida de la población.

Fase de construcción:

- o *Impacto sobre la hidrología:* La deficiente planificación y ejecución del trazado de accesos, zanjas u otras construcciones afecta directamente el curso natural de cauces fluviales que se encuentren ubicados en la zona donde se llevará el proyecto.
- o *Impactos sobre el medio inerte:* Debido a la operación de maquinarias, materiales de construcción y equipos, pueden ocasionar derrames de aceites, lubricantes, solventes y otro tipo de contaminantes químicos que afectan al suelo debido a una mala disposición de estos.
- o *Impactos sobre la vegetación:* Estos son provocados por la eliminación de la cobertura vegetal (despalme y desmonte), en algunos casos se verán afectados en su ciclo vida debido al desplazamiento o eliminación de especies y un aumento de la temperatura del suelo, que repercutiría en el flujo de aguas superficiales y los procesos tróficos básicos como las

relaciones de la cadena alimenticia entre plantas, insectos y depredadores de la zona (Rincón y Asesores, 2006). Así como el impacto llamado “ocupación del hábitat”, que hace referencia a afectaciones en el medio biótico ya que quedan desplazadas o eliminadas. Algunos de los elementos causantes de la ocupación del hábitat de forma permanente, a lo largo de toda la vida útil del parque son: accesos, cimentaciones de los aerogeneradores, edificaciones anexas, pozo y fosa séptica. Los impactos temporales son: zanjas de canalización, balizamiento, superficies de acopio para la obra y estacionamiento para la maquinaria, entre otras.

- o *Impactos sobre la fauna:* De igual manera que el impacto en la fase de preparación del sitio sobre la vegetación y la fauna tendrá afectaciones en su ciclo de vida o existencia. Esto es ocasionado por el movimiento y los cambios ocasionados en su hábitat que causan el desplazamiento o eliminación de la fauna previamente existente. Afectando los procesos tróficos básicos, así como la cadena alimenticia entre plantas, insectos y depredadores. Concretamente la avifauna es la más afectada, ya que ciertas especies de aves son sensibles a cualquier molestia, por lo que se produce el abandono de nidos.
- o *Impacto sobre el paisaje:* El cambio ocasionado por las obras necesarias para la ejecución de las instalaciones y sus accesos pueden generar molestias sobre las poblaciones más próximas, provocado por el tráfico excesivo de vehículos, el uso de maquinaria pesada y especialmente por los cambios ocurridos en el ecosistema de la zona afectando el campo visual y la calidad de vida de la población.
- o *Impacto sobre el medio socioeconómico:* La construcción del parque eólico genera rechazo y la oposición social por parte de la población, hay grupos que se inconforman debido al cambio de tenencia de la tierra comunal a privada, a través de la firma de contratos de arrendamiento de tierras entre sus propietarios, porque permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse otros 30 años, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por el parque eólico al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea arrendada. Los opositores a los parques eólicos han manifestado que los contratos usualmente no ofrecen información transparente y veraz sobre los derechos que tienen los propietarios al arrendar su tierra, y sobre lo que sucederá con las instalaciones eólicas una vez que se termine el contrato (Oxfam, 2009). Asimismo, señalan que los contratos no establecen una distinción precisa entre fincas productivas y terrenos baldíos, y carecen de cláusulas de actualización de los pagos. A esto se suma, la cooptación de representantes de las comunidades y la simulación de asambleas ejidales con firmas de personas fallecidas y otras que no aparecen en el padrón ejidal para agilizar la firma de contratos y negociaciones individuales entre propietarios y empresas, con el fin de excluir a las asambleas ejidales de

los procesos de toma de decisiones. También, cabe mencionar de la percepción que tienen los comuneros sobre el derecho humano a un medio ambiente sano y su relación con los parques eolo eléctricos, que en la mayoría de las veces no es contemplada.

Observaciones o inconsistencias identificadas en la MIA del Proyecto Cozumel en la fase de operación.
Impactos sobre el aire:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Impacto a la temperatura de las zonas aledañas al parque. 2. Disminución del paso del aire a las zonas aledañas al parque. 3. Concentración de contaminantes atmosféricos en zonas aledañas debido a la falta de movilidad por el escaso viento. 4. Mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos, debido a las anomalías atmosféricas producto del cambio climático.
Impactos sobre la hidrología:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor incidencia sobre los fenómenos meteorológicos (casos atípicos).
Impactos sobre el medio inerte:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Afectación al intemperismo de la zona. 2. Mayor incidencia en incendios.
Impactos sobre la vegetación:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2. Modificación del hábitat.
Impactos sobre la fauna:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2. Modificación del hábitat.
Impactos sobre el paisaje:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Incendios de los aerogeneradores.
Impactos al medio socioeconómico:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Interferencia en las ondas de radio, telefonía, televisión, etc. cuando las aspas están en movimiento. 2. Conflicto por la propiedad de la tierra. 3. Cambios en la intensidad de la luz (radiación solar e incidencia lumínica).

Fase de operación

- o *Impactos sobre el aire:* El cambio de la distribución geográfica y/o la variabilidad inter e intra anual del viento en un determinado sitio puede influir en el diseño, operación, expectativas de producción de energía eléctrica, vida útil de los aerogeneradores, y estimaciones de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero de las zonas aledañas o posteriores al parque eólico. Asimismo, cabe la posibilidad de que el calentamiento global afecte el suministro de energía eléctrica, en especial, las líneas de transmisión eléctrica por el incremento de la temperatura no

solo en la ubicación del proyecto sino también las poblaciones posteriores a este debido a su disminución de corriente que provoca un aumento en los incendios forestales; y una mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos. Estudios recientes han revelado que la construcción de parques eólicos puede generar un aumento en la temperatura del aire, dando lugar a una disminución leve de la densidad del aire y de la producción de energía eléctrica (Somnath, 2011). Otra afectación muy importante que no es mencionada, es la afectación a nivel fisicoquímico en la región, un ejemplo de ello es la afectación al ciclo del nitrógeno; que es un elemento de importancia crítica para todas las formas de vida. Las proteínas, que son componentes de todas las células, en promedio contienen 16% de nitrógeno en peso. Otras sustancias nitrogenadas complejas para la vida son los ácidos nucleicos y los amino azúcares. Sin el suministro continuo de nitrógeno, la vida en la Tierra dejaría de existir. No obstante que el 79% de la atmósfera del planeta es nitrógeno elemental (N_2), este gas inerte no está disponible en absoluto para ser asimilado por la mayor parte de las plantas y los animales. Se sabe de diversas bacterias, hongos y algas azules capaces de fijar nitrógeno. Este proceso implica la incorporación directa de nitrógeno atmosférico en el “cuerpo” orgánico del organismo fijador. Los fijadores de nitrógeno tan solo constituyen una porción muy pequeña de estos grupos en conjunto, y se les puede dividir en **fijadores de nitrógeno simbióticos** y **fijadores de nitrógeno de vida libre**. El nitrógeno se introduce en la cadena alimenticia de productor/consumidor cuando las plantas la absorben de la solución del suelo ya sea de forma de nitratos (NO_3^-) o como ion amonio (NH_4^+). Las bacterias desnitrificantes del suelo también pueden convertir el nitrito en amoniaco, en especial las bacterias y los hongos de los suelos anegados. Esta conversión también se produce en condiciones de escasez de oxígeno en los lagos. El proceso se llama **desnitrificación**. Las bacterias nitrificantes utilizan el nitrógeno amoniacal (NH_3) como fuente de energía para sintetizar su protoplasma. Este proceso se produce con lentitud, si acaso, en condiciones acidas. Primero, el amoniaco se convierte en nitrito (NO_2^-) por la acción de otro género, **Nitrobacter**. Este proceso en dos etapas se llama **nitrificación**. Ambos grupos de bacterias obtiene su energía de este proceso de oxidación y más tarde utilizan una parte para convertir CO_2 en carbono celular. Por último, una vez en nitrato (NO_3^-) ha sido asimilado y transformado por las plantas superiores y los microbios en forma de proteína y ácidos nucleicos, se metaboliza y se devuelve una parte principal al ciclo en forma de productos residuales (esto es, como nitrógeno inorgánico inanimado). Muchas bacterias y hongos heterótrofos del suelo y del agua utilizan este material rico en nitrógeno, lo transforman y lo liberan como amoniaco inorgánico en un proceso llamado **amonificación**. Otras partes del ciclo implican la emisión, de vuelta en la atmósfera, de nitrógeno y óxidos nítricos gaseosos, aunque la importancia de las mismas es limitada (Henry y Heinke, 1999).

- o *Impactos sobre hidrología:* La producción de energía eólica, aunque puede contribuir al calentamiento global paradójicamente debido a la producción de energía a través de este medio puede ser afectado. Existe la posibilidad de que el calentamiento global tenga una mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos al momento del cambio drástico en la temperatura de la zona. Para la determinación de la ocurrencia de los fenómenos naturales en la región se pueden establecer los parámetros de estos y la velocidad de los vientos a partir de la ecuación de distribución de Weibull, que determina la velocidad promedio del viento en la zona, esta ecuación fue propuesta por el físico y matemático Walodi Weibull en el año de 1930 al que se le atribuye su nombre (Álvarez C., et al., 2013).
- o *Impactos sobre el medio inerte:* Debido al intemperismo puede afectar los terrenos en donde se desarrollen actividades agrícolas, ganaderas y pesqueras que representen las principales fuentes de ingresos de la población que se encuentre a los alrededores del proyecto, producto de la siembra de cultivos agrícolas. Un impacto negativo que impedirá parcial o totalmente la siembra de cultivos representando un gran problema social (provocando una potencial migración de la población en busca de empleo), así como por cambios en estilos de vida, teniendo en cuenta la falta de apoyo institucional, económico y tecnológico del gobierno mexicano a los pequeños y medianos productores agrícolas. Por otro lado existe el riesgo de incendios, producto de la eliminación de humedad en el ambiente biofísico, en donde un fallo por cortocircuito puede constituir el inicio del fuego dentro y fuera del parque.
- o *Impactos sobre la vegetación:* La cantidad de viento es abundante debido al proceso de expansión de gases de la atmósfera lo que provoca que se eleve por la presión y temperatura, dando como resultado que se modifique su calidad y cantidad, al perder humedad. La escases o nula presencia del viento así como su intensidad, será afectada, debido a que este será captado a través de las aspas de los aerogeneradores lo que provocará cambios en las zonas posteriores y alrededores del parque; lo que afecta directamente a la temperatura y provoca cambios en el ciclo de vida tanto de animales como en la vegetación de la zona. Lo que incide en cambios significativos en su ciclo de vida, como existencia, pérdida o fragmentación del hábitat. También hay que considerar que la ubicación donde se encuentra el proyecto es una zona de humedales, sitios en los que se presentan especies arbóreas de interés o dignas de protección, por lo que en la instalación y funcionamiento de los aerogeneradores se deben respetar la base y su zona inmediata de los mismos para preservar su correcto desarrollo.
- o *Impactos sobre la fauna:* La construcción del parque eólico puede dar como resultado en la fragmentación de extensiones contiguas de hábitat, afectando principalmente a la avifauna y los organismos de movimiento

lento como los pertenecientes a la clase Mammalia, Reptilia y Amphibia (Rincón y Asesores, 2006). De entre todos los impactos ambientales sin duda alguna, el más controversial es la muerte de avifauna por la colisión con las aspas de los aerogeneradores en funcionamiento. Es un impacto significativo, acumulativo y residual, ya que el parque se encuentra sobre la ruta migratoria del Atlántico, en la cual vuelan las aves a través del Golfo de México y las Islas del Mar del Caribe, en esta ruta se encuentran diversos sitios en los que paran ya sea para pasar en ellos el invierno o bien, son sitios que constituyen la última oportunidad posible para descansar y acumular energía antes de continuar con su largo y difícil viaje a Centro y Sudamérica (Pliego, 1997).

