



**ENERGÍA EÓLICA Y DESARROLLO SOSTENIBLE EN
LA REGIÓN DE LA RUMOROSA, MUNICIPIO DE
TECATE**
Un análisis multicriterio

Tesis presentada por

Luis Salvador García Hernández

Para obtener el grado de

**MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INTEGRAL DEL
AMBIENTE**

Tijuana, B. C., México
2016

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Directora de Tesis: _____

Dra. Vanesa Magar Brunner

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. _____

2. _____

3. _____

La mitad de la belleza depende del paisaje;
y la otra mitad de la persona que la mira...

Los más brillantes amaneceres; los más románticos atardeceres;
los paraísos más increíbles;
se pueden encontrar siempre en el rostro de las personas queridas.

Cuando no hay lagos más claros y profundos que sus ojos;
cuando no hay grutas de las maravillas comparables con su boca;
cuando no hay lluvia que supere a su llanto;
ni sol que brille más que su sonrisa.....

La belleza no hace feliz al que la posee;
sino a quien puede amarla y adorarla.

Por eso es tan lindo mirarse cuando esos rostros
se convierten en nuestros paisajes favoritos....

La Belleza de Herman Hesse

Para toda mi amada familia:

A mi madre Juana por su amor incondicional, gracias por apoyarme en cada etapa de mi vida,
este logro también es tuyo, te amo.

A mis hermanos Ángel y Cecilia por acompañarme en el camino, sigan esmerándose por
alcanzar sus objetivos y confíen en el futuro.

A mi padre Samuel por su apoyo y confianza.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la ayuda económica recibida para estudiar la maestría y por cumplir la misión de contribuir al desarrollo científico de la nación.

Al Colegio de la Frontera Norte, instituto de educación e investigación. Gracias por llevar a cabo la noble misión de formar cuadros especializados para generar soluciones a los problemas que aquejan nuestro mundo y por la oportunidad de descubrir que el conocimiento no tiene fronteras.

A la doctora Vanesa Magar, muchas gracias por su decidido apoyo, sin su guía y entusiasmo la culminación de este trabajo no habría sido igual. A mis amables lectores, los doctores Daniel Saucedo y Edgar Santoyo por sus atinadas observaciones y por su paciencia para leer un bosquejo apenas descifrable, muchas gracias por su titánica labor.

A la doctora Gabriela Muñoz, sin duda alguna, esta investigación y mi paso por la maestría lleva su sello. Gracias por asumir el compromiso de orientar a los “investigadores en formación”, pero sobre todo por su calidad como persona e investigadora.

A la doctora María Lourdes Vázquez Rascón, por su disposición para colaborar y por todo el apoyo a pesar de la distancia. J'espère rencontrer à l'avenir.

Al doctor Carlos Vázquez y la licenciada Karla Haro de la coordinación de la MAIA, muchas gracias por todo el apoyo detrás de bastidores. Este trabajo no habría sido posible sin el apoyo del ingeniero Carlos muchas gracias por acceder a participar en este ejercicio.

A mi novia Angélica Alonso por la infinita paciencia, el incontable amor y sobre todo por el ejemplo de vida.

A Demetrio Teresa que desde que coincidimos en este camino me confiaste tus experiencias, anécdotas y consejos. Gracias por tu entrañable amistad y por ofrecerme tu hogar aquí en Tijuana.

A José León Bruno por el apoyo en todo momento, el aliento, el buen ánimo y principalmente por todas las instantáneas.

A Josue Valenzuela gracias por la camaradería y por la disposición para echar una mano cuando fue necesario.

A mis entrañables colegas y amigos, Agustín Solano, Bladi Nepomuceno, Daniel Cervantes, Diego Benito, Héctor Calvo, Santiago González, Noemí Morales, Norely Vargas y Yosimar García, por los momentos de alegría, de discusión y reflexión que hemos compartido. Gracias por creer en mí todo este tiempo.

A los integrantes de la MAIA 2014-2106, gracias por esta experiencia tan enriquecedora y gratificante. Especialmente quiero agradecer a Abisai, por su conciencia social suriana, a Angela por su energía, su postura y esa pasión por la vida, a Amarilis por su alegría y apoyo, a Celso por imprimir ese sello satírico a la vida, a Fernando por el gusto compartido de los corridos (Jajaja), a Jocelyn por compartir su experiencia y conocimientos en torno al tema que nos apasiona (esto apenas comienza), a Martín por su amabilidad y buen trato, a Marvin el ingeniero más efectivo que conozco por su apoyo y confianza, a Vicky por todo el apoyo y por ofrecer siempre una sonrisa en su rostro, a Yesenia por mostrarme ese sentido crítico de las ciencias sociales y de la complejidad humana, a Yurendy por la asesoría y el entrenamiento para la vida futura (Jajaja) y por último, pero no menos importante, a Yuritzi por su optimismo y su espíritu colaborativo. A todos ustedes, muchas gracias por compartir esta etapa, pero sobre todo por ofrecerme su amistad.

No podía omitir mi agradecimiento a los contribuyentes anónimos, que posiblemente sin saberlo, financiaron mi estancia en Tijuana.

RESUMEN

En el presente trabajo se explora la problemática del desarrollo sostenible en relación con los proyectos de energía eólica, con el objetivo de analizar los aspectos que permitan potenciar el desarrollo socioeconómico a nivel local. Para lograr este fin, se diseñaron y aplicaron dos encuestas, una para evaluar los diferentes criterios de desarrollo sostenible y otra para evaluar algunos aspectos de la aceptación social de los proyectos eólicos. Los criterios evaluados en la primera encuesta fueron identificados a partir de la revisión bibliográfica y con la retroalimentación recibida por los residentes y dueños de la tierra en los sitios de estudio, localizados en la región Norte del estado de Baja California. Los criterios se dividieron en seis categorías: la aceptación social con seis indicadores; el beneficio social con seis indicadores; el impacto en la cultura con tres indicadores, el impacto ambiental con tres indicadores; el beneficio económico con siete indicadores y finalmente, criterios técnico-ecológicos con cuatro indicadores. Los datos obtenidos se analizaron empleando un método de análisis multicriterio de relaciones de preferencia (*Outranking*). A todos los indicadores se le asignó el mismo peso. En contraste, la función de preferencia se eligió empleando el menú de ayuda del software Visual PROMETHEE, el cual fue empleado para el análisis. Las funciones de preferencia permitieron clasificar los sitios de estudio de acuerdo con los valores obtenidos en el flujo neto Phi, el cual esencialmente representa un promedio de las relaciones de preferencia por pares. Con la segunda encuesta se evaluó únicamente la aceptación social y los resultados se analizaron de forma cualitativa. En general, se observó que los proyectos de energía eólica cuentan con una gran aceptación social, pero no inciden en el desarrollo socioeconómico a nivel local, por lo que se sugiere que los criterios identificados como más relevantes para potenciar el desarrollo sean tomados en cuenta para proyectos eólicos futuros.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, aceptación social, energía eólica, PROMETHEE, La Rumorosa.

ABSTRACT

In this paper a number of issues of sustainable development at the local level resulting from wind energy projects are explored, with the aim to analyze and identify the most important criteria that would lead, through projects, to a local socio-economic growth. In order to achieve this aim, two surveys were designed and applied, one to evaluate different sustainable development criteria, and another one focused specifically social acceptance criteria of wind energy projects. The criteria evaluated in the first survey were identified from the literature review and feedback received by residents and land owners in the study sites, in the state of Baja California, Mexico. The criteria assessed in the sustainable development survey were divided into six categories: social acceptance with six indicators; social benefit with six indicators; the cultural impact with three indicators, the environmental impact with three indicators; the economic benefit with seven indicators; and finally, techno-ecological criteria with four indicators. The data obtained were analyzed using a multicriteria analysis technique based on pairwise preference relationships (outranking). Equal weights were assigned to all indicators. In contrast, the preference function for each indicator was chosen using the help menu of the software Visual PROMETHEE used for the analysis. Preference functions allowed to classify the study sites according to the values obtained in the net flow Φ , which is essentially an average of pairwise preference relationships. In the second survey, only social acceptance criteria were evaluated and the results were analyzed qualitatively. In general, it was concluded that wind power projects have a large social acceptance, but do not have a local socio-economic development impact, so it is suggested that the criteria identified as drivers for such development are taken into account for future wind energy development projects.

Keys words: sustainable development, wind power, social acceptance, Visual PROMETHEE, La Rumorosa.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I LA PROBLEMÁTICA DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	9
1.3 Preguntas de investigación.....	12
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1 Objetivo general.....	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
1.5 Justificación.....	12
1.6 Hipótesis.....	14
1.7 Estructura de la tesis.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	15
2.1 Introducción.....	15
2.2 Análisis multicriterio para la toma de decisiones.....	19
2.3 El desarrollo sostenible.....	23
2.3.1 Dimensión social.....	25
2.3.2 Dimensión ambiental.....	25
2.3.3 Dimensión económica.....	25
2.4 Desarrollo local.....	26
2.5 Aceptación social.....	26
2.6 Beneficio social.....	27
2.7 Impacto en la cultura.....	28
2.8 Impacto ambiental.....	29
2.9 Beneficio económico.....	29
3. El Ejido.....	29
CAPÍTULO III MARCO CONTEXTUAL.....	31
3.1 Cambio climático y energía eólica.....	31
3.2 Proyectos de energía eólica en el área de estudio.....	32
3.3 Localización y aspectos ambientales del área de estudio.....	35
3.3.1 Región de La Rumorosa.....	36
3.3.2 El Hongo.....	38
3.4 Atributos espaciales.....	39

3.4.1 Distribución espacial del potencial eólico en los sitios de estudio	39
3.4.2 Accesibilidad a la Red Nacional de Caminos en el área de estudio.....	40
3.4.3 Estimación del relieve en el área de estudio	41
3.4.4 Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación	42
3.4.5 Área de Importancia para la Conservación de Aves de Sierra Juárez.....	43
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....	45
4.1 Introducción	45
4.2 Estrategia metodológica.....	46
4.2.1 Sitios de estudio	46
4.2.2 Diseño del cuestionario	46
4.2.3 Envío de cuestionario.....	47
4.2.4 Resultados del trabajo de campo	48
4.3 Criterios espaciales	50
4.4 Criterios de desarrollo sostenible.....	51
4.4.1 Información entre los criterios	52
4.4.2 Información dentro de cada criterio	54
4.5 Aplicación de la metodología PROMETHEE	54
4.5.1 El problema	56
4.5.2 El modelo	56
CAPÍTULO V RESULTADOS y DISCUSIÓN	59
5.1 Introducción	59
5.2 Análisis comparativo de las categorías de análisis entre los sitios de estudio.....	59
5.2.1 Aceptación social	60
5.2.2 Beneficio social	61
5.2.3 Impacto en la cultura	61
5.2.4 Impacto ambiental	62
5.2.5 Beneficio económico.....	63
5.3 Aceptación social de la energía eólica	64
5.4 Resultados del análisis multicriterio	69
5.4.1 Clasificación PROMETHEE.....	72
5.5 Recomendaciones para investigaciones futuras.....	77
CAPÍTULO VI CONCLUSIONES.....	79
Bibliografía.....	81
ANEXO I Cuestionario de desarrollo sostenible.....	92