- o *Impactos sobre el paisaje*: Este impacto se ve afectado por la operación de los aerogeneradores, su mencionada atracción a los rayos, cortocircuito ocurrido en los motores de estos o el riesgo en las líneas eléctricas donde el fallo puede constituir el inicio del fuego. Afectando el paisaje y poniendo en riesgo las comunidades de flora y fauna que invadieron la zona del proyecto.

- o *Impactos al medio socioeconómico*: Se estima que los parques eólicos pueden afectar las telecomunicaciones mediante la refracción y curvatura de giro de las ondas electromagnéticas producidas por el movimiento de los aerogeneradores. Esto puede interrumpir, obstruir, degradar o limitar el desempeño, la transmisión y recepción de las señales de equipos electrónicos como: televisión, radio, microondas, teléfonos celulares y radares (National Reserch Council, 2007). Debido a estos campos electromagnéticos de generación de electricidad tienen potenciales efectos sobre las poblaciones más próximas, teniendo un grado de afectación en la salud ambiental y calidad de vida de los pobladores. Por otra parte la construcción de parque eólicos ha generado el rechazo y la oposición social por parte de un sector de la población, ya que se inconforman debido al cambio de tenencia de la tierra colectiva a privado a través de las firmas de arrendamiento de tierras entre sus propietarios y las empresas eólicas, que permite a éstas acceder a la tierra para instalar aerogeneradores que aprovechen recurso eólico. Estos contratos se realizan en condiciones de clara desventaja para los propietarios porque permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse por otros 30, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por los parques eólicos al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea. Los opositores a los parques eólicos han manifestado que los contratos usualmente no ofrecen información transparente y veraz sobre los derechos que tienen los propietarios al arrendar su tierra, y sobre lo que sucederá con las instalaciones eólicas una vez que se termine el contrato. Asimismo, señalan que los contratos no establecen una distinción precisa entre fincas productivas y terrenos baldíos, y carecen de cláusulas de actualización de los pagos (Oxfam, 2009). A esto se suma, la cooptación

de representantes de las comunidades y la simulación de asambleas ejidales con firmas de personas fallecidas y otras que no aparecen en el padrón ejidal para agilizar la firma de contratos y negociaciones individuales entre propietarios y empresas, con el fin de excluir a las asambleas ejidales de los procesos de toma de decisiones. Hay que mencionar que el movimiento de las aspas de los aerogeneradores en condiciones soleadas produce sombras en movimiento sobre el terreno, resultando en cambios en la intensidad de la luz. Este fenómeno que dura aproximadamente media hora, se denomina parpadeo de la sombra (shadow flicker) y puede llegar a ser una distracción para los conductores e incluso causar accidentes automovilísticos, algunos especialistas estiman que puede provocar ataque epilépticos si cuenta con frecuencia por encima de 10 Hz. Aun así, el análisis de este impacto debe incorporarse a los estudios de impacto ambiental porque su intensidad depende de varios factores: la ubicación de las personas en relación con los aerogeneradores, la velocidad y dirección del viento; la variación diurna de la luz del sol; la latitud geográfica del lugar y la topografía. Otro aspecto importante que compete a la sociedad de la región, especialmente los propietarios de las tierras es el no mencionado *Pago por Servicio Ambiental (PSA)*. Son un medio por el cual se incentiva a los usuarios de la tierra al manejo y conservación adecuada de su ambiente natural para asegurar de este modo el flujo de servicios ambientales (Herbert et al., 2010). Dichos esquemas contemplan la compensación de los prestadores de servicios ambientales por medio del pago directo, de la venta de créditos de carbono, biodiversidad o agua en los mercados nacionales e internacionales. Desgraciadamente el servicio ambiental que nos proporciona el viento, aun no es considerado un pago por servicio ambiental a pesar de que se lucra con ello. Por otro lado nos encontramos con el impuesto al uso del viento en regiones nacionales, donde ingresan los proyectos de parque eólicos transnacionales utilizando el viento como materia prima para la generación de electricidad a partir de su captación; y a su vez estos no pagan más que impuesto por el uso de suelo, mientras que su recurso más importante es el viento.

2.- Manifestación de Impacto Ambiental del Parque Eólico Dzilam Bravo.

El Parque Eólico Dzilam Bravo se encuentra ubicado en los ranchos San Luis y San Isidro, en el municipio de Dzilam Bravo, Yucatán. Este proyecto cuenta con una serie de elementos que ponen en riesgo el gran valor ambiental en la zona así como también falta de cumplimiento por no presentar todos los requisitos; de acuerdo al artículo 34 de la LGEEPA una vez que la secretaría reciba una manifestación de impacto ambiental e integre el expediente, pondrá a disposición del público, con el fin de que pueda ser consultada por cualquier persona (LGEEPA, 1988). Pero esto no sucedió, por lo que fue rechazado una vez. Sin embargo la empresa volvió a ingresar el proyecto una vez más y actualmente se encuentra aprobado. El proyecto fue presentado por la empresa denominada Eólica del Golfo 1 S.A. de C.V. la cual se encuentra en poder de Vive Energía S.A.P.I. de C.V. cuyo promovente es el Dr. Beningno Villareal del Río. El proyecto consiste en la construcción y operación de un parque eólico con una capacidad de generación aproximada de 50 MW. El parque eólico consta de 16 aerogeneradores tripala de 3 MW de potencia unitaria, una red de transmisión eléctrica subterránea, caminos de acceso, una subestación eléctrica, un área para maniobras temporal, un área de almacenamiento provisional y caminos internos, obras distribuidas dentro de un terreno de 610.98 ha.

El cuadro comparativo muestra como realizaron la descripción del sistema ambiental, los diferentes impactos ambientales identificados, así como inconsistencias y observaciones que se encontraron a partir del análisis.

Los impactos se pueden clasificar dependiendo su origen o sus atributos. Tomando en cuenta sus atributos, especialmente los impactos acumulativos, sinérgicos y residuales, en el presente estudio se logró un análisis más amplio de la magnitud, durabilidad y persistencia de estos. En el estudio que sometieron a evaluación no lo contemplaron, tal vez por la falta de tiempo, omitieron información relevante para su pronta aprobación o bien el personal técnico responsable de la identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales en conjunto con sus medidas de mitigación no usó los métodos más adecuados.

Nombre del proyecto.	Método utilizado.	Modalidad.	Criterios que delimitaron en el sistema ambiental.	Impactos que delimito el grupo consultor	Observaciones o Inconsistencias identificadas en la MIA.
Parque Eólico Dzilam Bravo.	Análisis Cribado Ambiental, Evaluación de la Calidad Ambiental (cuadros de Coeficiente de Importancia Relativa y un Grafico de Priorización) Cantú- Martínez 2000.	REGIONAL	Aspectos Abióticos.	Componentes físicos.	Componentes físicos.
			1.- <i>Características climáticas</i> : a) temperatura b) precipitación c) vientos dominantes d) datos del viento del sitio e) evo transpiración f) intemperismos severos g) radiación solar.		
			2.- <i>Geología y geomorfología</i> .	1.- Calidad del aire.	Impactos sobre el aire: 1.- Impacto a la temperatura de las zonas aledañas al Parque. 2.- Disminución del paso del aire a las zonas aledañas al Parque. 3.- Concentración de contaminantes atmosféricos en zonas aledañas debido a la falta de movilidad por el escaso o nulo viento. 4.- Mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos. 5.- Contaminación electromagnética.
			3.- <i>Suelos</i> : a) relieve.		
			4.- <i>Hidrología superficial y subterránea.</i>	2.- Calidad del agua subterránea.	Impacto sobre la hidrología: 1.- Mayor incidencia sobre los fenómenos meteorológicos.
			Aspectos Bióticos.		
			1.- <i>Vegetación</i> .	3.- Calidad del suelo.	Impactos sobre el medio inerte: 1.- Alteración de la topografía natural de los terrenos. 2.- Afección a cenotes de interés geológico, geomorfológico e hidrológico. 3.- Alteración de las propiedades del suelo: erosión- compactación de suelos.
			2.- <i>Fauna</i> .		
			3.- <i>Paisaje</i> : a) visibilidad b) calidad paisajística c) fragilidad del paisaje.	Componentes ecológicos/bióticos.	Componentes ecológicos/bióticos.
			5.- <i>Biodiversidad</i> .		
			Medio Socioeconómico.	1.- Vegetación,	Impactos sobre la vegetación: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat. 3.- Despalme y desmonte de la vegetación existente. 4.- Aumento del riesgo de incendio por las obras.
			1.- <i>Mercado de servicios</i> : a) servicios turísticos		
			2.- <i>Mercado de capitales</i> : a) sistema coopera.	2.- Fauna.	Impactos sobre la fauna: 1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.
			3.- <i>Fuentes de trabajo</i> : a) maquiladora		
			4.- <i>Uso potencial del suelo</i> : a) ganadera b) agrícola c) pesca d) turismo	3.- Estructura del paisaje.	-
5.- <i>Servicios públicos</i> : a) agua potable b) energía eléctrica c) combustible d) gestión de los residuos.	Componentes socioeconómicos.	Componentes socioeconómicos.			
6.- <i>Demografía</i> .					
7.- <i>Sanidad</i> .	1.- Generación de empleos.	Impactos al medio socioeconómico: 1.- Interferencia en las ondas de radio, telefonía, televisión, etc. cuando las aspas están en movimiento. 2.- Conflicto por la propiedad de la tierra. 3.- Cambios en la intensidad de la luz (Radiación solar e Incidencia lumínica)			
8.- <i>Infraestructura de transporte</i> : a) carreteras b) aeropuerto c) aeródromo d) comunicación marítima	2.- Requerimiento de servicios.				
9.- <i>Educación</i> .	3.- Calidad sanitaria del ambiente.				
Patrimonio Histórico- Cultural.	4.- Trafico vehicular.				

Los resultados del análisis fueron los siguientes:

Observaciones o inconsistencias identificadas en la MIA del proyecto de Dzilam Bravo
Preparación del sitio y Construcción
<p style="text-align: center;">Impactos sobre el medio inerte:</p> <p>1.- Alteración de la topografía natural de los terrenos. 2.- Afectación a cenotes de interés geológico, geomorfológico e hidrológico. 3.- Alteración de las propiedades del suelo: erosión-compactación de suelos.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la vegetación:</p> <p>1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat. 3.- Despalme y desmonte de la vegetación existente.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la fauna:</p> <p>1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos al medio socioeconómico:</p> <p>1.- Conflicto por la propiedad de la tierra.</p>

Preparación del sitio y Construcción:

- o *Impactos al medio inerte:* Durante la fase de preparación del sitio pueden originarse impactos derivados de una mala planificación y gestión, como son la desestructuración de los suelos por las actividades de excavación y remoción de tierras para preparación de accesos, zanjas, zonas de acopio y edificios de control temporales, la compactación del suelo por las actividades de tránsito de vehículos y demás maquinaria de construcción y montaje, al igual que por el acopio de materiales de construcción y restos de obra, la eliminación de la cobertura vegetal (despalme y desmonte), que acelera la erosión del suelo, también hay que considerar un vertido accidental producto del mantenimiento de los aerogeneradores puede afectar directamente al suelo.
- o *Impactos sobre la vegetación:* La gravedad de impacto se verá reflejada dependiendo de la singularidad de las especies afectadas, niveles de protección de las mismas o su interés como recurso productivo. También está relacionado con el impacto de ocupación del hábitat provocando el desplazamiento de especies y un aumento de la temperatura que repercutiría en el flujo de aguas superficiales y los procesos tróficos básicos como las relaciones de la cadena alimenticia entre plantas, insectos y

depredadores (Rincón y Asesores, 2006). Los movimientos de tierra, las cimentaciones y accesos en un parque eólico o las construcciones, pueden constituir los efectos más negativos.