ANEXO II Estimación de indicadores de desarrollo sostenible	98
ANEXO III Cuestionario de aceptación social y percepción de beneficios.....	99
ANEXO IV Presentación del proyecto energía eólica y desarrollo sostenible productivo eólico en el Ejido Tierra y Libertad.....	100
ANEXO V Estimación de valores de los criterios espaciales	102
ANEXO VI Tipos de funciones empleadas en Visual PROMETHEE	103

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 Evolución de la capacidad instalada de la energía eólica a nivel mundial	3
Gráfica 5.2 Aceptación social.....	60
Gráfica 5.3 Beneficio social	61
Gráfica 5.4 Impacto en la cultura	62
Gráfica 5. 5 Impacto ambiental	62
Gráfica 5.6 Beneficio económico	63
Gráfica 5.7 Apoyo a los proyectos eólicos en La Rumorosa.....	64
Gráfica 5.8 Apoyo a los proyectos eólicos en El Hongo.....	64
Gráfica 5.9 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos les traerá un beneficio personal.....	66
Gráfica 5.10 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos son benéficos para la localidad.....	66
Gráfica 5.11 Porcentaje de personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos les traerá un beneficio personal.....	67
Gráfica 5.12 Personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos son benéficos para la localidad	67
Gráfica 5.13 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos tendrán un impacto negativo en la localidad	68
Gráfica 5.14 Personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos tendrán un impacto negativo en la localidad	68
Gráfica 5.15 Perfil de los sitios de estudio con criterios a minimizar	71
Gráfica 5.16 Perfil de los sitios de estudio con criterios a maximizar	72
Gráfica 5.17 Clasificación parcial PROMETHEE	73
Gráfica 5.18 Clasificación completa PROMETHEE	74
Gráfica 5.19 Perfil de La Rumorosa.....	75
Gráfica 5.20 Perfil de El Hongo	76

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1 Producción y consumo de energía en México en los últimos años	1
Cuadro 1.2 Ventajas-desventajas de los sistemas de energía renovable	9
Cuadro 1.3 Prospectivas de crecimiento del sector eólico en Baja California.....	11
Cuadro 2.4 Emisiones de los sistemas convencionales y de energía renovable.....	15

Cuadro 2.5 Clasificación de sostenibilidad de las fuentes renovables de energía.....	17
Cuadro 2.6 Investigaciones de las diferentes fuentes de energía renovable revisadas.....	17
Cuadro 2.7 Utilización del método PROMETHEE en la gestión energética	21
Cuadro 2.8 Análisis multicriterio y sus aplicaciones	22
Cuadro 3.9 Prospectivas de proyectos de energía eólica 2015-2020	34
Cuadro 3.10 Clasificación del potencial eólico	40
Cuadro 4.11 Escala de medición del cuestionario de aceptación social.....	47
Cuadro 4.12 Resultados del trabajo de campo	49
Cuadro 4.13 Perfil sociodemográfico de los encuestados en La Rumorosa.....	49
Cuadro 4.14 Perfil sociodemográfico de los encuestados en El Hongo.....	49
Cuadro 4.15 Función de preferencia y comportamiento de los indicadores	57
Cuadro 5.16 Ventajas y desventajas de un esquema de proyectos energéticos comunitarios...	65
Cuadro 5.17 Indicadores de desarrollo sostenible	69
Cuadro 5.18 Flujos de preferencia.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Dimensiones del desarrollo sostenible y grupos de criterios	51
Figura 4.2 Pasos del método PROMETHEE II	53
Figura 4.3 Procedimiento del método PROMETHEE.....	55

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1 Potencial eólico anual a una altura de 50 m	8
Imagen 1.2 Velocidad media anual del viento en Baja California	9
Imagen 3.3 Localización de la región de La Rumorosa	37
Imagen 3.4 Parques eólicos en región de La Rumorosa.....	37
Imagen 3.5 Localización de El Hongo	38
Imagen 3.6 Densidad de potencia eólica en los sitios de estudio.....	39

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 2.1 Territorio ejidal en el estado de Baja California	27
Mapa 3.2 Localización del estado de Baja California	33
Mapa 3.3 Accesibilidad terrestre de los sitios de estudio.....	41
Mapa 3.4 Mapa topográfico del área de estudio.....	42
Mapa 3.5 Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad	43
Mapa 3.6 Área de Importancia de Conservación de las aves de Sierra Juárez.....	44

ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y el Uso de la Biodiversidad
CRE	Comisión Reguladora de Energía
EH	El Hongo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INERE	Inventario Nacional de Energías Renovables
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
LR	La Rumorosa
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SIG	Sistemas de Información Geográfica

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el BP Statistical Review of World Energy (2014), el petróleo es el combustible más importante del mundo, contribuyendo con el 32.6 por ciento del consumo a nivel global de energía, sin embargo, ha perdido cuota de mercado en los últimos quince años. En este sentido, de acuerdo con cifras de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) el 81 por ciento de la energía eléctrica en México es generada por fuentes de energía convencionales, principalmente hidrocarburos (INERE, 2015a).

Por otro lado, actualmente México no satisface su necesidad energética con suficiencia. Entre el periodo 2000 a 2011 a nivel nacional el consumo de energía creció a un promedio anual de 2.08 por ciento, mientras que la producción de energía primaria disminuyó a una tasa anual de 0.3 por ciento (SENER, 2013a). Así mismo, en los últimos años se ha experimentado una tendencia que convertiría a México en un país estructuralmente deficiente en la producción de energía. Actualmente el país es un importador neto de gasolinas, diésel, turbosina, gas natural, gas LP y petroquímicos (SENER, 2014).

En este sentido, el consumo nacional de energía ha experimentado una baja en los años 2014-2015. Sin embargo, a pesar de esta baja, todavía existe un déficit entre el consumo nacional de energía y la producción de energía primaria (ver cuadro 1.1). Como respuesta a esta problemática se ha invertido en la creación de plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural. Este combustible actualmente genera el 50 por ciento de electricidad en México (SENER, 2013a).

Cuadro 1.1 Producción y consumo de energía en México en los últimos años (SIE y SENER, 2016)

Descripción (en petajoules)	2012	2013	2014	2015
Producción de energía primaria	9 075.57	9 052.85	8 854.25	8 260.69
Consumo nacional de energía	8 805.83	8 963.5	8 620.22	8 442.64

Sin embargo, el gas natural no garantiza el suministro eléctrico a largo plazo por ser un recurso no renovable, ni es una solución para mitigar los impactos del cambio climático. En este sentido, para garantizar el abasto energético muchos países han priorizado la descarbonización del sector energético (Santoyo-Castelazo *et al.*, 2014).

Actualmente la sociedad se encuentra más consciente y preocupada por los impactos ambientales que ocurren a nivel global (Muro y Fernández de la Oz, 2013). En el caso del gas natural, se ha observado que la electricidad generada por las centrales de ciclo combinado, presenta costos totales mayores respecto a la salud humana y externalidades ambientales, en comparación con la energía eólica. (McCubbin y Sovacool, 2013).

Para revertir el impacto ambiental producido por la generación de electricidad se han implementado centrales eléctricas que emplean fuentes renovables de energía. La energía eólica es una fuente de energía renovable, limpia, abundante y con un alto potencial a nivel global. Para transformar la energía eólica en electricidad se construyen parques eólicos. Un parque eólico (central o granja eólica) es el sitio donde se instala un grupo de turbinas eólicas para generar electricidad. En los últimos años, la demanda mundial de energía renovable, principalmente la energía eólica, ha aumentado (Kumar *et al.*, 2016).

En México, desde hace más de 10 años se han ejecutado mecanismos a través de la CFE para aumentar la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables con la participación de inversión privada. Entre las fuentes de energía renovables, la energía eólica ha tenido el cambio más dramático, al pasar de 85 MW de capacidad instalada en el año 2008 a 2100 MW en el año 2014 (Arreola, 2014). Actualmente a nivel nacional se han instalado cerca de 2551 MW de energía eólica y se espera que esta cifra llegue a 12 000 MW en el periodo de 2020-2022 (AMDEE, 2014). La Prospectiva de Energías Renovables 2013-2027 pronostica que a partir del año 2016 la generación de electricidad a partir del viento alcanzará los 21.5 GWh/año, resultado de la participación de nuevos proyectos considerados en la temporada abierta. Así mismo se espera que para el año 2027 la generación de energía eólica alcance los 33 GWh/año, lo que representaría un crecimiento de alrededor de 500 por ciento respecto al año 2013 (SENER, 2013b).

Sin embargo los parques eólicos también presentan algunos inconvenientes como la contaminación acústica, el impacto en el paisaje y efectos negativos en la vida silvestre (Saidur *et al.*, 2011; Sheppard, *et al.*, 2015). En México la energía renovable y de la energía eólica en especial constituye “una alternativa tecnológica que debe beneficiar y hacer partícipes, a las comunidades y poblaciones que aportan sus recursos y territorios para generar energía”(Nahón, 2015: 30) estas son unas de las cuestiones que se abordan en esta investigación.

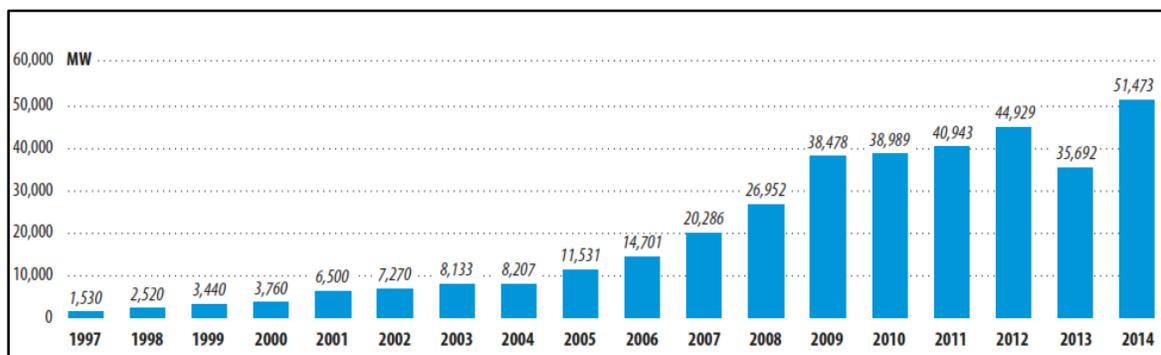
CAPÍTULO I LA PROBLEMÁTICA DE LA ENERGÍA EÓLICA

1.1 Antecedentes

De acuerdo con datos del Global Wind Energy Council, el 2014 fue un año récord para la industria eólica. La capacidad eólica instalada (gráfica 1.1) alcanzó la cifra de 50 GW por primera vez. Incorporándose más de 51 GW de capacidad a la línea, lo que representó un significativo aumento en comparación con el año 2013, cuando la capacidad global instalada era de poco más de 35.6 GW. La cifra récord anterior fue establecida en el 2012, cuando a nivel mundial se instalaron más de 45 GW de nueva capacidad. El total mundial a finales de 2014 fue de 369.9 GW instalados (GWEC, 2014).

Adicionalmente a la capacidad instalada en el 2014 las inversiones totales en el sector de la energía limpia alcanzaron un máximo de 310 billones de dólares (277 billones de euros). La inversión en el sector eólico a nivel mundial se incrementó 11 por ciento, con una cifra récord de 99.5 billones de dólares durante el año. En los años 2013-2012, respectivamente, la inversión fue de 80.3 billones de dólares y de 80.9 billones de dólares (GWEC, 2014).

Gráfica 1.1 Evolución de la capacidad instalada de la energía eólica a nivel mundial (GWEC, 2014)



Con la finalidad de impulsar el uso de la energía eólica diversos países han optado por estrategias diferentes para fomentar la expansión del sector. De acuerdo con Regueiro *et al.*, (2010) en Dinamarca y Japón e incipientemente en España se ha implementado un esquema de desarrollo de proyectos eólicos que incorpora a la sociedad como socios del proyecto. Este modelo ha posibilitado y promovido la participación ciudadana, así mismo, ha ampliado las ventajas sociales de la energía eólica. Según Galdos y Madrid (2009) la expansión de la energía eólica no solo contribuye a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), también constituye un factor para incrementar el número de empleos a nivel local. En España varias

zonas rurales han sido las más favorecidas por la industria eólica, pues ha generado empleo en la región y diversificado el tejido productivo. Sin embargo, el crecimiento exponencial que ha experimentado la energía eólica en los últimos años, también ha sufrido una serie de conflictos. “Como cualquier otro proyecto, la implementación de un parque eólico depende de la gestión territorial, específicamente del sitio donde se localiza el potencial eólico. Por esta razón, la complejidad de los proyectos de energía eólica se vuelve más significativa debido a la naturaleza también compleja del territorio” (Vázquez, 2013: 16). De acuerdo con Lejano *et al.*, (2010); Nahmad, (2011); Obermeyer *et al.*, (2011); Pasqualetti, (2011); Vázquez, (2013); Juárez-Hernández y León, (2014); Cruz, (2015) y Pérez-Huesca, *et al.*, (2016) existe una problemática en torno a la energía eólica predominantemente relacionada con aspectos sociales, ambientales y económicos entre los que destacan:

- Los bajos beneficios sociales y económicos derivados de la renta del territorio.
- La baja aceptación social hacia este tipo de proyectos; principalmente en sitios donde han ocurrido conflictos por el cambio en el tipo de uso de suelo.
- Expresiones de preocupación por los impactos en el ambiente y en la cultura a raíz de la construcción de parques eólicos.
- Una escasa aplicación de mecanismos de consulta e instrumentos jurídicos que garanticen la conservación del ambiente y sus componentes.
- Una baja o nula difusión de la información en torno a los beneficios y los impactos negativos de la energía eólica.

El primer parque eólico del país se construyó en 1994 en el estado de Oaxaca, en el ejido “La Venta”, municipio de Juchitán de Zaragoza. El parque se equipó con siete aerogeneradores de 225 kW cada uno. En el año 2000, el gobierno de Oaxaca con el apoyo del Instituto de Investigaciones Eléctricas organizó un coloquio internacional cuyo objetivo fue promocionar la energía eólica y las oportunidades de inversión en esa entidad. A partir de ese momento los proyectos de energía eólica experimentaron un crecimiento considerable en el estado (Juárez-Hernández y León, 2014). Sin embargo, a pesar del crecimiento del sector, los parques eólicos no han constituido un factor concreto de desarrollo socioeconómico para el estado de Oaxaca. La mayoría de los proyectos eólicos siguen el esquema implementado en La Venta, donde los beneficios se han concentrado a nivel individual para los contratantes, y no en un beneficio colectivo para la localidad (Racilla, 2013). Para el caso de Oaxaca, esto tiene implicaciones muy

importantes, ya que la propiedad ejidal o comunal, ocupa 7 359 680 hectáreas equivalente a 78 por ciento de la superficie total del estado. De acuerdo con la SEDATU (2012) en Oaxaca existe un total de 1564 núcleos agrarios, de los cuales 850 son ejidos y 714 comunidades. Así mismo, la composición indígena del estado es muy grande, con alrededor de 929 692 hablantes de alguna lengua indígena (INEGI, 2010a).

En este sentido, Vázquez (2013) resalta la importancia de emplear herramientas para apoyar la toma de decisiones y facilitar el proceso de decisión en la gestión del territorio y de los sitios con potencial eólico. Así mismo, Pérez-Huesca *et al.*, (2016) señalan que las comunidades locales deben ser consideradas en el proceso de planificación y desarrollo de este tipo de proyectos en todo el mundo. Aunado a esta condición, en México existe la necesidad de una política nacional y regional, así como de una planificación participativa *in situ* más comprensible.

La situación del estado de Baja California es muy distinta a la de Oaxaca, ya que se cuenta con un potencial eólico menor, asimismo, la población indígena autóctona del estado también es menor. El desarrollo eólico es incipiente, con un solo proyecto superior a los 10 MW de capacidad instalada. El primer parque con una capacidad instalada mayor a 2 MW fue el parque eólico estatal La Rumorosa I (con cinco turbinas de 2 MW) instalado en Tecate, Baja California. Este parque en 2013 generó 24 441 542 kWh/año equivalente a 24.44 GWh/año. La electricidad producida es suficiente para proveer el 80 por ciento del alumbrado público de Mexicali (Comisión Estatal de Energía, 2013). Recientemente se construyó el parque eólico Energía Sierra Juárez, sin embargo la electricidad generada es de exportación.

En este sentido, se espera que los recientes cambios de la legislación en materia energética modifiquen el panorama energético en México, especialmente en la generación de electricidad. En el 2014 se publicó la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), esta ley permite a los inversionistas privados participar en la generación, comercialización, transmisión y distribución de electricidad, en condiciones de libre mercado. Sin embargo, un aspecto que resalta es que únicamente el Usuario Calificado podrá comprar electricidad a productores privados distintos a CFE (Gaxiola, 2014). El usuario calificado es un Usuario final que cuenta con registro ante la CRE para adquirir el Suministro Eléctrico como Participante del Mercado o mediante un

Suministrador de Servicios Calificados (LIE, 2014). Estas nuevas reglas abren la puerta a la desregulación del sector, esperando con ello una mayor inversión.

La apertura del mercado eléctrico busca promover el crecimiento del sector energético a través de la participación de los privados en el sector. El esquema anterior no permitía vender energía a clientes distintos a CFE, lo cual aumentaba los riesgos de inversión y concentraba los beneficios de la participación privada en pocos actores. Los privados únicamente podían vender la energía mediante el esquema de autoabastecimiento y cogeneración, pero eran capacidades reducidas (Cruz, 2013). Aunque el esquema para participar en el sector eléctrico ahora es más flexible, el Estado seguirá manteniendo la rectoría, la planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y la exclusividad del servicio público de la transmisión y distribución de la electricidad, pero sin perjuicio de que pueda celebrar contratos con particulares para vender la energía eléctrica que generen (Cruz, 2013; Muciño, 2014).

La Ley de la Industria Eléctrica (2014: 3-46) en el artículo 3, define a las “Energías Limpias” como aquellas fuentes o procesos de generación de electricidad que producen pocos residuos o emisiones, mientras que en el artículo 116 las incluye como parte de las fuentes de energía que se utilizarán para suministrar electricidad a las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas al menor costo para el país, en congruencia con la política energética prevista para el desarrollo del sector eléctrico y promoviendo el uso de las Energías Limpias. Esta política concuerda con las observaciones de Studer *et al.*, (2014), quienes argumentan que el uso de fuentes de energía renovable puede facilitar la descentralización del sistema energético y contribuir a incrementar el acceso a la energía en áreas rurales.

Por otra parte, según Goldthau (2011) la seguridad energética es el suministro confiable de energía a precios asequibles. En este sentido, la producción de energía basada en combustibles fósiles amenazan seriamente el clima del planeta, por lo tanto la seguridad energética está estrechamente relacionada con cuestiones de política energética como proveer un acceso equitativo a fuentes modernas de energía y la mitigación del cambio climático. Según el *World Energy Council* (2013) la sostenibilidad energética descansa en tres dimensiones básicas: la seguridad energética, la equidad social y la mitigación del impacto ambiental. Con respecto a lo anterior, la Secretaría General de la Organización de las Naciones Unidas y el Grupo Asesor sobre Energía y Cambio Climático (2010) declararon que es necesario incrementar el acceso a

fuentes confiables y modernas de energía con el propósito de reducir la pobreza y promover la salud de los ciudadanos, incrementando al mismo tiempo la productividad, maximizando la competitividad y promoviendo el crecimiento económico.

Los estudios mencionados concuerdan con el Gobierno de Baja California (2014) el cual plantea que para fomentar la competitividad del sector energético de México en general y de Baja California en particular, se debe promover un esquema diversificado con fuentes de energía renovable para la generación de electricidad, inversión privada para construir nuevas centrales eléctricas y personal técnico capacitado para la operación y el mantenimiento. Así mismo, el Gobierno de Baja California (2015) establece como una de sus prioridades en materia energética asegurar el abasto mediante la planeación, la diversificación de las fuentes de generación, promover el ahorro y la eficiencia energética. En este sentido, el aislamiento del SEN de Baja California, el potencial de los recursos energéticos renovables que existe en la región y la creciente demanda por parte de los sector productivo y doméstico resaltan la importancia de aprovechar de manera sostenible las fuentes de energía renovable en la entidad.

Sin embargo, como resalta Quintanilla-Montoya y Espejel (2003), es necesario hacer énfasis en que los sistemas de generación de electricidad deben de adaptarse para responder a las necesidades de los consumidores finales. Gutiérrez (2001) señala que las fuentes renovables de energía tendrán pocas posibilidades de desarrollo mientras continúen los subsidios a las tarifas eléctricas, limitando sus aplicaciones a proyectos piloto y más enfocados en aspectos de investigación y desarrollo en lugar de la aplicación masiva de este tipo de proyectos. En este sentido, la reciente reducción a las tarifas eléctricas se ha traducido en una falta de compradores de energía para proyectos privados. Por lo que las empresas buscarán renegociar sus contratos o continuarán esperando a que las tarifas bajen más, lo que puede traducirse a una pérdida de clientes para los proyectos de energía renovable y en un mayor tiempo de retorno de la inversión (Acosta, 2015).