- o *Impactos sobre la fauna:* La construcción de los parques eólicos puede resultar en la fragmentación de extensiones contiguas de hábitat, afectando principalmente a la avifauna y los organismos de movimiento lento, como los pertenecientes a la clase Mammalia, Reptilia (Orden Squamata) y Amphibia.
- o *Impactos al medio socioeconómico:* Otro impacto con efecto en lo socioeconómico, es que un sinnúmero de consultoras no toma en cuenta es el conflicto por la propiedad de la tierra, debido a que la implementación de parques eólicos ha generado el rechazo y la oposición social. La población aledaña se inconforma debido al cambio de tenencia de la tierra colectiva a privada a través de la firma de contratos de arrendamiento de tierras entre sus propietarios y las empresas eólicas, que permite a éstas acceder a la tierra para instalar aerogeneradores que aprovechen el recurso eólico. Estos contratos se realizan en condiciones de clara desventaja para los propietarios porque permiten a las empresas obtener derechos sobre el uso de la tierra durante 30 años, con posibilidad de renovarse por otros 30, y apropiarse de gran parte de las ganancias generadas por los parques eólicos al fijar los montos por el pago de la renta de cada hectárea arrendada. Los opositores a los parques eólicos han manifestado que los contratos usualmente no ofrecen información transparente y veraz sobre los derechos que tienen los propietarios al arrendar su tierra, y sobre lo que sucederá con las instalaciones eólicas una vez que se termine el contrato. Asimismo, señalan que los contratos no establecen una distinción precisa entre fincas productivas y terrenos baldíos, y carecen de cláusulas de actualización de los pagos (Oxfam, 2009). A esto se suma, la cooptación de representantes de las comunidades y la simulación de asambleas ejidales con firmas de personas fallecidas y otras que no aparecen en el padrón ejidal para agilizar la firma de contratos y negociaciones individuales entre propietarios y empresas, con el fin de excluir a las asambleas ejidales de los procesos de toma de decisiones. Otro aspecto importante que compete a la sociedad de la región, especialmente los propietarios de las tierras es el no mencionado *Pago por Servicio Ambiental (PSA)*. Son un medio por el cual se incentiva a los usuarios de la tierra al manejo y conservación adecuada de su ambiente natural para asegurar de este modo el flujo de servicios ambientales (Herbert et al., 2010). Dichos esquemas contemplan la compensación de los prestadores de servicios ambientales por medio del pago directo, de la venta de créditos de carbono, biodiversidad o agua en los mercados nacionales e internacionales. Desgraciadamente el servicio ambiental que nos proporciona el viento, aun no es considerado un servicio ambiental a pesar de que se lucra con ello. Por otro lado nos encontramos con el impuesto al uso del viento en regiones nacionales, donde ingresan

los proyectos de parque eólicos transnacionales utilizando el viento como materia prima para la generación de electricidad a partir de su captación; y a su vez estos no pagan más que impuesto por el uso de suelo, mientras que su recurso más importante es el viento.

Observaciones o inconsistencias identificadas en la MIA del proyecto de Dzilam Bravo
Operación
<p style="text-align: center;">Impactos sobre el aire:</p> <p>1.- Impacto a la temperatura de las zonas aledañas al Parque. 2.- Disminución del paso del aire a las zonas aledañas al Parque. 3.- Concentración de contaminantes atmosféricos en zonas aledañas debido a la falta de movilidad por el escaso viento. 4.- Mayor incidencia en los fenómenos meteorológicos. 5.- Contaminación electromagnética.</p>
<p style="text-align: center;">Impacto sobre la hidrología:</p> <p>1.- Mayor incidencia sobre los fenómenos meteorológicos.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la vegetación:</p> <p>1.- Aumento del riesgo de incendio por las horas cuando están en operación</p>
<p style="text-align: center;">Impactos sobre la fauna:</p> <p>1.- Afectación al ciclo de vida de las diferentes especies ubicadas en la zona. 2.- Modificación del hábitat.</p>
<p style="text-align: center;">Impactos al medio socioeconómico:</p> <p>1.- Interferencia en las ondas de radio, telefonía, televisión, etc. cuando las aspas están en 2.- Cambios en la intensidad de la luz (Radiación solar e Incidencia lumínica).</p>

Fase de operación:

- o *Impactos sobre el aire:* La temperatura juega un rol muy importante en este tipo de proyectos, especialmente las aspas de los aerogeneradores ya que su función afecta el microclima de la zona, debido a la disminución de densidad y calidad del viento, se tiene una incidencia de igual manera en las zonas aledañas al parque eólico. Así mismo, la disminución de la corriente del viento provocado por el proyecto impacta en la movilidad de los contaminantes atmosféricos que son emitidos en la región del municipio Dzilam Bravo, teniendo un incremento en la concentración, lo cual

provocaría biomagnificación de los contaminantes en los seres vivos de la zona. Otro impacto importante no contemplado en la manifestación de impacto ambiental es el hecho de que existe la posibilidad que debido al cambio del microclima, tenga una mayor incidencia de anomalías meteorológicas al momento de un cambio en la temperatura del área del proyecto, o el impacto a nivel fisicoquímico en el momento de operación del proyecto por ejemplo en la afectación al ciclo del nitrógeno, como ya sabemos los seres vivos dependen del nitrógeno presente en los minerales del suelo para elaborar compuestos orgánicos nitrogenados como los aminoácidos. Solo algunas especies de bacterias y algas azules (autótrofas) y hongos actinomicetos (heterótrofos simbioses con plantas superiores) usan moléculas sencillas de gas nitrógeno que se encuentra en la atmosfera (N_2) para construir sus propias proteínas y liberan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco (NH_3) o ion amonio (NH_4^+), este proceso es llamado **amonificación**. A su vez otras bacterias convierten el amoníaco o ion amonio en nitrito (NO_2^-) proceso que se denomina **nitrificación**. El nitrito es tóxico para muchas plantas, pero es raro que se acumule, ya que otro género de bacterias oxida el nitrito a nitrato (NO_3^-). Aunque las plantas pueden utilizar el amonio directamente, el **nitrato** es la forma en la cual la mayor parte del nitrógeno entra en las raíces. Estos procesos liberan energía. Una vez que el nitrato es incorporado a las células vegetales, se reduce de nuevo a amonio. En contraste con la nitrificación, este proceso de asimilación requiere energía. Los iones amonio que se forman de esta manera se transfieren a sustancias que contienen carbono y se producen aminoácidos y otros compuestos orgánicos nitrogenados. Los compuestos nitrogenados son degradados con rapidez a compuestos simples por hongos y bacterias del suelo. Así la mayor parte del N que se encuentra en el suelo es el resultado de la descomposición de materiales orgánicos complejos como proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y nucleótidos. El suelo pierde nitratos continuamente por diversos procesos: las cosechas, la erosión, el fuego o el agua que se infiltra. Ciertas bacterias del suelo contribuyen a esta pérdida: en ausencia de oxígeno, reducen nitratos, liberan nitrógeno a la atmosfera y utilizan los átomos de oxígeno para su propio metabolismo. Este proceso se llama desnitrificación ocurren en suelos mal drenados y pobremente aireados (Curtis y Schnek, 2008).

- o *Impactos sobre la hidrología:* Estudios recientes señalan que la construcción de parques eólicos puede generar un aumento en la temperatura del aire, lo que podría dar lugar a una disminución de la densidad del aire afectando tanto en la producción de energía eléctrica como en el calentamiento global. Teniendo potencial incidencia en los fenómenos meteorológicos de la zona. Para determinar la ocurrencia de los fenómenos naturales en la zona se pueden establecer los parámetros de estos y la velocidad de los vientos a partir de la ecuación de distribución de Weibull, que determina la velocidad promedio del viento en la zona de

estudio, esta ecuación fue propuesta por el físico y matemático Walodi Weibull en el año de 1930 al que se le atribuye su nombre (Álvarez Castañeda et al., 2013).

- o *Impactos sobre la vegetación:* Por otra parte los incendios se pueden presentar debido a la existencia de los aerogeneradores y de líneas eléctricas, en donde un fallo por cortocircuito puede constituir el inicio del fuego o por el cambio de la temperatura en la zona provocando incremento de está generando sequia a largo plazo.
- o *Impactos sobre la fauna:* Sin duda alguna el más controversial es la muerte de avifauna por la colisión con las aspas de aerogeneradores en funcionamiento. Debido a la ubicación del proyecto, la controversia aumenta porque se ubica en una de las rutas migratorias más transitadas de Mesoamérica y en el ecosistema selva baja caducifolia, que concentra el 33% de la avifauna en México (Vazquez, 2009).
- o *Impactos al medio socioeconómico:* Los campos electromagnéticos generados en la fase de operación del proyecto pueden generar potenciales efectos sobre las poblaciones más próximas, ya que crean oscilaciones de señales electromagnéticas utilizadas para comunicaciones. En efecto, las turbinas crean una zona oscura para las transmisiones detectadas a un radio máximo de 10 kilómetros de distancia desde las turbinas, si éstas se instalan entre un transmisor de TV, o conviven con antenas. Los usuarios de estas áreas recibirán interferencias televisivas con pérdidas de detalles, de color, de sonido o, incluso, con aparición de ruidos. Igualmente pueden ocasionar problemas con las comunicaciones por microondas, debiendo ser evitadas mediante un correcto emplazamiento de los aerogeneradores. También cabe la posibilidad del riesgo de colisión de aeronaves que vuelan a bajas alturas por la interferencia con los radares, o las afectaciones económicas a las empresas en telecomunicaciones y la población local. Hay que mencionar que el movimiento de las aspas de los aerogeneradores en condiciones soleadas produce sombras en movimiento sobre el terreno, resultando en cambios en la intensidad de la luz. Este fenómeno que dura aproximadamente media hora, se denomina parpadeo de la sombra (shadow flicker) y puede llegar a ser una distracción para los conductores e incluso causar accidentes automovilísticos, algunos especialistas estiman que puede provocar ataque epilépticos si cuenta con frecuencia por encima de 10 Hz. Aun así, el análisis de este impacto debe incorporarse a los estudios de impacto ambiental porque su intensidad depende de varios factores: la ubicación de las personas en relación con los aerogeneradores, la velocidad y dirección del viento; la variación diurna de la luz del sol; la latitud geográfica del lugar y la topografía.

Análisis de las metodologías propuestas.

A partir de los métodos Leopold modificada y Conesa simplificado, se realizó la ponderación de los diferentes impactos obtenidos de las dos manifestaciones de impacto ambiental analizadas. Tomando como punto de partida que el logro prioritario a tener en cuenta en el proceso de una EIA es la **credibilidad**, la cual depende de tres facetas fundamentales:

- El prestigio, calidad e independencia del equipo consultor,
- La participación pública verdadera y transparente, y
- El rigor, calidad y fiabilidad de la metodología utilizada (Conesa, 1993).

Matriz de Leopold.

Se realizó la valoración cualitativa, a partir de la matriz de impactos obtenida en el análisis del sistema ambiental y los posibles impactos que se desarrollarían (causa- efecto), en donde figuran las acciones-actividades en columnas y dispuestos en filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos.