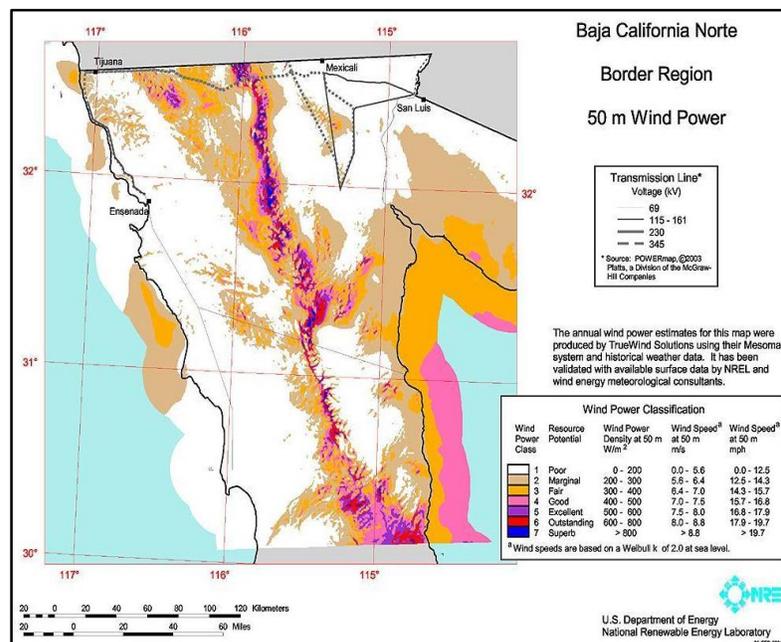
Otra de las aristas de la problemática en torno al tema energético tiene que ver con la cobertura del servicio eléctrico, especialmente en un estado como Baja California, con poca densidad de población fuera de la franja fronteriza. De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2015-2029), al cierre del año 2014 el país tenía una cobertura del servicio eléctrico del 98.43 por ciento, es decir 119 969 191 habitantes contaban con el

servicio de electricidad mientras que 1.57 por ciento, es decir 1 917 774 habitantes de la población no contaba con el servicio (SENER, 2015). En algunos sitios se dificulta y encarece la construcción de redes de distribución eléctrica convencionales, principalmente por la escasa infraestructura carretera y por el patrón sumamente disperso de las viviendas. En estos lugares los proyectos de energías renovables a pequeña escala pueden ser funcionales si son implementados con tecnologías sostenibles, versátiles y razonablemente económicas (Gutiérrez, 2001; Zahnd y Kimber, 2009).

Por otro lado, aunque Baja California cuenta con el potencial para producir electricidad a partir del recurso eólico (Quintero-Núñez *et al.*, 2006; Quintanilla-Montoya, 2015), sólo la parte Norte del estado está a un nivel de desarrollo suficientemente elevado para permitir la implementación de un parque eólico mayor a 10 MW.

De acuerdo con las estimaciones hechas por el *National Renewable Energy Laboratory* el potencial eólico anual (imagen 1.1) para Baja California es de bueno a excelente (NREL, 2004).

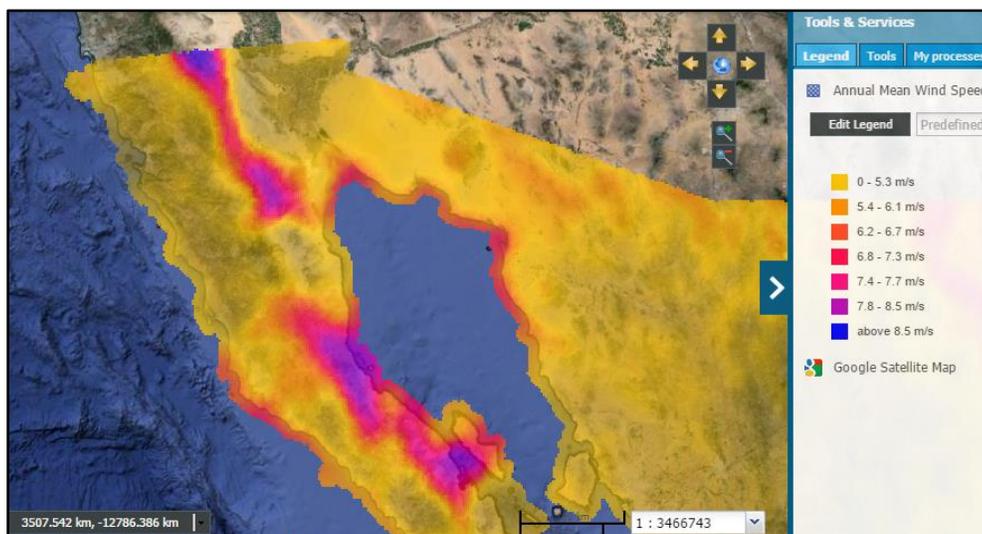
Imagen 1.1 Potencial eólico anual a una altura de 50 m (de NREL, 2004)



En concordancia con estas estimaciones, en esta región existen sitios idóneos para generar electricidad aprovechando el viento, especialmente en las serranías, en las que se han reportado rangos de velocidad media anual de 6.8 a 8.5 m/s de acuerdo con *The Global Atlas for*

Renewable Energy (imagen 1.2) (IRENA, 2015). De forma más local, según datos del INERE (2015b), el municipio de Tecate cuenta con un potencial de generación de electricidad estimado en 1200 GWh/año, mientras que el municipio de Ensenada cuenta con 89 GWh/año. Por ahora Tecate es el sitio con mayor factibilidad para el crecimiento eólico, principalmente por su potencial eólico privilegiado y por su cercanía con grandes centros poblacionales.

Imagen 1.2 Velocidad media anual del viento en Baja California (de IRENA, 2015)



1.2 Planteamiento del problema

Las fuentes de energía renovable poseen la ventaja de estar disponibles localmente, son sostenibles a largo plazo y las tecnologías no contaminan durante su operación. Sin embargo, presentan algunos inconvenientes, según el tipo de fuente considerada. Los parques eólicos, por ejemplo, tienen un impacto importante en el paisaje y en la avifauna (Foster *et al.* 2010). En el cuadro 1.2 se comparan algunas de las ventajas y desventajas técnicas de las principales sistemas de conversión y las fuentes de energía renovable.

Cuadro 1.2 Ventajas-desventajas de los sistemas de energía renovable (de Li *et al.*, 2015)

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> Facilidad para evaluar el recurso Fácil de modular* Fácil de instalar Impacto social bajo Fácil de ampliar Período de construcción corto 	<ul style="list-style-type: none"> Baja eficiencia Alto costo Bajo factor de carga** No es resistente a la intemperie Alto uso de suelo (superficie)

Eólica	Bajo costo Facilidad para evaluar el recurso Fácil de modular Fácil de instalar Impacto social medio-bajo Fácil de ampliar Período de construcción bajo	Bajo factor de carga No es resistente a la intemperie Alto uso del suelo (superficie)
Hidráulica	Alta eficiencia Bajo costo Factor de carga de gran capacidad	Alta inversión inicial Tiempo de construcción largo Tiempo de recuperación de la inversión largo
Geotérmica	Eficiencia media-alta Factor de carga de gran capacidad Costo bajo-medio Resistente a la intemperie	Alta inversión inicial Tiempo de recuperación de la inversión largo Tiempo de construcción largo Difícil de evaluar el recurso Difícil de modular

Nota: *Se aplica al objeto que está formado por varias partes que se pueden separar. **El factor de carga es la relación entre el consumo durante un periodo de tiempo determinado y el consumo que habría resultado de la utilización continua de la potencia máxima contratada durante ese período. Es decir, es un número que nos indica el porcentaje de utilización de la potencia contratada durante un mes o un año (Minifectura, s/a).

Hasta la fecha los proyectos de energía eólica en Baja California no han presentado contratiempos en su gestión y se podría decir que se está fomentando el aprovechamiento de la energía eólica como parte de la política pública ambiental (SEMARNAT, entrevista, 2015). Sin embargo, de acuerdo con la literatura consultada, en el país existe una tendencia hacia la desarticulación de los proyectos de energía eólica y el desarrollo sostenible. Por ejemplo, de acuerdo con Racilla (2013), en La Venta la derrama económica a raíz de la energía eólica ha producido una diversificación del tejido social mediante la promoción del comercio y las actividades agropecuarias, pero el crecimiento del número de proyectos de energía eólica desarrollados en el estado no ha incidido en otras dimensiones del desarrollo más allá del beneficio económico.

Esta problemática señala la importancia de investigar los criterios que pueden contribuir a fomentar el desarrollo sostenible, impulsado por proyectos de energía eólica. Entre los factores que se deben tomar en cuenta para los proyectos de energía eólica se encuentra la localización del proyecto. Cuando esta localización no es la idónea, puede provocar efectos negativos en la fauna silvestre como un incremento en la mortalidad y la fragmentación del hábitat. Estos riesgos pueden ser atenuados, en parte mediante una adecuada localización y mediante la implementación de medidas de mitigación (Obermeyer *et al.*, 2011). Parte de la problemática

en relación con el uso y la gestión del suelo, gira en torno a las denuncias interpuestas por la celebración de contratos ventajosos y el despojo de tierras para llevar a cabo proyectos de energías renovables, producir vino o extraer minerales (Cruz, 2015; Heras, 2015). Estas irregularidades, y otros conflictos como el incumplimiento del derecho a la consulta, han sido promovidos por grupos empresariales y empresas públicas como la CFE, y se han suscitado principalmente en propiedades indígenas y ejidales. En esta problemática se han visto involucradas instituciones gubernamentales que regulan la tenencia y el uso del territorio como la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y la Procuraduría Agraria (Cruz, 2015; Heras, 2015), las cuales no han logrado garantizar el estado de derecho.

Los proyectos de energía eólica en Baja California se encuentran en expansión. Además del parque estatal La Rumorosa I, ya mencionado, en la región de La Rumorosa se encuentra un proyecto del sector privado, el parque eólico “Energía Sierra Juárez”, el cual entró en operación en junio de 2015. El parque actualmente cuenta con un capacidad instalada de 155 MW, y se compone de 47 aerogeneradores de 3.3 MW de capacidad instalada cada uno (IEnova, 2015). La Comisión de Reguladora de Energía (CRE, 2014) proyecta la construcción de otros tres proyectos eólicos para Baja California (cuadro 1.3).

Cuadro 1.3 Prospectivas de crecimiento del sector eólico en Baja California (basado en CRE, 2014)

Proyecto	Permisionario	Capacidad	Localización
Sierra Juárez	Exportación (Sin conexión a CFE)	156 MW	La Rumorosa
La Rumorosa I y II	Productor Independiente	200 MW	La Rumorosa
La Rumorosa III	Productor Independiente	100 MW	La Rumorosa

Para lograr que los nuevos proyectos de energía eólica se desarrollen de manera sostenible y que los beneficios de estos proyectos se reflejen en la calidad de vida de los pobladores de las zonas de desarrollo, es crucial conocer e incorporar la percepción de los habitantes, sus necesidades y el conocimiento de su entorno dentro de los programas o proyectos que promueven fuentes de energía alternativas. De este modo, es más probable que también se consiga la aceptación social de los proyectos (Quintanilla-Montoya y Espejel, 2003).