De igual manera se tomaron en cuenta los impactos significativos identificados en la Manifestación de Impacto Ambiental realizada por la consultora, complementándola con los posibles impactos sinérgicos y acumulativos que se generarían en la construcción y operación del proyecto.

Cabe mencionar que el rango seleccionado para realizar la ponderación con respecto al método de Leopold fue de la siguiente manera:

- El valor de importancia 1, se tomó como criterio bajo.
- El valor de importancia 2, se tomó como criterio medio.
- El valor de importancia 3, se tomó como criterio alto.
- El valor de importancia 4, se tomó como criterio muy alto.

Matriz de identificación de impactos MIA Cozumel				Fase de preparación del sitio							Fase de construcción							Fase de explotación					Síntesis							
				Preparación del sitio							Obras y trabajos auxiliares							Presencia del Parque Eólico	Iluminación	Funcionamiento	Mantenimiento	Magnitud e importancia A (-) por receptor	Magnitud e importancia B (+) por receptor	Magnitud e importancia A (-) por componente	Magnitud e importancia B (+) por componente					
Factores medioambientales				Desglose	Desmonte de la vegetación	Movimiento de tierras, demoliciones, terraplenes y cimentaciones	Prestamos y reedrechos provisionales	Nivelación	Reforzamiento y compactación del firme	Construcción de oficinas y talleres provisionales, instalaciones sanitarias, almacenes, plato de servicio.	Caminos de acceso y comunicación del Parque	Armado y montaje de estructura	Obras de construcción en vías	Instalaciones y edificios en obras	Actividades auxiliares	Iluminación de las obras	Generación de residuos y manejo de sustancias contaminantes	Parque Eólico	Iluminación nocturna	Alargadores	Subestación y líneas eléctricas	Circulación de vehículos y personas	Generación de residuos							
Subsistema Físico Natural	Medio Inerte	Aire	Clima	1	1												2									6				
			Calidad del aire	1	1	1												2	2					1	2				13	
			Confort sonoro	1	1	1												2	2					1	2				13	
			Cielo nocturno	1	1	1												2	2					1	2				13	
			Temperatura	2	2													1	1										4	
			Cantidad de aire	2	2													3	3										7	
		Anomalías climáticas	2	2													2	2										4		
		Calidad	1	1													2	2										6		
		Régimen hídrico	2	2	2	1	1	1									2	2										19		
		Sequía	2	2	2												2	2										2		
		Calidad	1	2	2												2	2										21		
		Recarga de acuíferos	2	2	2												2	2										21		
		Relieve y carácter topográfico	2	2	2	1	2	2									2	2										17		
		Compactación de materiales calizos	1	2	2												2	2										2		
	Derrame de contaminantes en materiales calizos	1	2	2	2	2	2									2	2										29			
	Erosión	1	1	1	1	1	1									1	1										21			
	Calidad	2	2	2	2	2	2									2	2										22			
	Anomalías climáticas de la zona	2	2	2	1	3	1									2	2										31			
	Calidad	3	3	2	1	2	1									2	2										33			
	Calidad	2	2	2	1	3	1									2	2										8			
	Calidad	2	2	2												3	3										10			
	Medio biótico	Vegetación	Modificación del hábitat	3	3	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	3	1	2	1	2	2	2	2	2	33	3		
			Especies vegetales amenazadas y/o protegidas	3	3	2												2	2									35	3	
			Afectación al ciclo de vida de las especies	2	2	2												1	1									14	3	
			Cambio en la estructura de la vegetación de la zona	3	3	2												3	3									17	2	
			Distribución	2	3													2	2									12	3	
			Especies amenazadas y/o protegidas	2	3	2	1	1	1									2	2									23	3	
		Fauna	Aves y quirópteros	2	2	2											2	2										26	3	
Afectación al ciclo de vida de las especies			2	2	2											2	2										14	3		
Distribución			2	2	2											2	2										15	2		
Afectación al ciclo de vida de las especies			2	2	2											1	1										17	2		
Espacios naturales protegidos y/o de especial interés		Belleza escénica	2	2	2											1	2										24	2		
		Alteración del paisaje	2	2	2	1	1	1								2	2										26	2		
		Calidad del paisaje	2	2	2											1	2										24	2		
		Calidad del paisaje	3	3	2											1	1										26	1		
Patrimonio Histórico-Cultural	Patrimonio Histórico-Cultural	Edificios arqueológicos	1	1	2	2	2								2	2										21	2			
		Caminos Mayas (Sacbes)	1	1	2	2	2									2	2									23	2			
	Turismo	1	1	1	1	1									2	2										19	0			
	Turismo	1	1	1	1	1									2	2										21	2			
Subsistema Población y Actividades Económicas	Usos productivos y economía	Economía	Desarrollo económico de la zona	2	2	2									2	2										4	4			
			Cambio en el uso de suelo	2	2	2											2	2									4	4		
		Usos del suelo	Conflicto por la propiedad de la tierra	2	2	2											2	2									11	11		
			Caminos y carreteras estatales	2	2	2											2	2									14	2		
	Infraestructuras y servicios	Creación de Empleos	2	2	2	2	2									2	2									25	26			
		Electromagnetismo	2	2	2											2	2									2	2			
	Población	Molestias y seguridad de la Población	Calidad del microclima	2	2												3	3									6	8		
			Calidad sonora	2	2												3	3									9	10		
			Calidad sonora	1	1	1	1	1									2	2									15	18		
			Cambios en la intensidad de la luz (radiación solar e incidencia lumínica)	1	1	1	1	1									3	3									4	6		
Magnitud e importancia A(-) Por Actividad				59	61	43	12	23	25	16	27	16	24	21	9	7	25	81	9	59	14	16	25			572				
Magnitud e importancia B(+) Por Actividad				66	68	43	13	24	26	16	27	16	24	22	9	7	28	93	10	77	16	16	26			627				
Magnitud e importancia A(-) Por Etapa				4	4	4	4	1	4	1	9	2	4	4	3	1	0	11	1	1	0	0	3	0			58			
Magnitud e importancia B(+) Por Etapa				4	4	4	4	1	4	1	9	2	4	4	3	2	0	11	1	1	0	0	4	0			62			
Magnitud e importancia A(-) Por Etapa																											572			
Magnitud e importancia B(+) Por Etapa																											627			
Magnitud e importancia A(-) Por Etapa																											58			
Magnitud e importancia B(+) Por Etapa																											62			

Matriz de identificación de impactos MIA DZILAM BRAVO				Fase de operación													Fase de construcción													Fase de explotación				Síntesis			
				Preparación del sitio													Obras y trabajos auxiliares													Presencia del Parque Eólico	Iluminación	Funcionamiento	Mantenimiento	Magnitud de importancia A (-) por indicador	Magnitud de importancia B (+) por indicador	Magnitud de importancia A (-) por componente	Magnitud de importancia B (+) por componente
Factores medioambientales susceptibles.				Desplazamiento de la vegetación	Movimiento de tierras: escombros, terraplenes y cimentaciones	Preparación y vertederos provisionales	Nivelación	Reforzamiento y compactación de firme	Construcción de oficinas y talleres provisionales, instalaciones sanitarias, almacenes, patio de servicio.	Caminos de acceso y comunicación del Parque	Armado y montaje de estructura	Obras de construcción en cimientos	Instalaciones y edificios en obras	Actividades auxiliares	Iluminación de las obras	Generación de residuos y manejo de sustancias contaminantes	Parque Eólico	Iluminación nocturna	Aerogeneradores	Subestación y líneas eléctricas	Circulación de vehículos y personas	Generación de residuos	Magnitud de importancia A (-) por indicador	Magnitud de importancia B (+) por indicador	Magnitud de importancia A (-) por componente	Magnitud de importancia B (+) por componente											
Sistema Eólico Natural	Medio Inerte	Aire	Clima	1	1										2		2					6															
			Calidad del aire	1	1											2	3		2				1	2	13												
			Confort sonoro	1	1	1											2		2				1	2	13												
			Cielo nocturno	1	1	1				1		1	1	1			2		2				1	2	13												
			Temperatura	2	2											1		3		2				4													
			Cantidad de aire	2	2											1		3		2				7													
		Anomalías climáticas	2	2												2		2					4														
		Aguas superficiales	Calidad	2	2	2	1	1	1		1		1			2	2		2			1	1	19													
			Regimen hidrico	2	2	2	1	1	1		1		1			2	2		2			1	2	20													
			Sequía	2	2	2										2	2		2				2	18													
	Calidad		2	2	2										2	2		2				2	18														
	Aguas subterráneas	Recarga de acuíferos	2	2	2										2	2		2			1	2	21														
		Calidad	3	3	2										2	2		2				2	21														
		Relieve y carácter topografico	2	2	2	1	2	1		1	2	2	1	1	1	2	2		2	1	1	2	24	2													
		Compactación de materiales calizos	2	3	2	1	2	1		1	2	2	1	1	1	2	2		2	1	1	2	27	2													
	Geología y Geomorfología	Derrame de contaminantes en materiales calizos	1	2	2	2	2	2		1	2	1	1	1		2	2		2	1	1	2	28														
		Erosion	1	2	2	2	2	2		1	2	1	1	1		2	3		2	1	1	2	29														
		Calidad	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		1	2		2	1	1	2	21														
		Anomalías climáticas de la zona	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		2	2		2	1	1	2	22														
	Medio biótico	Vegetación	Modificación del habitat	3	3	2	1	1	1		1	2	1	1	2	1	1	2	3	1	2	2	33	3													
			Especies vegetales amenazadas y/o protegidas	2	2	2	2	1	1		1	2	1	1	2	1	1	2	3	1	3	1	2	35	3												
			Afectación al ciclo de vida de las especies	2	2	2												2					2	14	3												
			Cambio en la estructura de la vegetación de la zona	3	3	2												3	3				3	17	2												
		Fauna	Distribución	2	3		1				1	1					2						12	3													
			Especies amenazadas y/o protegidas	2	2	2					1	1					2	3				1	2	23	3												
			Aves y quiropteros	2	2	2					1	1					2	2					1	14	3												
			Afectación al ciclo de vida de las especies	2	2	2						1	1				2	2				1	2	15	2												
			Belleza escénica	2	2	2						1	1				2	2					2	24	2												
Alteración del paisaje			2	2	2						1	1				2	3				2	2	26	2													
Patrimonio Histórico	Medio perceptual	Paisaje intrínseco	3	3	2					1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	24	2														
		Potencial de vistas	3	3	2						1	1	2	1	1	1	2	1	3	2	1	2	26	1													
	Patrimonio Histórico-Cultural	Yacimientos/Áreas arqueológicas	2	2							1	1	1	1		2	3					24	2														
		Edificios arqueológicos	1	1	2	2	2	2			1	1	2	1	1	2	3	1	3	2	1	2	21	1													
	Usos productivos y economía	Turismo	Turismo	1	1	2	2	2	2			2	2			2	2					1	2	21	2												
			Desarrollo económico de la zona	1	1	2	2	2	2			2	2			2	2					1	2	23	2												
		Economía	Cambio en el uso de suelo	2	2	2						2	2				2	2					11	5													
			Conflicto por la propiedad de la tierra	2	2	2						2	2				2	2					11	5													
	Infraestructuras y servicios	Uso del suelo	Caminos y carreteras estatales	2	2	2	2	2			2	2				2	2					1	2	14	2												
			Calidad del paisaje	2	2	2	2	2	2			3	3				3	1				2	2	26	2												
Empleo		Creación de Empleos	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	1	1	2				2	2	25	23													
		Electromagnetismo	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2	1	1	2				2	2	28	27													
Población	Molestias y seguridad de la Población	Calidad del microclima	2	2											2	3					6	8															
		Calidad sonora	2	2												3	3					8	8														
		Cambios en la intensidad de la luz (radiación solar e incidencia lumínica)	1	1	1	1	1	1								2	2					10	10														
		Calidad del microclima	1	1	1	1	1	1								3	3					2	1	15	15												
Magnitud e importancia A(-)				58	60	42	11	23	24		16	27	16	23	20	9	7	23	79	9	57	14	15	23	556												
Magnitud e importancia B(+)				65	67	42	12	24	24		16	27	16	23	21	9	7	26	90	10	74	16	15	24	608												
Por Actividad				4	4	4	4	1	4		1	9	2	4	4	3	1	0	10	1	0	0	3	0	0	57											
Magnitud e importancia A(-) Por Etapa																										556											
Magnitud e importancia B(+)				234																						608											
Por Etapa				250																						608											
Magnitud e importancia A(-) Por Etapa				22																						57											
Magnitud e importancia B(+)				22																						61											

Como resultado se obtuvo que los factores más afectados por la realización de ambos proyectos son:

1. **Geología y geomorfología:** se ve fuertemente afectado en dos etapas. Especialmente en la etapa de preparación del sitio, con menor magnitud pero de igual importancia en la etapa de construcción, debido a las afectaciones directas de los indicadores como relieve y carácter topográfico que es modificado casi en su totalidad. La compactación de los materiales calizos donde ambos proyectos son construidos sobre zonas calcáreas, sin contar los derrames de contaminantes en materiales, así como gran punto de partida la erosión.
2. **Fauna:** Debido a las diferentes actividades que se efectuarán en el proyecto especialmente durante la fase de preparación del sitio, como el despalle y desmonte de la vegetación provocará la pérdida directa del hábitat, así como el deterioro de los valores naturales y sistémicos. Esto traerá como consecuencia reducciones poblacionales, desplazamientos, empobrecimiento de especies, aislamiento o aumento de la depredación y parasitismo entre otras. Contemplando el tipo de vegetación que presentan en ambos proyectos, las comunidades faunísticas serán las más frágiles a la alteración y a la destrucción directa del hábitat; especialmente el de manglar en el que habitan especies endémicas de la región, así como numerosas especies de aves residentes y migratorias. Son en definitiva, zonas de refugio y alimentación de diferentes especies de fauna con relevancia biológica e importancia comercial.
3. **Vegetación:** Este factor es afectado al inicio del proyecto donde debido a las obras se despallará y desmontará el espacio que va a ser ocupados por los caminos y las líneas eléctricas, las plataformas para cimentación de los aerogeneradores y subestaciones, zanjas de cable y otras construcciones extras. También serán eliminadas en su totalidad para las zonas de préstamos y vertederos previstos. Debido al microclima que presenta el proyecto de Parque Eólico Cozumel, este abarcará cerca de 33,500 hectáreas de selva media caducifolia, 2500 hectáreas de manglar y 1200 de vegetación dunar. Por su parte el proyecto de Dzilam presenta selva baja caducifolia y subperenifolia, pero gran porcentaje del terreno ya estaba constituido por vegetación dedicada a actividades agropecuarias, a pesar de ellos cuenta con mangle en un 15% del terreno. Debido a estas características hay que señalar que las especies de manglar, *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Onocarpus erectus* encuentran incluidos en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Entre estas especies se encuentra cuatro especies de mangle, incluidas en la categoría de "Protección especial". Por otra parte se debe señalar que el manglar de la isla de Cozumel está incluido dentro de los sitios de *Manglar con Relevancia Biológica* y con *Necesidades de Rehabilitación Ecológica* y su alteración se encuentra prohibido por los instrumentos normativos (Vázquez

L. et al., 2009). De igual manera el municipio de Dzilam también se encuentra como uno de los sitios de *Manglar con Relevancia Biológica* y con *Necesidades de Rehabilitación Ecológica* (CONABIO, 2009).

4. **Aire**, Este factor ambiental se ve afectado en las tres etapas del proyecto desde preparación del sitio, construcción y operación. En las etapas de preparación del sitio y construcción, las emisiones del material particulado o los gases emitidos por la maquinaria utilizada aumentarán en la zona, debido a actividades tales como tránsito de maquinaria y vehículos, la construcción misma y los movimientos de la tierra asociados a la obra en ambos proyectos. Hay que tener en cuenta que estos impactos serán de carácter temporal, no peligrosos y el impacto será limitado. Sin embargo en la etapa de operación el aire se verá afectado por los cambios provocados por los generadores ya que estos captarán su calidad y cantidad afectando la temperatura de las zonas aledañas e incidiendo en el fenómeno de cambio climático. Eso sin contar la contaminación acústica provocada de igual manera por los aerogeneradores.
5. **Aguas superficiales**, el tipo de clima que presentan las zonas donde se realizarán los proyectos es cálido húmedo con lluvias en verano en Cozumel, en Yucatán presentan un clima que predomina cálido semiseco y cálido subhúmedo con lluvias en verano; por lo que los caracteriza por ser un lugar donde las aguas superficiales fungen un papel importante para el mantenimiento de la biota de la zona. Este recurso será afectado no solo las aguas superficiales, también tendrá un impacto el recurso hídrico subterráneo. Debido al clima que se presenta cuentan con importantes sistemas acuáticos como lagunas costeras, humedales y cenotes. De acuerdo a la NOM 059 SEMARNAT-2010 establece que las cuatro especies de mangle que existe en México están sujetas a protección especial por que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, lo que determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación (PROFEPA, 2014). En el proceso de preparación y construcción las aguas superficiales se verán afectadas debido al movimiento de las tierras provocadas por excavaciones lo que aumentará la turbidez y la acumulación de sedimentos inorgánicos lo que provoca efectos nocivos a la vida acuática. Por otro lado se pueden ocasionar vertidos de materiales de desecho y residuos que pueden ser tóxicos, si se mitigan adecuadamente, el impacto no será significativo.
6. **Molestias y seguridad de la población**. Un indicador de gran importancia es el daño auditivo a la población, se verá afectada por la calidad sonora, provocado por el movimiento de los aerogeneradores; otro indicador es el electromagnetismo que hará interferencia con los sistemas de comunicación. De igual manera el llamado fenómeno fisiológico *flicker*, esto es cuando un determinado observador (población aledaña al proyecto)

puede verse afectado por dichas variaciones luminosas a los usuarios (Cidras y Carrillo, 2010).

- 7. Socioeconómico.** En relación con las actividades secundarias será positivo por las prestaciones que generará la producción de electricidad a la localidad. Con relación a las actividades terciarias que son las que generan mayor empleo y recursos en los municipios (turismo) donde se desarrollaran los proyectos no se verán afectadas por el parque Eolo eléctrico si no al contrario al crear nuevos empleos temporales y alternativas terciarias como hospedaje, renta de casa habitación, servicios alimenticios, transporte y actividades recreativas. Así como la generación de nuevos accesos, en si ayudará a la diversificación de la economía local, en sus dos fases del proyecto.

Cabe mencionar las ventajas que tiene método al momento de la realizar el estudio de impacto ambiental, ya que integra la consideración de **magnitud e importancia**, así como la comparación de alternativas al momento de ir generando la matriz, otro punto a favor es que la información acerca de las obras y actividades que se generaran en el proyecto es resumida en la matriz. A diferencia de las desventajas donde es difícil su reproducibilidad, ya que no existe una metodología exacta para determinar la magnitud o importancia por lo que lo convierte en un método de carácter subjetivo, no contempla las interacciones entre los diferentes indicadores ambientales, de igual manera no distingue los efectos corto o largo plazo, por lo que se pueden realizar dos matrices en diferentes escalas de tiempo. Convirtiéndolo en un método más complicado y en el que tiempo promedio que se requiere para realizarlo es más prolongado.

También se logró obtener los impactos más significativos en ambos proyectos, a partir de la actividad que afectaba a los factores; como resultado se obtuvo:

Impacto	
Actividad	Indicador
Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)
Desmante	Afectación a especies endémicas
Desmante	Alteración del paisaje
Despalme	Calidad del suelo
Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales
Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo
Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire
Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura
Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima
Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)
Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)
Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona
Presencia del parque eólico	Creación de empleos

Tabla 4. Impactos ambientales más significativos obtenidos en la Matriz de Leopold.

- 1) Desmante/Modificación del hábitat (vegetación y fauna): La modificación del hábitat es de impacto significativo debido a que en los polígonos donde se construirá el proyecto, se realizarán las actividades de desmante y despalme, en estas se encuentran especies de flora y fauna amenazadas y/o protegidas ubicadas en la lista roja de la NOM- 059- SEMARNAT- 2010.
- 2) Desmante/Afectación a especies endémicas: La actividad afectará directamente al momento de remover la cobertura vegetal y el hábitat de las especies faunísticas endémicas, debido a su susceptibilidad de extinguirse por su distribución limitada en la isla, aunado a las fuertes perturbaciones, producto de los huracanes.
- 3) Desmante /Alteración al paisaje: El paisaje se verá directamente afectado al momento de la remoción de la cobertura vegetal, particularmente en la etapa de preparación del sitio, ya que la vegetación será eliminada en su

totalidad. Magnificando el impacto debido a la modificación en la estructura de la vegetación.

- 4) Despalme/Calidad del suelo: Se verá afectada en las propiedades físicas y químicas, debido a la erosión y a la falta de cobertura vegetal, modificada también por el reforzamiento y compactación del suelo para instalar las columnas de los aerogeneradores y la creación de accesos, al no contar con cobertura vegetal el suelo se encuentra desprotegido y vulnerable a los actividades que se generen sobre este.
- 5) Vías de acceso al parque (caminos y carreteras)/Caminos y carreteras estatales: La creación de accesos e infraestructura para facilitar el traslado de los diferentes materiales y equipos necesarios para la elaboración del proyecto provocará el desarrollo económico de la zona, al proporcionar fuentes de trabajo y acceso a los servicios básicos, ya que parte de la población aledaña al proyecto está en el rango de marginada, debido a las escasas fuentes de trabajo y poco acceso a los servicios básicos.
- 6) Instalación de los aerogeneradores/Calidad del suelo: Esta actividad generará un impacto significativo a la calidad del suelo, al excavarlo para dar paso a la cimentación, las perforaciones tendrán una longitud mínima entre 3 y 10 metros de profundidad removiendo y compactando el suelo, para después de la colocación rellenarla con concreto, lo que modificará las propiedades físicas y químicas del suelo.
- 7) Funcionamiento de los aerogeneradores/Calidad del aire: La calidad del aire será uno de los factores que tendrá los impactos más significativos, será durante la etapa de operación del parque, especialmente al momento que el aire atraviese los aerogeneradores, ya que restará humedad, intensidad y densidad del viento. Afectando las zonas aledañas en las características de temperatura y traduciendo en sequía de la zona debido a la disminución de humedad, esto no tiene mitigación. Sin embargo, cabe resaltar que la energía eólica tiene como finalidad reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero que causan el cambio climático global y reemplazar el uso de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.
- 8) Funcionamiento de los aerogeneradores /Incremento en la temperatura: La presencia del parque implicará un aumento de temperatura de 0.72°C cada década en la zona y zonas aledañas del proyecto, debido a la baja calidad del aire (Liming Zhou, 2012) de acuerdo a un estudio en el 2012 del Departamento de Ciencias Atmosféricas y Ambientales de la Universidad de Albany (EEUU); esto provocará un aumento de temperatura ocasionado por la operación de los aerogeneradores, que captarán la humedad y densidad del aire, teniendo como resultado un viento con temperatura más elevada que afectará el microclima de la región.
- 9) Funcionamiento de los aerogeneradores/Calidad del microclima: La alteración en el microclima se reflejará cuando el viento cambie de calidad y cantidad, en sentido y fuerza las corrientes al encontrarse con el obstáculo de los aerogeneradores, lo que provocará variaciones de temperatura no solo en la zona del proyecto sino también en las zonas contiguas a este,

provocando disminución de humedad al momento de la elevación de temperatura, lo que también modificará la calidad de la vegetación. La presencia del parque modificará el ciclo de vida de las especies vegetales, debido al cambio del clima en un mediano plazo, al incrementar la temperatura el ciclo de vida como crecimiento y reproducción se verá afectado. También hay que contemplar que las zonas donde se realizarán los proyectos, cuentan con vegetación de tipo manglar, considerada dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010; selva mediana y en algunos de los polígonos de construcción con dunas costeras. Estas serán modificadas en su totalidad, por lo que el impacto es significativo, acumulativo, sinérgico y residual.