En este trabajo, se evaluaron y analizaron los criterios de sostenibilidad identificados en la literatura y durante el trabajo de campo. Durante la investigación se identificaron diversos

indicadores que permitieron evaluar criterios sociales, ambientales, económicos, técnicos y ecológicos. El área de estudio se limitó a la región de La Rumorosa, municipio de Tecate. Los sitios de estudio correspondientes se eligieron con base en el potencial eólico, las perspectivas de desarrollo de proyectos eólico y con base en la operación de los parques eólicos comerciales: La Rumorosa I y Energía Sierra Juárez.

1.3 Preguntas de investigación

- ¿Cómo se ve impactada la viabilidad de los proyectos eólicos de acuerdo con los criterios técnicos y ambientales en el norte del estado de Baja California?
- ¿Qué importancia tienen los diferentes criterios sociales, ambientales y económicos para la construcción de centrales eólicas y el desarrollo sostenible en el área de estudio?
- ¿Qué criterios socioeconómicos del desarrollo sostenible son los que tienen mayor influencia en la aceptación y el posible impacto económico de este tipo de proyectos?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar los criterios espaciales, sociales, ambientales y económicos en la región de La Rumorosa, municipio de Tecate, para fomentar el desarrollo sostenible a través de proyectos de energía eólica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar los atributos espaciales y criterios de sostenibilidad de los sitios de estudio mediante la implementación de un análisis multicriterio.
- Estimar el grado de aceptación social de la energía eólica en dos sitios en el norte del estado de Baja California.
- Sugerir propuestas de desarrollo sostenible a partir de la evaluación de los indicadores de sostenibilidad.

1.5 Justificación

La energía eólica es una fuente de electricidad limpia, inagotable y posiblemente ayude a satisfacer las necesidades de la sociedad sin dañar a las generaciones futuras (Álvarez, 2006; Welch y Venkateswaran, 2009). Así mismo, al utilizar esta fuente de energía como alternativa a fuentes fósiles, se reduce la contaminación atmosférica; y por lo tanto se reduce el impacto

que tiene la contaminación del aire en la salud humana (McCubbin y Sovacool, 2013; Studer *et al.*, 2014) y finalmente contribuye a mitigar el cambio climático (Snyder y Kaiser, 2009; Karakosta *et al.*, 2013; Studer *et al.*, 2014). En la operación de las centrales eólicas no se generan residuos peligrosos, no se emiten gases como dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), o partículas sólidas a la atmósfera. Los dióxidos de azufre y los óxidos de nitrógeno tienen una importante incidencia en la salud humana, mientras que el dióxido de carbono es uno de los principales gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera. Todos estos atributos de la energía eólica representan importantes ventajas ambientales y socioeconómicas sobre otras formas de energía (Álvarez, 2006; Xue *et al.*, 2015).

En este sentido, en México existen leyes que buscan minimizar las emisiones de GEI a corto plazo. De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático (LGCC) en el año 2020-2050, respectivamente, se debe disminuir 3 por ciento de las emisiones, respecto a la línea base y 50 por ciento en relación con las emitidas en el año 2000 (LGCC, 2012). La Ley para el Aprovechamiento de la Energía Renovable y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) establece que se fijará como meta una participación máxima de 65 por ciento de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024 (SENER, 2013a).

Por otro lado, la Ley de la Transición Energética (LTE) promulgada en diciembre de 2015 derogó a la LAERFTE, pero retoma la meta de limitar la generación de electricidad con hidrocarburos. El objeto de la LTE de acuerdo con el artículo 1 es “regular el aprovechamiento sustentable de la energía así como las obligaciones en materia de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos” (LTE, 2015: 1). La LTE establece los institutos y mecanismos para incentivar la producción de electricidad a través de fuentes de energía renovable, sin embargo, prácticamente el único instrumento para llevar a cabo este propósito son los Certificados de Energía Limpia. La LTE establece las metas de 25 por ciento de generación limpia de energía para el año 2018 y 35 por ciento para el año 2024 (Muciño, 2015; Ibarra, 2016). Entre los propósitos relacionados con la promoción de fuentes de energía renovable la LTE prevé el incremento gradual de la participación de los distintos tipos de fuentes de energía limpia en la industria eléctrica para alcanzar las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y reducción de emisiones (LTE, 2015).

A pesar de los beneficios ambientales que se lograrían con la transición hacia la generación de electricidad con energía eólica, en México existe una problemática en torno a los proyectos eólicos relacionada con aspectos sociales. Esta problemática se ha manifestado principalmente en Oaxaca. Según Lejano *et al.*, (2010) los problemas más importantes en torno a la energía eólica se relacionan con la imposición de proyectos y la fragmentación del tejido social. El impacto social, junto con el crecimiento actual de los proyectos eólicos en Baja California, aportan argumentos para explorar cuáles son los puntos clave para que el crecimiento del sector eólico en la entidad se lleve a cabo de una manera acorde con los criterios de sostenibilidad.

1.6 Hipótesis

Los beneficios socioeconómicos son el factor más importante para fomentar el desarrollo sostenible local a través de proyectos de energía renovable.

1.7 Estructura de la tesis

El documento se estructura de la siguiente manera, en el Capítulo I Problemática de la energía eólica se aborda el problema que concierne a la investigación como los impactos sociales y ambientales de la energía eólica, se documenta la oposición social hacia este tipo de proyectos y los indicios de esta problemática en Baja California. En el Capítulo II se describe el marco teórico-conceptual empleado, se definen las dimensiones del desarrollo sostenible y los criterios de sostenibilidad. Así mismo, se revisan las investigaciones que se han hecho del objeto de estudio y de la herramienta de análisis. En el Capítulo III se detalla las perspectivas de crecimiento de la energía eólica en México y en Baja California. Se hace referencia a los parques eólicos que actualmente se encuentran operando en el estado, asimismo, se toca el tema del cambio climático y su relación con la generación de electricidad. En el Capítulo IV se describe la estrategia metodológica, se señala cómo se incorporaron las categorías de análisis en el cuestionario, cómo se llevó a cabo la operacionalización de las variables, la manera en que se diseñaron los instrumentos de recolección de datos y por último los resultados del trabajo de campo. En el Capítulo V se presentan los principales hallazgos de la investigación, se discuten los resultados obtenidos y se realizan sugerencias para trabajos futuros. Por último, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL

2.1 Introducción

De acuerdo con Jacobson y Delucchi (2011) las barreras para abastecer el consumo energético a nivel mundial (ya sea para generación eléctrica, transporte, calefacción/refrigeración, etcétera) con fuentes de energía renovables, son principalmente de carácter social y político y no económicas o tecnológicas. La implementación de sistemas de energía eólica, undimotriz (a partir del oleaje), mareomotriz (a partir de las mareas), geotérmica, hidroeléctrica, solar fotovoltaica y de concentración solar reduciría en gran medida la contaminación del aire y el calentamiento global. En este sentido, para conseguir de manera eficaz la sostenibilidad en el sector eléctrico se debe abastecer a la humanidad con la energía suficiente para cubrir sus necesidades mediante la producción de electricidad barata, de forma segura y reduciendo las emisiones de GEI. Para ello se requiere incrementar la producción energética usando fuentes alternativas a los combustibles fósiles tradicionales (Pappas *et al.*, 2012).

Para evaluar esta sostenibilidad Varun *et al.* (2009a) han utilizado los indicadores de costo de generación de electricidad, emisión de GEI y tiempo de retorno energético. El equipo ha concluido que los parques eólicos son los sistemas energéticos más sostenibles, por ser menos contaminantes y ser más viables para la generación de electricidad en comparación con los sistemas de energía solar fotovoltaica, solar térmica y minihidráulica. En otro trabajo, Varun *et al.*, (2009b) comparan las emisiones de GEI para generar electricidad a partir de sistemas energéticos convencionales y renovables (cuadro 2.4), con base en el ciclo de vida de estos sistemas. Encontraron que la energía hidráulica y eólica son las que producen la menor cantidad de emisiones de CO₂ por unidad generadora de electricidad.

Cuadro 2.4 Emisiones de los sistemas convencionales y de energía renovable (de Varun et al. 2009b)

Sistemas convencionales		Sistemas de energía renovable	
Sistema	g-CO ₂ / kWh	Sistema	g-CO ₂ / kWh
Carbón	975.3	Viento	9.7-123.7
Diésel	742.1	Energía solar fotovoltaica	53.4-250
Gas	607.6	Biomasa	35-178
Nuclear	24.2	Solar térmica	13.6-202
		Hidráulica	3.7-237

El análisis de ciclo de vida es una técnica que evalúa el impacto ambiental potencial de un producto a lo largo de su ciclo de vida. Sin embargo, los resultados de este análisis dependen en gran medida de los aspectos que se incluyen y de la forma en que se hace el análisis, así como de los coeficientes de ponderación que se utilizan en el mismo (Guinee, 2001 en Tabassum-Abbasi *et al.*, 2014). Por ejemplo, según Davidsson *et al.*, (2012) existen discrepancias relacionadas con la forma en que los métodos de análisis de ciclo de vida evalúan el rendimiento energético y el impacto ambiental de la energía eólica, así como la forma de afrontar el consumo de recursos naturales y el agotamiento de recursos, por lo que es recomendable estandarizar los métodos y cálculos empleados en las aplicaciones para analizar el impacto de la energía eólica. A pesar de estos inconvenientes, el análisis de ciclo de vida es una herramienta útil para entender e intervenir en la gestión e impacto ambiental asociado con la generación de productos, procesos y servicios industriales (ISO, 2006). De acuerdo con la norma ISO 14040: 2006 el análisis de ciclo de vida contribuye en el alcance de los siguientes aspectos (ISO, 2006):

- Identificar las oportunidades para mejorar el rendimiento ambiental de los productos en los diferentes puntos de su ciclo de vida,
- Informar a los tomadores de decisiones en la industria, el sector gobierno y las organizaciones no gubernamentales (por ejemplo, para establecer prioridades en el diseño o rediseño de procesos y productos).
- Seleccionar indicadores pertinentes para el comportamiento ambiental, incluyendo las técnicas de medición.

En este sentido, Evans *et al.*, (2009) evaluaron la generación de electricidad mediante diferentes fuentes de renovable empleando los siguientes indicadores: el precio de la electricidad generada, la emisión de GEI durante el ciclo de vida completo de cada tecnología, la disponibilidad, la eficiencia en la conversión de la energía, la extensión requerida de suelo, el consumo de agua y el impacto social. Los resultados indican que la energía eólica es la que produce las menores emisiones de GEI, de las más eficientes y disponibles (únicamente superada por la hidráulica), y la de menor consumo de agua e impacto social. Sin embargo, presenta el inconveniente de requerir grandes extensiones de tierra y costos relativamente elevados, quedando en tercer lugar en la clasificación de sostenibilidad hecha por los autores, sintetizada en el cuadro 2.5

Cuadro 2.5 Clasificación de sostenibilidad de las fuentes renovables de energía (de Evans *et al.*, 2009)

	Fotovoltaica	Eólica	Hidráulica	Geotérmica
Precio	4	3	1	2
CO ₂ -equivalente	3	1	2	4
Disponibilidad	4	2	1	3
Eficiencia	4	2	1	3
Requerimientos de suelo	1	3	4	2
Consumo de agua	2	1	3	4
Impacto social	2	1	4	3
Total	20	13	16	21

Existe una amplia literatura respecto a las fuentes de energía renovable. En el cuadro 2.6 se resumen los trabajos revisados, los cuales analizan y comparan el desempeño ambiental, los costos y los beneficios de los diferentes sistemas energéticos renovables.