- 10) Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores/Distribución y reproducción de la fauna (aves): La etapa de operación del proyecto, provocará que la fauna que habita en la zona donde se pretende construir el parque eólico y las zonas aledañas se aleje o cambie de ruta de migración por el sonido y movimiento de las aspas de los aerogeneradores, también contemplando la ocupación por parte de los trabajadores provocará que la fauna migre a otras regiones más tranquilas. De igual manera la distribución y reproducción de las aves y quirópteros en la zona inmediata al proyecto donde se llevan a cabo las diversas actividades del proyecto es de suma importancia ya que son corredores biológicos de algunas especies; la presencia del parque hará que estas cambien de ruta migrando a otras zonas.
- 11) Presencia del parque eólico/Desarrollo económico en la zona: El desarrollo del proyecto atrae consigo el beneficio económico a la población de las comunidades más cercanas al sitio, debido principalmente a la generación de empleos temporales durante las etapas tanto de preparación y construcción, los puestos de trabajo se reducirán en la etapa de operación. Cabe resaltar que esto no será permanente solo será temporal, los habitantes de la zona se verán beneficiados marginalmente en sus ingresos económicos por la venta de bienes y servicios requeridos para el personal que labore en el proyecto.
- 12) Presencia del parque eólico/Creación de empleos: La creación de los proyectos conllevan una importante inversión de capital privado que sin duda se verá reflejado en el crecimiento económico de la región y por ende, promoverá la implementación de tecnologías novedosas y generará nuevos empleos para las localidades cercanas y el aumento de la dinámica de los servicios, lo cual impactará favorablemente a los ingresos y calidad de vida de la población.

Con los impactos de mayor importancia y magnitud obtenidos por el método de Leopold, posteriormente se aplicó la metodología de Conesa simplificada.

Conesa simplificado.

En la ponderación de acuerdo a la metodología de Conesa simplificada se obtuvo lo siguiente:

Método de Conesa simplificada MIA Cozumel															
Fase	ID	Impacto		Criterio										I	
		Actividad	Indicador	NA	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR		MC
Preparación del sitio	IMP 1	Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	-	8	4	4	2	2	2	1	4	2	4	53
	IMP 2	Desmante	Afectación a especies endémicas	-	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4	62
	IMP 3	Desmante	Alteración del paisaje	-	8	2	2	2	2	2	1	4	4	2	47
	IMP 4	Despalme	Calidad del suelo	-	8	2	2	4	4	4	4	4	4	4	58
Construcción	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	+	4	4	2	2	4	2	1	4	4	4	43
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	-	8	2	4	4	4	2	4	4	4	4	58
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	58
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	58
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	-	8	4	4	2	2	4	4	4	4	4	60
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	-	4	2	4	2	2	2	4	1	4	2	41
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	-	8	4	4	2	2	2	1	4	2	4	53
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	+	2	4	2	2	2	2	4	4	4	4	38
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	+	2	4	2	2	2	2	4	4	4	4	38

Método de Conesa simplificada MIA Dzilam Bravo

Fase	ID	Impacto		Criterio										I	
		Actividad	Indicador	NA	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR		MC
Preparación del sitio	IMP 1	Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	-	4	2	2	2	2	2	1	4	2	2	31
	IMP 2	Desmante	Alteración del paisaje	-	8	2	2	2	2	2	1	4	4	2	47
	IMP 3	Despalme	Calidad del suelo	-	8	2	2	4	4	4	4	4	4	4	58
Construcción	IMP 4	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	+	4	4	2	2	4	2	1	4	4	4	43
	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Zonas arqueológicas	-	4	2	4	4	2	2	1	4	2	4	39
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	-	8	2	4	4	4	2	4	4	4	4	58
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	58
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	-	8	4	1	2	2	4	4	4	4	4	57
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	-	8	4	2	2	2	4	4	4	4	4	58
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	-	4	4	2	2	4	2	4	1	2	2	39
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	-	8	4	4	2	2	2	1	4	2	4	53
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	+	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	34
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	+	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	34

A continuación se presenta la descripción detallada de los impactos significativos de ambos proyectos, de acuerdo al método de Conesa simplificado, agrupados por actividad causante:

Etapa	Actividad.
Preparación del sitio.	Despalme y desmonte.
Impactos	
ID del impacto	Factor ambiental afectado.
IMP 1	Modificación del hábitat (vegetación y fauna).
IMP 2	Afectación a especies endémicas.
IMP 3	Alteración del paisaje.
IMP 4	Calidad de suelos.
Descripción	
<p>En la etapa de preparación se realizan diferentes actividades que causan el mayor impacto sobre el suelo, modificación del hábitat (vegetación) y alteración del paisaje, se suele concentrar en las actividades de preparación de los terrenos que consisten en: despallar y desmontar, suelo y vegetación respectivamente, generando superficies desnudas, modificación y rectificación de accesos, apertura de cimentación de los aerogeneradores, plataformas de montaje de aerogeneradores, excavación de zanjas y construcción de explanadas para alojar subestaciones eléctricas y oficinas. Afectando los horizontes del suelo por la remoción en excavaciones y cimentaciones, o por la compactación del suelo provocada por el tránsito de maquinaria. También se producirá un aumento en la pérdida de suelo por la erosión. Cabe señalar que ciertas especies de plantas se encuentran incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuatro especies de mangle incluidas en la categoría de <i>Protección especial</i>, dentro de la categoría <i>Amenazadas</i> tres especies de palma.</p> <p>Durante la fase de construcción, las obras producen un desajuste visual, esto es causado por el contraste del suelo desprovisto de vegetación, la presencia de movimientos de tierras que dificultan las vistas tradicionales, la presencia de polvo, el continuo trasiego de maquinaria, caminos auxiliares, líneas eléctricas, ocasionando un cambio de proporción en el entorno. El contraste paisajístico será significativo.</p>	

Etapa	Actividad.
Construcción.	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras). Instalación de los aerogeneradores.
Impactos	
ID del impacto	Factor Ambiental afectado.
IMP 5	Caminos y carreteras estatales
IMP 5	Zonas arqueológicas
IMP 6	Calidad del suelo
Descripción	
<p>La construcción de accesos y comunicación del parque traerá consigo un impacto positivo a todas las comunidades aledañas al proyecto debido a que se verán beneficiados reduciendo el tiempo de traslados y abriendo la posibilidad para que nuevos servicios</p>	

puedan llegar a las comunidades. De igual manera la creación de trabajos temporales y el aumento gradual del turismo promoverá el crecimiento económico de las poblaciones. También el uso de materiales de construcción para la elaboración de las carreteras y caminos, provocara el incremento de la economía regional.

A diferencia de la calidad de suelos que se verá modificada debido al momento de preparar el sitio donde serán montados los aerogeneradores así como para la cimentación y relleno de concreto para el montaje de las torres, provocando una gran modificación a la calidad del suelo directamente en los cambios físicos y químicos.

En el proyecto del parque eólico ubicado en Dzilam Bravo cuenta con cercanía de un 1 km de distancia a zonas arqueológicas que pueden llegar a dañarse considerablemente al momento de la creación de vialidades internas y acondicionamiento de las ya existentes. Debido a que el momento de hacer el monitoreo para flora y fauna se encontraron vestigios arqueológicos y dicho a este antecedente pudiese que se encuentren más restos arqueológicos dentro de zona donde se realizarán las obras, donde puedan dañarse o destruirse en su totalidad. De acuerdo al artículo 6° de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, establece que los propietarios de bienes inmuebles colindantes a un monumento, que pretendan realizar obras de excavación, cimentación, demolición o construcción, que puedan afectar las características de los monumentos artísticos o históricos, deberán obtener un permiso del Instituto correspondiente, que se expedirá una vez satisfecho los requisitos que exigen en el reglamento de la LFMZAAH (Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas, 1972).

Etapa	Actividad.
Operación	Funcionamiento de los aerogeneradores.
Impactos	
ID del impacto	Factor Ambiental afectado.
IMP 7	Calidad del aire.
IMP 8	Incremento de la temperatura.
IMP 9	Calidad del microclima.
Descripción	
<p>La etapa de funcionamiento del parque eólico conlleva varios impactos negativos entre ellos, la calidad del aire que se verá afectada directamente por los aerogeneradores, debido a la captación del viento provocando que golpee a las zonas posteriores del proyecto con menor intensidad, menor humedad y su densidad también se verá disminuida. Esta acción traerá consigo el incremento de la temperatura (0.75° C por cada 10 años), no solo en la zona inmediata al proyecto, también se verán afectadas las zonas más alejadas.</p> <p>El incremento de temperatura en el área del proyecto y zonas aledañas provocará la muerte de especies vegetales y animales, debido a la disminución de humedad, lo que</p>	

modificará el microclima de la localidad, los registros de temperatura para la zona incrementarán. La vegetación y la fauna se extinguiría o en el mejor de los casos se desplazarían a otra región y los suelos perderían su calidad a falta de protección y nutrientes.