Cuadro 2.6 Investigaciones de las diferentes fuentes de energía renovable revisadas

Autor	Ubicación	Metodología	Resultados
Ciliberti <i>et al.</i> , 2016	Estados Unidos	Evaluación del ciclo de vida así como de la economía de proyectos para estimar y comparar la relación entre la superficie total perturbada y la electricidad producida en una hora ha/MWh, así como la rentabilidad de los proyectos eólicos y de digestión anaeróbica.	La energía e ingresos que se pueden generar por hectárea usando energía eólica es significativamente mayor que la que se logra generando energía por digestión anaeróbica.
Fthenakis y Kim, 2009	Estados Unidos / Alemania	Estimación de las necesidades en superficie de suelo normalizada requerida por los siguientes sistemas de energía: carbón, nuclear, gas natural, eólica, fotovoltaica, geotérmica, hidroeléctrica y biomasa. Comparación de la transformación del suelo y las matrices de ocupación de uso directo e indirecto mediante el análisis de ciclo de vida en las diferentes etapas. Para la evaluación del uso de suelo se emplea la transformación del suelo y una métrica de ocupación de uso directo e indirecto.	La estimación depende del sitio y la tecnología. En general, se observó que las centrales fotovoltaicas transforman menos de 500 m ² /GWh y tienen menos repercusiones en el suelo en comparación con las otras fuentes estudiadas. Además, eliminan la necesidad de remediar el suelo (como en el caso de las minas) o de eliminar residuos peligrosos. La energía eólica utiliza alrededor de 1000-2000 m ² /GWh.
Varun <i>et al.</i> , 2010	India	Evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de generación de energía eólica, fotovoltaica y minihidráulica empleando una figura de mérito, mediante el análisis comparativo de la energía total utilizada en la construcción, instalación y la generación de electricidad.	La figura de mérito indica que la energía eólica es la fuente de energía más sostenible para generar electricidad. Sin embargo, los valores de la figura de mérito son específicos del sitio y la tecnología.
Welch y Venkateswaran, 2009	Estados Unidos	Análisis a través del presupuesto de capital para evaluar la economía financiera de las inversiones en energía eólica.	Los hallazgos indican que la energía eólica está a punto de ser financieramente sostenible, incluso sin los incentivos fiscales del gobierno

West <i>et al.</i> , 2010	Reino Unido	Mediante la técnica cualitativa de grupos focales se obtuvo una imagen detallada de las cosmovisiones generales y los comentarios específicos de los encuestados sobre la energía renovable a través de la teoría cultural.	Los resultados sugieren que los beneficios de la energía renovable se pueden fomentar a partir de la adaptación de los elementos de la política energética y de la forma en que son entendidas y tomados en cuenta estos puntos de vista de la opinión pública.
Xue <i>et al.</i> , 2016	China	Análisis de ciclo de vida empleando como unidad funcional 1 kW/h de electricidad y las correspondientes cantidades de emisiones de CO ₂ y los contaminantes atmosféricos SO ₂ y NO _x generados por kW/h de electricidad como indicadores de desempeño ambiental.	Los parques eólicos alcanzaron un 1/40 del total de emisiones de CO ₂ . Si se reemplaza un sistema de producción de energía basado en carbón por un parque eólico, se reducen en un 97.48 %, 80.38 %, 57.31 % y 30.91 % las emisiones de CO ₂ SO ₂ , NO _x y PM ₁₀ , respectivamente.
Yang y Chen, 2016	-	Análisis de energía para cuantificar la presión ambiental, la eficiencia económica y la sostenibilidad de un sistema típico de energía eólica. El análisis toma en cuenta desde la extracción y el procesamiento de materias primas, así como la electricidad empleada en la elaboración del producto final, hasta el transporte de materiales, la construcción y la operación.	Los resultados indican que la energía eólica es una alternativa prometedora para sustituir los sistemas de generación de energía basados en hidrocarburos pues es la de menor intensidad de emisiones de GEI. Su baja eficiencia económica puede subsanarse reduciendo los costos de mantenimiento y empleando materiales de menor intensidad energética o reciclados para su construcción.

Finalmente Welch y Venkateswaran (2009), señalan que el avance tecnológico ha optimizado y abaratado los costos de producción en la industria eólica. Además, ante la volatilidad de los costos de la energía tradicional se pronostica que la política pública se encamine a incentivar el uso generalizado de la energía eólica. Incluso los proyectos eólicos serían viables sin la necesidad de recibir incentivos fiscales por parte del gobierno.

Por otro lado, la oposición pública a la instalación de los proyectos de energía renovable y el poco interés en su inversión constituyen los principales obstáculos para la expansión de este sector en El Reino Unido y otros países europeos (West *et al.*, 2010). Además de las restricciones económicas y ambientales a las que están sujetos los desarrollos de energía renovable que se reportan ampliamente en la literatura citada, en el caso de México las posibles restricciones sociales son cruciales y particularmente importantes. Sin embargo, los estudios de sostenibilidad a partir de proyectos eólicos para la región son escasos. Los estudios de Lejano *et al.*, (2010) y de Nahmad *et al.*, (2011) son un antecedente, ya que en ellos se reportan casos de proyectos eólicos en el estado de Oaxaca en los que los ejidatarios no fueron debidamente consultados, los contratos celebrados fueron opresivos y las cláusulas de restricción no se especificaron con claridad. Incluso, la mayoría de los agricultores que rentaron su territorio ni siquiera recibieron copias de los contratos. Los resultados de la investigación hecha por Nahmad

et al. (2011) muestran que la población local requiere mayor información, orientación y asesoría legal por parte del gobierno y de las empresas desarrolladoras para conocer las consecuencias y los impactos de los parques eólicos en las comunidades y no únicamente conocer el monto del pago por la renta del territorio.

En contraste con el caso de Oaxaca, en el estado de Baja California el desarrollo eoloeléctrico se ha dado hasta la fecha sin conflictos sociales. Sin embargo, la evidencia recabada en campo y en la literatura apunta hacia un escenario desarticulado de los criterios de desarrollo sostenible. En ese sentido, Huesca-Pérez *et al.* (2016) resaltan la importancia de aprender de las experiencias previas como un elemento clave para la gestión de futuros proyectos. A nivel local, la investigación puede ser útil para entender la actitud del público y para interpretar cómo se construye la aceptación social. Este argumento resalta la importancia de estudiar los sitios con parques eólicos y con perspectivas de desarrollo eólico en Baja California.

2.2 Análisis multicriterio para la toma de decisiones

El Análisis Multi-Criterio o Análisis de Ayuda a la Decisión Multicriterio (*Multi-Criteria Decision Analysis*, MCDA) son un conjunto de técnicas para asistir en el proceso de decisión con base en la ponderación y comparación de variables (criterios) que influyen de manera positiva o negativa sobre el objeto de estudio. Estas herramientas surgen como una metodología formalizada para contrastar la información técnica que se dispone y los intereses de los actores clave. Los métodos multicriterio resultan útiles para hallar posibles soluciones a los problemas de decisión, las cuales no son necesariamente óptimas, así como herramientas de apoyo en la toma de decisiones en diversos campos, incluyendo el ámbito ambiental (Huang *et al.*, 2011; Hermenegildo y Rueda, 2013). Con estos métodos se evalúan diferentes “acciones”, es decir, decisiones, alternativas o elementos, a través de diferentes criterios. Un criterio es un atributo asociado con cada acción, los criterios pueden ser cuantitativos o cualitativos y hacen posible el análisis entre las acciones (Visual PROMETHEE, 2013).

Los métodos de análisis multicriterio definidos como el “Proceso Analítico Jerárquico” AHP (*Analytic Hierarchy Process*), perteneciente a la familia de métodos multicriterio de “Valor con atributos múltiples” MAVT (*Multiattribute Value*). El método multicriterio DELTA perteneciente a la familia de métodos MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*), y el método multicriterio PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment*

Evaluation) perteneciente a la familia de los métodos *Outranking* (relaciones de superación o relaciones de preferencia), tienen un alto potencial de aplicación para la evaluación de proyectos de energía renovables, ya que permiten la participación de varios actores clave en el proceso de toma de decisión, son ampliamente aceptados por la sencillez de su fundamento matemático y los programas de cómputo que existen en el mercado son altamente intuitivos. La familia de métodos multicriterio *Outranking*, cuenta con métodos como ELECTRE I, II, III, IV, IS, TRI; PROMETHEE I, II; RÉGIMEN y NAIADE. En los métodos de relaciones de superación una acción es superior a otra, si la supera en suficientes criterios; si los criterios en los que es superior cuentan con la importancia suficiente (reflejo de la suma de los pesos de los criterios) y si la acción no es superada por otra o registra un rendimiento significativamente inferior en alguno de los criterios. Estos métodos informan sobre la incomparabilidad de acciones cuando los patrones de desempeño tienen estructuras fundamentalmente distintas (Stagl, 2007; Kurka y Blackwood, 2013).

De acuerdo con Huang *et al.* (2011), es importante que el método multicriterio elegido permita la participación de los diversos actores clave, cuente con una amplia aceptación, sea fácil de manejar y sencillo de comprender a la hora de realizar pruebas de robustez. Un método multicriterio es robusto cuando se aplican diversas metodologías multicriterio al mismo problema de decisión y las mismas acciones se mantienen en la parte superior de la clasificación, independientemente del método empleado (no obstante, la clasificación puede variar un poco). El método PROMETHEE posee estas características (Kurka y Blackwood, 2013). Así mismo, hay disponible en una versión gratuita para fines académicos.

El principio básico del método PROMETHEE se basa en la comparación por pares (*Pairwise*) de las acciones, para identificar la acción que supera o domina a las demás en los criterios empleados. Las acciones son evaluadas de acuerdo con los diferentes criterios, los cuales se deben minimizar o maximizar (Behzadian *et al.* 2010; Hermenegildo y Rueda, 2013). PROMETHEE tiene dos modalidades de clasificación de acciones, la parcial (PROMETHEE I) y la completa (PROMETHEE II), las cuales fueron desarrolladas por Jean-Pierre Brans y presentadas por primera vez en 1982 en la conferencia organizada por Nadeau y Landry en el Universidad Laval, Quebec, Canadá (Brans y Mareschal, 2005). De acuerdo con Behzadian *et al.*, (2010), la gestión ambiental es uno de los tópicos más comunes tratados con el método

PROMETHEE, con aplicaciones a gestión de residuos, análisis del ciclo de vida, evaluación de impacto ambiental y planificación del uso de suelo, entre otros. Respecto al tema energético, gran parte de los trabajos se han centrado en la selección y evaluación de fuentes generadoras de energía o aprovechamiento de fuentes alternativas. Los trabajos relacionados con la gestión energética se resumen en el cuadro 2.7.

Cuadro 2.7 Utilización del método PROMETHEE en la gestión energética (de Behzadian *et al.*, 2010)

Autores	Área
Chabchoub y Martel (2004)	Evaluación de doce vertederos nucleares.
Diakoulaki y Karangelis (2007)	Evaluación de cuatro escenarios para el desarrollo del sector de generación de energía.
Doukas et al. (2006)	Selección de tecnologías sostenibles para la generación de electricidad.
Georgopoulou et al. (1998)	Mantenimiento y aprovechamiento de fuentes de energía renovable.
Goletsis et al. (2003)	Clasificación de proyectos en el sector energético de Armenia (por grupos).
Goumas y Lygerou (2000)	Clasificación de esquemas de aprovechamiento de energía geotérmica alternativa.
Haralambopoulos y Polatidis (2003)	Clasificación de proyectos de energía renovable.
Hyde et al. (2003)	Evaluación de seis escenarios energéticos renovables.
Madlener y Stagl (2005)	Clasificación de grupos de tecnologías basadas en fuentes de energía renovable.
Madlener et al. (2007)	Clasificación de cinco escenarios energéticos renovables.
Pohekar y Ramachandran (2004a)	Planificación sostenible de energía.
Pohekar y Ramachandran (2004b)	Clasificación de cocinas con base en fuentes alternativas de energía.
Polatidis y Haralambopoulos (2007)	Categorización de las diferentes tecnologías para el desarrollo de un parque eólico.
Topcu y Ulengin (2004)	Selección de una alternativa de generación de electricidad adecuada.
Tzeng et al. (1992)	Evaluación de alternativas para el desarrollo de nuevos sistemas de energía.
Wolters y Mareschal (1995)	Evaluación económica para el desarrollo de una red de intercambiador de calor.
Zhou et al. (2006)	Análisis de decisiones en materia de energía y modelización ambiental.

Al respecto, según De Keyser y Peeters (1996) una de las condiciones para emplear el método PROMETHEE es que los tomadores de decisiones expresen sus preferencias por las acciones a través de los criterios. Por lo tanto, dado que este trabajo busca analizar e identificar las preferencias de los criterios de sostenibilidad, se eligió el método PROMETHEE II. El método se llevó a la práctica con el software Visual PROMETHEE el cual se describe con mayor detalle en el capítulo de la metodología.

Las principales funciones del método PROMETHEE (Visual PROMETHEE, 2013) son las siguientes:

- Evaluar un conjunto de alternativas de acuerdo con múltiples criterios, los cuales a menudo están en conflicto.
- Lograr un mayor consenso entre tomadores de decisión y actores clave, sobre todo cuando se presentan diferencias en puntos de vista.
- Ordenar las alternativas en clases predefinidas, por ejemplo, de la mejor a la peor.
- Ayudar en la visualización de los problemas de decisión o evaluación.
- Identificar la mejor decisión mediante justificaciones o validaciones objetivas.

Finalmente de acuerdo con Kurka y Blackwood (2013) seleccionar un método de análisis multicriterio para la toma de decisiones en el sector renovable es un reto debido a la multitud de participantes en la toma de decisiones. En el cuadro 2.8 se resumen los diversos métodos multicriterio así como la participación de actores clave en la toma de decisiones para la evaluación de proyectos de energía renovable.

Cuadro 2.8 Análisis multicriterio y sus aplicaciones (de Kuka y Blackwood, 2013)

Alcance	Método y ponderación	Características especiales	Participación de actores clave	Autor
Escenarios energéticos y análisis multicriterio participativo (AMCP)	Método SIMOS y PROMETHEE II	Combinación de escenarios y AMCP. Criterios e Indicadores (C&I) de rendimiento basados en evaluaciones del modelo, bases de datos existentes y evaluaciones de expertos.	El escenario implementado mejora el desarrollo de C&I (actores clave y expertos en energía). Los expertos y los grupos de interés evalúan y ponderan los C&I.	Kowalski <i>et al.</i> , 2009
Análisis multicriterio (MCA) para los sistemas de bioenergía	Proceso Analítico Jerárquico (AHP), DELTA, Novel Approach to imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE); SIMOS y PROMETHEE (Decision Lab)	Criterios para la selección del método de MCA. Análisis de sensibilidad sobre criterios e indicadores y ponderación de la evaluación de los resultados de desempeño	Actores clave y expertos participan en la ponderación de C&I y en la evaluación del desempeño.	Buchholz <i>et al.</i> , 2009
Valoración de escenarios energéticos - el uso de energía renovable	SIMOS y PROMETHEE (Decision Lab)		Involucramiento de los actores clave en el desarrollo de escenarios, ponderación de C&I, y discusión del resultado del AMC.	Madlener <i>et al.</i> , 2007

Desarrollo sostenible del sistema energético de una ciudad	MCA basados en la técnica síntesis de conjuntos fuzzy.		No	Jovanovic <i>et al.</i> , 2009
Escenarios de generación alternativa de energía	PROMETHEE	Comparación de Ayuda a la Decisión Multicriterio (MCDA) y Análisis de Costo-Beneficio (ACB)	Autoridades oficiales involucradas en el desarrollo de escenarios.	Diakoulaki, 2007
Aplicaciones de tecnología de energía a pequeña escala en los gobiernos locales	MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation TecHnique).	Las evaluaciones del desempeño combinan Análisis de Ciclo de Vida (LCA) y ACB (Incluyendo el cálculo del Valor Presente Neto)	Vecinos, expertos en energía y los miembros del consejo local participaron en la evaluación y ponderación de C&I de desempeño.	Burton y Hubacek, 2007
Evaluación de la aptitud territorial para colocar un digestor anaeróbico	AHP	Utilizando Sistemas de Información Geográfica determinan los sitios óptimos. Las evaluaciones de desempeño de la distancia se combinaron con los pesos obtenidos de la aplicación de AHP para los I&C.	No	Ma <i>et al.</i> , 2007

2.3 El desarrollo sostenible

Desde la publicación del informe Brundtland de 1987, la Cumbre de Río de 1992 y la Conferencia de las Naciones Unidas en Johannesburgo de 2002 el concepto de desarrollo sostenible (entendido como algo que puede mantenerse durante largo tiempo sin agotar los recursos o sin causar daños graves al entorno según la RAE, 2016) se ha establecido como un modelo para los procesos sociales y políticos. Así mismo, el concepto y su aplicación han sido discutidos por la comunidad científica y la sociedad en general (Schlör, *et al.*, 2015). En 1987 la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD) de las Naciones Unidas, presidida por doctora Brundtland, presentó el informe Nuestro Futuro Común también conocido como Informe Brundtland, en el que se difunde y acuña una de las definiciones más populares de desarrollo sostenible (UANL, 2014). Este informe surgió a partir de la solicitud hecha por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo de “Un programa global para el cambio”. En dicho programa la Asamblea General de las Naciones Unidas llamó a proponer estrategias ambientales a largo plazo para alcanzar el desarrollo sostenido para el siglo XXI. El informe Brundtland define el desarrollo sostenible como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (CMMAD, 1987:24).

Por otra parte, el desarrollo sostenible es definido como “una estrategia o modelo múltiple para la sociedad, que debe tener una viabilidad económica y una factibilidad ecológica”. La cual debido a su concepción multidisciplinaria es difícil de encasillar en modelos concretos y analíticamente claros (Carabias y Provencio, 1993: 7). De esta manera, no tiene sentido hablar de una “sustentabilidad ambiental o económica” pues las dimensiones que lo componen están interrelacionadas y no existe una definición única y válida, más bien la sostenibilidad debe definirse de manera local, tomando en cuenta la diversidad sociocultural y ambiental (Galván-Miyoshi *et al.*, 2008: 42).

Según Leff (2007: 21) “no se ha definido un sentido teórico y [discursivo] capaz de unificar las vías de transición hacia la [sostenibilidad]”. Sin embargo, a pesar de la vaguedad y diversas definiciones del concepto. El desarrollo sostenible constituye un enfoque que engloba los principios normativos, retomados de las vertientes que le dieron origen, es decir, una preocupación por la conservación del ambiente (Carabias y Provencio, 1993; Foladori, 1999). A pesar de esta discusión, los conceptos de sostenibilidad están integrándose paulatinamente en la mayoría de las disciplinas científicas e ingenieriles. Actualmente la ciencia y la ingeniería crean tecnología, por otro lado, los conceptos imperativos de sostenibilidad proporcionan desafíos y oportunidades. La sostenibilidad debe ser considerada para dirigir el desarrollo de políticas útiles, la educación, la manufactura de productos, el uso de la tecnología, los procedimientos de gestión y los principios éticos para proteger la salud humana, el bienestar, el ambiente, y las generaciones futuras (Duic *et al.*, 2015).

Según Perdan (2011) el progreso tecnológico ha sido una fuente de crecimiento económico en los últimos dos siglos. El progreso tecnológico pueden desempeñar un papel fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible, pues permite conciliar el desarrollo y la prosperidad económica con la conservación del ambiente, así como mejorar la calidad de vida y aportar beneficios a la salud, al conocimiento y el crecimiento económico. Para fines prácticos en la investigación se utilizará un enfoque similar al que proponen Perdan (2011:3) y la LGEEPA (2012: 3), respectivamente: “El desarrollo sostenible es un enfoque orientado hacia el desarrollo con la integración de la actividad económica procurando la protección del ambiente y en armonía con las preocupaciones sociales”. “El [desarrollo sostenible] es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social(...)”.

Finalmente, de acuerdo con Schlör, *et al.*, (2015) la tendencia del cambio climático, la pérdida de la diversidad biológica y la cantidad limitada de recursos fósiles son algunos aspectos a los que debería dirigirse el desarrollo de futuros sistemas de energía. Por lo tanto, el desarrollo sostenible está estrechamente ligado con los sistemas energéticos, pues estos también requieren la consideración de la dimensión social, ambiental y económica (Santoyo-Castelazo y Azapagic, 2014).

2.3.2 Dimensión ambiental

Desde la perspectiva ecológica, la población y la demanda total de recursos debe ser regulada para mantener la integridad de los ecosistemas y la diversidad biológica. Estos elementos sostienen la vida y las actividades de la humanidad, conservando la estabilidad dinámica de la biósfera (Harris, 2003; Priego, 2003). La lectura de este planteamiento no debe hacerse en torno a limitar el tamaño de la población, más bien se debe comprender que existe una capacidad de carga en los ecosistemas, la cual fluctúa en función del tamaño de la población, el consumo de los recursos y la tecnología empleada para el manejo y aprovechamiento de los recursos (Riechmann, 1995). De esta manera la dimensión ambiental abarca cuestiones relacionadas con el cuidado y la conservación de los recursos naturales.

2.3.1 Dimensión social

De acuerdo con el Informe Brundtland, “la satisfacción de las necesidades humanas y aspiraciones humanas es el principal objetivo del desarrollo” (CMMAD, 1987: 59). Así mismo, resulta necesario plantearse cómo distinguir esas necesidades básicas y deseos socialmente legítimos (Riechmann, 1995). Para responder este planteamiento algunos de los aspectos que se han tomado en cuenta en este trabajo son la satisfacción de las necesidades básicas de salud y educación, considerados como elementos cruciales del desarrollo e interrelacionados con la dimensión ambiental (Harris, 2003).