Etapa	Actividad.
Operación	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores.
Impactos	
ID del impacto	Factor Ambiental afectado.
IMP 10	Afectación al ciclo de las especies (vegetación).
IMP 11	Distribución de la fauna aves.
Descripción	
<p>Durante la fase de explotación del parque hay dos afectaciones fundamentales: efecto borde, quiere decir baja regeneración de vegetación cerca de los bordes, debido a la apertura de caminos, bajo las líneas eléctricas, o cualquier otro sitio donde se realizaron actividades de despalle y desmonte. Otro cambio gradual en estos sitios es el cambio de composición y estructura de la vegetación, debido a las diferentes cambios ambientales (viento y sequía) o las formas de vida de las especies que se establecen en los bordes. La otra afectación es el incremento del riesgo de incendios por el funcionamiento de los aerogeneradores, debido a que la vegetación es altamente susceptible a los incendios. Debido a los cambios ambientales que se dan durante la explotación del proyecto, genera cambios en la vegetación, su crecimiento, desarrollo y reproducción, en casos extremos extinguiendo la vegetación de la región o disminuyendo su proliferación.</p> <p>La presencia de los aerogeneradores provocará colisiones con las aspas en movimiento, con la torre o con las infraestructuras como líneas eléctricas de evacuación, provocando mortalidad directa de aves y quirópteros. Estas colisiones se dan cuando las aves no consiguen esquivar los aerogeneradores. Puesto que sus efectos son evidentes y medibles es uno de los motivos principales de preocupación a la hora de considerar los riesgos.</p> <p>La presencia del parque generará ruido e iluminación nocturna y la presencia de personas durante las actividades de mantenimiento. Esto es debido por el aumento de la accesibilidad que tendrá la zona, por los nuevos caminos que permitirá el paso de personas, provocando la presión sobre las especies silvestres y un descenso del éxito reproductor llevándolas en casos extremos a abandonar el lugar.</p> <p>Este impacto es significativo ya que se puede afectar especies vulnerables, amenazadas, endémicas o en peligro de extinción.</p>	

Etapa	Actividad.
Operación	Presencia del parque eólico.
Impactos	
ID del impacto	Factor Ambiental afectado.
IMP 12	Desarrollo económico de la zona.
IMP 13	Creación de empleos.
Descripción	
<p>El desarrollo económico de la zona y la creación de empleos, serán impactos positivos, llegando a ser el motor indirecto de una nueva industria local que ofrezca servicios y bienes. Hay que considerar que solo será temporal debido a que la vida útil de los proyectos será de 30 años aproximadamente.</p> <p>La presencia del parque creará nuevas alternativas económicas: hospedaje, renta de casa habitación, servicios alimenticios, transporte y actividades recreativas a los especialistas que sean enviados al parque a dar mantenimiento técnico. Por otro lado con los accesos se pueden crear nuevas formas de turismo educativo basado en educación ambiental. El proyecto en sí diversificará su economía en las zonas aledañas, debido a que genera empleos indirectos y oportunidades directas, creando fuentes de ingresos seguros y estables para los habitantes.</p> <p>Por tanto, considerando la capacidad del parque para crear empleo directo, indirecto y generar nuevas alternativas empresariales y teniendo en cuenta el ahorro en la factura eléctrica de los gobiernos se juzga como un impacto global muy positivo.</p>	

Como ventajas obtenidas al momento de realizar este método, cabe recalcar que es un método muy completo y a su vez complejo, que permite obtener un estudio más detallado debido a los diversos atributos que ayudan a tener un alcance más robusto al momento de la evaluación de los impactos ambientales más importantes. Los atributos con los que se trabajan en este método no son difíciles de comprender y el valor que se le otorga a cada uno es fácilmente manejado. Como desventajas tenemos que es un método que ocupa mayor tiempo debido a que es necesario partir de una matriz para la obtención de los impactos más significativos, por lo que los consultores optan por utilizar métodos más sencillos y que ocupen menor tiempo y trabajo.

Índice de Significancia.

Se realizó la ponderación de los impactos y se obtuvieron los siguientes resultados de ambos proyectos:

Método de Índice de Significancia MIA Cozumel														
Fase	ID	Impacto		Criterio de valoración por Bojórquez Tapia										
		Actividad	Indicador	Mag	Ext	Dur	Sin	Acum	Cont	Mit	MEDij	SACij	Iij	Gij
Preparación del sitio	IMP 1	Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	7	4	6	5	5	5	7	0.62	0.55	0.80	0.17
	IMP 2	Desmante	Afectación a especies endémicas	8	4	6	6	6	7	6	0.66	0.7	0.88	0.29
	IMP 3	Desmante	Alteración del paisaje	7	5	7	5	5	7	5	0.7	0.62	0.87	0.38
	IMP 4	Despalme	Calidad del suelo	8	6	8	7	6	6	4	0.81	0.7	0.93	0.51
Construcción	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	6	4	5	4	4	6	4	0.55	0.51	0.74	0.41
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	7	4	7	6	6	6	4	0.66	0.66	0.86	0.47
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	8	6	7	8	8	7	4	0.77	0.85	0.96	0.53
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	8	6	7	8	8	8	4	0.77	0.88	0.96	0.53
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	9	6	8	8	8	8	4	0.85	0.88	0.98	0.54
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	7	5	6	6	6	6	6	0.66	0.66	0.86	0.28
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	8	7	7	7	7	7	5	0.81	0.77	0.95	0.42
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	5	4	5	4	4	7	5	0.51	0.55	0.73	0.32
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	5	4	5	4	4	7	5	0.51	0.55	0.73	0.32

Método de Índice de Significancia MIA Dzilam														
Fase	ID	Impacto		Criterio de valoración por Bojórquez Tapia										
		Actividad	Indicador	Mag	Ext	Dur	Sin	Acum	Cont	Mit	MEDij	SACij	Iij	Gij
Preparación del sitio	IMP 1	Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	7	4	6	5	5	5	7	0.62	0.55	0.80	0.17
	IMP 2	Desmante	Alteración del paisaje	7	5	7	5	5	7	5	0.7	0.62	0.87	0.38
	IMP 3	Despalme	Calidad del suelo	8	6	8	7	6	6	4	0.81	0.7	0.93	0.51
	IMP 4	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	6	4	5	4	4	6	4	0.55	0.51	0.74	0.41
Construcción	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Zonas arqueológicas	7	4	6	5	5	6	4	0.62	0.59	0.82	0.45
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	7	4	7	6	7	6	4	0.66	0.7	0.88	0.48
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	8	6	7	8	8	7	4	0.77	0.85	0.96	0.53
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	8	6	7	8	8	8	4	0.77	0.88	0.96	0.53
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	9	6	8	8	8	8	4	0.85	0.88	0.98	0.54
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	7	5	6	6	6	6	6	0.66	0.66	0.86	0.28
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	8	7	7	7	7	7	5	0.81	0.77	0.95	0.42
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	5	4	5	4	4	7	4	0.51	0.55	0.73	0.4
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	5	4	5	4	4	7	4	0.51	0.55	0.73	0.4

En los resultados, se puede observar de color rojo los impactos con mayor significancia o categoría de impacto alto, como la calidad del microclima afectando la estabilidad del ecosistema en donde se desarrollan los proyectos y a sus alrededores; de color amarillo se aprecian los impactos catalogados como moderados, entre ellos se encuentran como impactos negativos el incremento de la temperatura, la calidad del aire y la calidad de suelo al momento de realizar el despalme. Se ubican como moderados positivos, el desarrollo económico y la creación de empleos que tendrá un impacto moderado ya que solo será temporal. El resto de los impactos se catalogan con poca significancia y de categoría baja.

Esta metodología proporciona una base cuantitativa, en la que arroja la intensidad de los impactos, permite contemplar las medidas de mitigación, así como la efectividad con la que se realizarán las medidas de mitigación al momento de reducir los efectos negativos en magnitud, extensión y duración. Por otro lado en desventajas es una metodología en la que ocupa índices basado en 9 calificaciones; que van de 0 como impacto nulo a 9 que es un impacto extremadamente alto por lo que resulta redundante y en ocasiones es un problema debido a que el margen es muy grande entre una calificación y otra.

Método de Lógica Difusa MIA Cozumel				
Fase	ID	Impacto		Importancia media del impacto (TDEIA)
		Actividad	Indicador	
Preparación del sitio	IMP 1	Desmante	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	MODERADO
	IMP 2	Desmante	Afectación a especies endémicas	SEVERO
	IMP 3	Desmante	Alteración del paisaje	MODERADO
	IMP 4	Despalme	Calidad del suelo	SEVERO
Construcción	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	POSITIVO
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	SEVERO
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	SEVERO
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	SEVERO
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	SEVERO
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	LEVE
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	MODERADO
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	POSITIVO
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	POSITIVO

Método de Lógica Difusa MIA Dzilam				
Fase	ID	Impacto		Importancia media del impacto (TDEIA)
		Actividad	Indicador	
Preparación del sitio	IMP 1	Desmonte	Modificación del hábitat (vegetación y fauna)	LEVE
	IMP 2	Desmonte	Alteración del paisaje	MODERADO
	IMP 3	Despalme	Calidad del suelo	SEVERO
	IMP 4	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Caminos y carreteras estatales	POSITIVO
Construcción	IMP 5	Vías de comunicación al parque (caminos y carreteras)	Zonas arqueológicas	MODERADO
	IMP 6	Instalación de los aerogeneradores	Calidad del suelo	SEVERO
Operación	IMP 7	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del aire	SEVERO
	IMP 8	Funcionamiento de los aerogeneradores	Incremento de la temperatura	SEVERO
	IMP 9	Funcionamiento de los aerogeneradores	Calidad del microclima	SEVERO
	IMP 10	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Afectación al ciclo de vida de las especies (vegetales)	MODERADO
	IMP 11	Ruido por el funcionamiento de los aerogeneradores	Distribución de fauna (aves)	MODERADO
	IMP 12	Presencia del parque eólico	Desarrollo económico de la zona	POSITIVO
	IMP 13	Presencia del parque eólico	Creación de empleos	POSITIVO

El programa permitió obtener, el análisis y la interpretación de la Calidad Ambiental del entorno de los dos proyectos a partir del Software TDEIA. Con este análisis se puede observar que los proyectos generaran actividades que repercuten en la sostenibilidad del sistema ambiental, ya que se puede obtener la importancia media de los impactos sobre el sistema ambiental así como la calidad ambiental neta del entorno.

Se puede observar que los resultados obtenidos muestran los impactos con mayor importancia o que puedan repercutir severamente al ambiente como son: la calidad del suelo, la calidad del aire, el incremento de la temperatura y la calidad del microclima. Teniendo en consideración los impactos generados por las actividades con menor relevancia como son: alteración del paisaje, afectación al ciclo de las especies vegetales y la distribución de las aves. Esta metodología nos permite interpretar con mayor claridad que impactos son posibles mitigar y compensar o bien desechar la valoración de la importancia relativa del entorno.

Además, esta metodología tiene como ventaja asociar variables lingüísticas; marcándolas con siete etiquetas, haciéndolo un proceso muy detallado y específico que permite conocer el valor con exactitud del impacto ambiental provocado. Sin embargo, como desventaja se encuentra la complejidad y el tiempo estimado para la generación de esta metodología que podría ocupar un mayor tiempo comparándolo con otro método más sencillo.

Conclusiones.

Las matrices de Leopold permitieron obtener las actividades con mayor afectación al sistema ambiental como fue el caso del despalme y desmonte, incidiendo en la calidad o, alteración del paisaje y modificación del hábitat, el funcionamiento de los aerogeneradores impactando en la calidad del aire, incremento de la temperatura y la calidad del microclima para ambos proyectos.

En el Parque eólico Cozumel se contempló la afectación de las especies endémicas de la región debido a su vulnerabilidad especialmente al momento de la preparación del sitio.

El proyecto de Dzilam Bravo tendrá un fuerte impacto sobre las zonas arqueológicas ya que se encontraron vestigios arqueológicos al momento de realizar el monitoreo de fauna y flora.

Es importante considerar que el desarrollo económico de la zona y creación de empleos no son tan significativos, ya que solo serán temporales y en la etapa de funcionamiento los empleos con pocos.

El método de Conesa permitió evaluar la naturaleza de impacto, el grado de intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación relación causa efecto, periodicidad y recuperabilidad. Los impactos con mayor significancia son: calidad del suelo producto del despalme, calidad del aire, calidad del microclima e incremento de la temperatura por el funcionamiento de los aerogeneradores; así como la distribución y reproducción de la fauna (aves).

El índice de significancia permitió conocer las interacciones de una forma más rigurosa, dando como la calidad del microclima como el más alto, seguido de incremento de temperatura, calidad del aire y calidad del suelo, en ambos proyectos. Debido a que el valor de controversia que se obtuvo para esos impactos es alto, se debe consultar a un grupo de especialistas para poder obtener los impactos residuales.

El método de Lógica difusa permitió obtener la importancia media del impacto ambiental total difuso sobre el entorno, arrojando que las afectaciones más importantes ocurren sobre las especies endémicas, calidad del suelo, calidad del aire, calidad del microclima e incremento de temperatura, fueron catalogados

como severos para el proyecto de parque eólico en Cozumel. Para el proyecto del parque eólico Dzilam Bravo se obtuvieron como los impactos más severos: calidad del suelo, calidad del aire, incremento de la temperatura y calidad del microclima y los impactos de creación de empleo y desarrollo económico de la zona como positivos.

El uso de diferentes métodos en un estudio de impacto ambiental permite mostrar que la aplicación de una sola de ellas no es suficiente, por lo menos es necesario la implementación de tres o más metodologías para obtener resultados confiables y veraces.

Se debe partir de métodos que van de lo general a lo particular; en este caso, uso la Matriz de Leopold modificada como método general y método de Conesa simplificado, Índice de Significancia y Lógica Difusa como métodos particulares.

La aplicación de los métodos Matriz de Leopold modificada, Conesa simplificado, Índice de Significancia y Lógica Difusa aplicado a las MIA seleccionadas, conjuntaron la interacción del entorno social, económico y ambiental; aunado a la propuesta de las medidas de mitigación, prevención, reducción o compensación, así como para disminuir el grado de subjetividad al momento de desarrollar una Manifestación de Impacto Ambiental.

La desventaja de usar más de un método el tiempo de realización de cada uno, el alto costo del estudio y la escasa formación de recursos humanos formados en la aplicación de métodos para identificar, evaluar y describir impactos ambientales de una forma objetiva.

Las metodologías que más se han utilizado para la evaluación de impacto ambiental en los parques Eolo eléctricos en México son, listas de chequeo, matrices de impacto, grafos de relación causa efecto, superposición de mapas, indicadores de impacto y funciones de calidad, debido a su pronta ejecución y de bajo costo; dando como resultados trabajos con información escasa que no otorgan información objetiva y verás al evaluar del estudio de impacto ambiental.

Es muy importante no mezclar o confundir los impactos significativos con los residuales, con el propósito de obtener un resultado objetivo para la aprobación ante la SEMARNAT.

Es necesario que se trabaje en conjunto la ética y el profesionalismo del personal dedicado a realizar manifestaciones de impacto ambiental, para generar estudios de calidad y así lograr a un entorno sostenible ambiental, social y económico para las futuras generaciones.

Literatura citada

- Alba, E. d., & Reyes, M. E. (2013). *Valoración Económica de Recursos Biológicos del País*. Recuperado el 26 de Febrero de 2014, de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.: <http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/divBiolMexEPais8.pdf>
- Alvarado, M. (2002). *Evaluación ambiental estratégica del programa de electrificación rural de Chile*. Santiago de Chile.
- Álvarez Castañeda, William Fernando; Martínez Tapia, Laura Alejandra; et. al. (2013). Aplicación de la Ecuación de Weibull para determinar el potencial eólico en Tunja-Colombia. *XX Simposio Peruano de Energía Solar*, (pág. 8). Tacna Perú.
- Arboleda, J. A. (2008). *Manual para la Elaboración de Impacto Ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Banco Mundial. (1996). Regional Environmental Assessment. *Environmental Assessment Sourcebook Update Num 15*. Washington, D. C., Estados Unidos.: Departamento Ambiental del Banco Mundial.
- Becerra, R. E. (2013). La evaluación del impacto ambiental en México. Situación y Perspectivas. *Política y Gestión Ambiental*.
- Bojórquez Tapia, L. A., Ezcurra, E., & García, O. (1998). *Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices*. México: Journal of Environmental Management.
- Buen, R. (2002). *Mercado de energías verdes en México, antecedentes y propuestas*. México: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
- CFE. (05 de Febrero de 2014). *Comisión Federal de Electricidad*. Recuperado el 14 de Abril de 2014, de CFE y la electricidad en México: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercaDeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx
- Cidras, J., & Carrillo, C. (2010). *El Fenómeno del parpadeo*. España: Universidad de Vigo.
- Comisión de Derechos Humanos. (2012). Las reformas constitucionales en materia de derechos humanos. México: Comisión de Derechos Humanos.
- CONABIO. (2009). *Sitios de Manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. México: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.
- Conesa, V. F.-V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España: Editorial MUNDI-PRENSA.
- Convenio sobre la Biodiversidad*. (2008). Recuperado el 08 de Noviembre de 2013, de Evaluación de impacto.: http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/eval_impact.html
- Curtis, H., & Schnek, A. (2008). *Curtis Biología*. Madrid España: Editorial Médica Panamericana.
- Duarte Velasco, O. G. (2000). *Técnicas difusas en la Evaluación de Impacto Ambiental*. Granada: Universidad de Granada.
- Edwards, P. S. (1998). Root causes of Biodiversity loss. World Wide Fund for Nature.

- EIA. (2009). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 24 de Febrero de 2014, de Evaluación de Impacto de Ambiental: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/IDEA/mtria_amb/2019519/und_3/html/contenido_03.html
- Gobierno de la Republica. (2013). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. 184. México.: Gobierno de la Republica de México.
- Gómez, T. (2008). Why Indigenous Peoples of the Word are Losing Out. *Aliran Monthly Web Special*, 2.
- Henry, G. J., & Heinke, G. w. (1999). *Ingenieria Ambiental*. Mexico: Prentice HALL.
- Herbert, T., Vonada, R., Jenkins, M., Bayon, R., & Frausto Leyva, J. M. (2010). Fondos Ambientales y Pagos por Servicios Ambientales. *Proyecto de Capacitacion de RedLAC para Fondos Ambientales*, 102.
- INE. (2001). La evaluación de impacto ambiental. Logros y retos para el desarrollo sustentable. México: Instituto Nacional de Ecología.
- INECC. (2003). *Biodiversidad: Uso, Amenazas y Conservación*. Recuperado el 04 de Marzo de 2014, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/395/benitez_bellot.html
- INEGI. (2000). *Aspectos geográficos*. Recuperado el 31 de Julio de 2013, de Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática: www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/
- J.G, R., & Wooten, D. (1980). Environmental impact analysis handbook. USA: Mc Graw Hill.
- Jain, R., & Stacey, S. (1977). *Enviromental impact analysis: a new dimension in decision making*. New York. U. S.: Van Nostrand Reinhold.
- Landeros-Sánchez, C. (2010). *Sistemas productivos y alternativas económicas sustentables*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Leopold, B. L., Clarke, E. F., Hanshaw, B. B., & Balsley, J. R. (1971). *A Procedure for Evaluating Enviromental Impact*. Washington: Geological Survey Circular .
- Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas, artísticas e históricas. (1972).; Diario Oficial de la Federacion, Mexico, ultima reforma 28 de enero de 2015.
- LGEEPA. (1988). *Impacto Ambiental.*; Diario Oficial de la Federación, México, última reforma 13 de mayo de 2016.
- Liming Zhou, Y. T. (2012). Impacts of wind farms on land surface temperature. *Nature Climate Change* .
- Mans, N., & Dalkmann, H. (2001). Decision Making and Strategic Environmental Assessment. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*.
- Nacional Reserch Council. (2007). Environmental Impacts of Wind Energy Projects. EUA: National Academy of Science.
- Obras y/o actividades que requieren MIA*. (20 de Enero de 2014). Recuperado el 01 de Abril de 2014, de Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.: <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental/obras-y-actividades>
- Oñate et al. (2002). *Evaluación Ambiental Estratégica: La evaluación ambiental de políticas, planes y programas*. Barcelona, España: Mundi-Prensa.
- ONU. (2013). Estudio sobre las industrias extractivas en México y la situación de los pueblos indígenas en los territorios en que están ubicadas estas industrias. *Foro*

- Permanente para las cuestiones Indígenas* (pág. 27). Nueva York: Naciones Unidas. Consejo Económico y Social.
- Oxfam. (2009). *Impacto de los proyectos MDL sobre el desarrollo humano. Análisis de experiencias en Marruecos, Guatemala y México*. España: Oxfam.
- Pallemaerts, M. C. (2009). Sustainable Development Indicators. An overview of relevant framework needs in view of EU and International Activities. European Commission, Directorate General for Research, European Communities.
- Partidario, M. (1999). *Strategic Environmental Assessment-Principles and Potential*. Londres.
- Pliego, P. E., & F, T. M. (1997). Avifauna de la Isla de Cozumel, Quintana Roo. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- PROFEPA. (Mayo de 2014). *Procuraduría Federal de Protección al Ambiente*. Obtenido de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/5117/1/mx/mexico_protege_sus_manglares.html
- Raman, B. (2014). *Conceptos Fundamentales de Lógica Difusa*. Obtenido de <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04Rpp04de11.pdf;jsessionid=91FA30A63D727C9C282A44D3F293D832.tdx1?sequence=4>
- Rincón, E., & Asesores. (2006). *Manifestación de Impacto Ambiental Parque Eólico Eurus*. México.
- RLGEEPA . (2010). *Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*.; Diario Oficial de la Federación, México última reforma 31 de octubre de 2014.
- Sadler, B. (1996). *Environmental Assessment in a Changing World: Evaluating Practice to Improve Performance*. Ottawa, Canada: Canadian Environmental Assessment Agency e International Association for Impact Assessment.
- Sarukhán, J., Carabias, J., Koleff, P., & Haas, T. U. (2012). Capital Natural de México. Acciones, Estrategias para su valoración, preservación y recuperación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Sauza A., M., & Cabrera C., E. F. (1983). *Flora de Quintana Roo*. México.
- SEMARNAT. (27 de Noviembre de 2013). *Impacto Ambiental y Tipos*. Recuperado el 01 de Abril de 2014, de Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.: <http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental>
- SEMARNAT. (01 de Diciembre de 2013). *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de Impacto Ambiental y Tipos: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos>
- SEMARNAT. (19 de Diciembre de 2013). *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de Impacto Ambiental y Tipos. Definición y Objetivo: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos/definicion-y-objetivo>
- SEMARNAT. (19 de Diciembre de 2013). *Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado el 12 de Mayo de 2014, de Estudios de Riesgo e Impacto Ambiental.: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/impacto-ambiental-y-tipos/estudios-de-riesgo-e-impacto-ambiental>

- Soberón, J., Halffter, G., & Llorente-Bousquets, J. (2008). *Capital Natural de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Somnath, R. (2011). *Stimulating impacts of wind farms on local hydrometeorology*. Canadá: Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics.
- Suprema Corte de Justicia de la Nación. (2012). *Reformas Constitucionales en materia de Amparo y Derecho Humanos*. Obtenido de <http://www2.scjn.gob.mx/red/constitucion/inicio.html>
- TEBTEBBA. (Marzo de 2009). *Concept Paper*. Recuperado el 23 de Marzo de 2014, de Conferencia Internacional sobre pueblos indígenas e industrias extractivas.: http://www.tebtebba.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=344Itemid=27
- Tech4CDM. (2009). *La Energía Eólica en México*. Unión Europea.
- UNU- IHDP and UNEP. (2012). *Inclusive Wealth Report. Measuring progress toward sustainability*. Cambridge: Cambridge University.
- Vargas, A. Y. (2008). Impacto ambiental y métodos de análisis. *BIOCYT Universidad Nacional Autónoma de México. Fes. Iztacala.*, 9.
- Vazquez, L. (2009). Avifauna de la selva baja caducifolia en la cañada del río Sabino, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 538-549.
- Vazquez-Lule, A. D., Diaz-Gallegos, J. R., & Adame, M. F. (2009). *Caracterización del sitio manglar Cozumel*. Mexico: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).