2.3.3 Dimensión económica

La dimensión económica debe tomar en cuenta el capital natural que compone todos los recursos naturales y los servicios ambientales del planeta, como los suelos y las funciones atmosféricas. La conservación del capital natural es esencial para la producción económica sostenible y la equidad entre generaciones. Los mecanismos de mercado no necesariamente son efectivos para

conservar el capital natural, por el contrario podrían contribuir a reducirlo y degradarlo (Harris, 2003). Así mismo, la dimensión económica debe tomar en cuenta que el crecimiento económico es un medio y no un fin para alcanzar sociedades libres, igualitarias, respetuosas de la vida y capaz de fomentar la generación de empleos dignos y de calidad (Diego, 2013).

2.4 Desarrollo local

De acuerdo con Rodríguez y Saavedra, (2008: 26) el desarrollo local significa “generar una estrategia basada en el potencial endógeno del territorio, con una fuerte y decidida participación de sus actores y agentes sociales, económicos y políticos, con una inyección de recursos financieros tanto locales como externos y que sea sostenible en el largo plazo”.

El desarrollo local es un concepto clave ya que en otras regiones la industria eólica ha fomentado el desarrollo, sin embargo, es necesario entender el desarrollo como un proceso más allá del crecimiento económico. Por lo tanto, se busca identificar los elementos que desde el punto de vista de los agentes sociales son importantes para conseguir tal desarrollo.

De acuerdo con Méndez y Lloret (2004: 4) el desarrollo local debe fomentar cuatro aspectos: la innovación, la capacidad emprendedora, la calidad del capital humano, la flexibilidad del sistema productivo y por último, según Rodríguez y Saavedra, (2008) el capital social. Para conseguir estos elementos se deben impulsar proyectos con una dimensión adecuada al contexto, que permitan la transformación progresiva del sistema económico local.

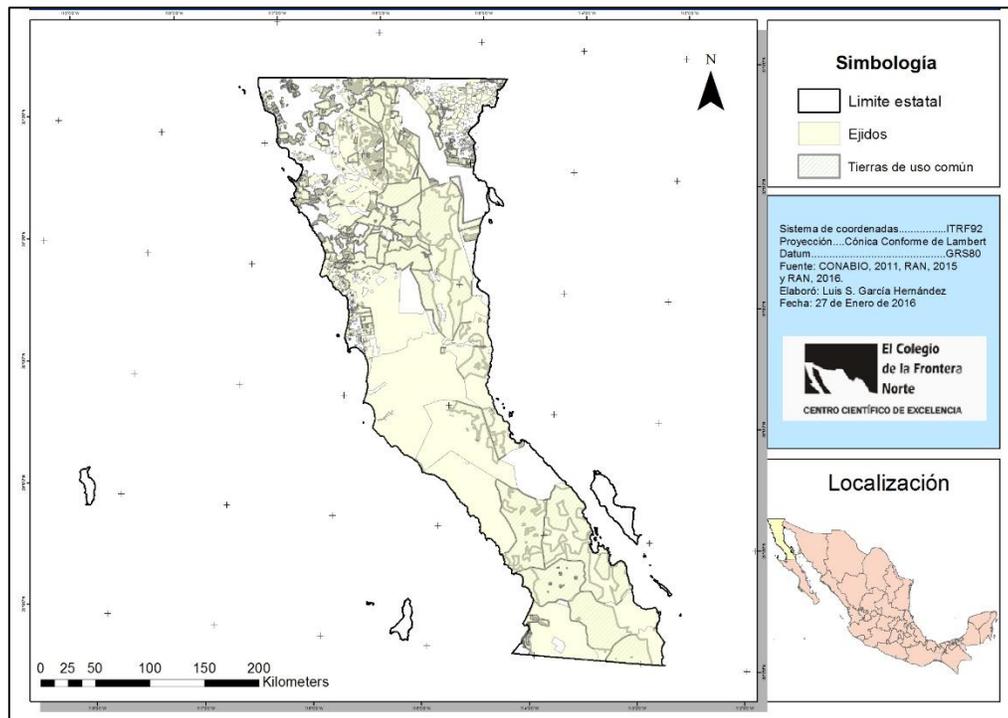
2.5 Aceptación social

De acuerdo con Vázquez y Corona (2012) conforme ha crecido el sector de la energía renovable, la competencia por tener una mayor participación en los mercados ha puesto en riesgo las alianzas de colaboración entre actores, surgiendo conflictos y acuerdos por el control del mercado. Así mismo, la maximización de las ganancias en el corto plazo ha mostrado que el sector de la energía renovable también puede hacer de lado el cuidado del ambiente y el bienestar social. En este sentido, en un estado como Baja California (ver mapa 2.1) donde la mayor parte del territorio se encuentra bajo régimen ejidal (RAN, 2015), es improbable pensar que las fuentes de energía renovable sean aprovechadas sin incluir la participación de los dueños del territorio.

La aceptación social es un concepto multidimensional compuesto de tres dimensiones la aceptación social y política, la aceptación de la comunidad y la aceptación del mercado. La

aceptación de la comunidad, es la aceptación expresa de los proyectos de energía renovable por parte de los actores locales, principalmente residentes y autoridades (Wüstenhagen *et al.*, 2007). La aceptación y el rechazo de la comunidad gira en torno a cuestiones relacionadas con la calidad ambiental a nivel local, la justicia y la confianza en las autoridades (Bronfman y López, 2011; Enevoldsen y Sovacool 2016). La aceptación comunitaria es la dimensión de la aceptación social que se explora en esta investigación, pues se considera como uno de los criterios fundamentales para que el sector de la energía eólica crezca sin problemas, pero al mismo tiempo genere un beneficio social. La aceptación social se evaluó a partir de las compensaciones para mantener la calidad del entorno, los beneficios sociales para la región y el impacto en el paisaje.

Mapa 2.1 Territorio ejidal en el estado de Baja California



2.6 Beneficio social

Actualmente los beneficios sociales se han vuelto más relevantes, ya que la transición energética hacia fuentes renovables requiere de un carácter social de la energía. Este carácter social es vinculante entre diversos actores y deviene en mayores beneficios para la sociedad y el ambiente (Vázquez y Corona, 2012). A nivel local y nacional puede haber una convergencia de intereses

entre compañías privadas, comunidades, consumidores y trabajadores siempre y cuando los actores sociales encuentren condiciones de beneficio mutuo y lleguen a instituir acuerdos que sean respetados (Ostrom, 2005 en Vázquez y Corona, 2012). El beneficio social evalúa la importancia de esa convergencia de intereses a través de la creación de fuentes de empleo más allá de la etapa de construcción de una central energética, así como mediante el acceso a servicios básicos, como el agua potable y la electricidad. La experiencia descrita por Zahnd y Kimber (2009) es útil para poner de relieve que el acceso a los servicios básicos como la electrificación es a menudo el comienzo clave para el desarrollo de una comunidad hacia un nivel de vida mejor. Generalmente las comunidades locales sin acceso al servicio eléctrico, identifican la iluminación, la cocina, la calefacción y el agua potable como sus principales necesidades para mejorar sus condiciones de vida.

2.7 Impacto en la cultura

La cultura abarca símbolos, significados, valores, instituciones, conductas y todos sus derivados. Caracterizando a una población humana, identificándose y distinguiéndose de las demás. Las culturas poseen, entre otros elementos: un sistema de valores que le dan significado a la existencia y un sistema de normas de conducta; una base compartida que incluye territorio común, historia, lenguaje, raza o antepasados y que identifica a las personas como miembro de un grupo; así como la voluntad o decisión de ser identificado como miembro de esa comunidad (Shanker, 1998 en Robles, 2003).

Los proyectos de energía renovable son elementos que tienen un impacto potencial en los valores socioculturales de la población. Los valores socioculturales representan las ideas abstractas (implícita o explícitamente) compartidas sobre lo que es apropiado en una sociedad (Finley-Brook y Curtis, 2011 en Pérez-Huesca *et al*, 2016). Este concepto es esencial para la aceptación social de un proyecto eólico por parte de la comunidad. En un estudio de caso realizado en cuatro escenarios diferentes, Pasqualetti (2011) encontró que una de las principales preocupaciones de las comunidades locales en dos sitios con oposición a los proyectos eólicos es que estos implican un reto significativo para los valores culturales de la localidad. En resumen, se entiende por impacto en la cultura el cambio o pérdida importante de valores socioculturales. Así mismo, el impacto cultural incluye la pérdida de los elementos que le dan identidad a un lugar como un territorio, historia, lenguaje o antepasados en común que

identifican a las personas como miembros de un grupo, incluyendo cambios en las tradiciones y costumbres personales.

2.8 Impacto ambiental

El impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción humana o por causas naturales (LGEEPA, 2012). En el caso de los proyectos eólicos, la evaluación de los criterios de impacto ambiental se realizó mediante la estimación de la importancia que tiene para las personas el potencial impacto ambiental negativo en la fauna y la vegetación. Tal como el riesgo de la colisión de aves o murciélagos con las turbinas, los cambios en el comportamiento de la fauna por la construcción de una central eólica y la construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación de la diversidad biológica.

2.9 Beneficio económico

Típicamente los proyectos eólicos son vistos como una posibilidad para incrementar los ingresos económicos de las personas que celebran un contrato por la renta de su territorio. Sin embargo, recientemente se ha visto que los pagos por este concepto, al menos en el caso de Oaxaca han sido significativamente menores en comparación con otros países (Pasqualetti, 2011; Juárez-Hernández y León, 2014). El beneficio económico para fines de esta investigación se define como la percepción de un salario o pago monetario directo, la firma de un contrato para el arrendamiento de su territorio, además del fomento de otras actividades económicas indirectas de acuerdo con la vocación económica de la región. En la percepción de pago también se incluyen ingresos regulares a la comunidad, por haber celebrado acuerdos con los desarrolladores durante la fase de planeación; en los que se convirtieron en miembros accionistas de los proyectos de energía renovable.

3. El Ejido

El ejido se crea como proyecto e instrumento de repartición de las tierras a raíz de la Revolución Mexicana y de la reforma agraria de 1915. La idea inicial fue restablecer los modos de tenencia y de organización comunitaria, antiguamente instaurados y que presumiblemente funcionaron correctamente como forma de organización de los pueblos originarios de México (SEDATU, 2011; Kouri, 2015). A pesar de los conflictos y las irregularidades presentes en la repartición de la tierra a través de la reforma agraria, la creación de los ejidos no sólo permitió la redistribución de la tierra, sino que también generó una organización local capaz de representar los intereses

de los campesinos con capacidad para negociar frente a otras organizaciones públicas o privadas (Villagómez *et al.*, 1998; Zendejas, 1995). Por otro lado, la reforma agraria de 1992, cambió la concepción del ejido y los derechos agrarios individuales, en esta década la regulación de la propiedad rural fue una prioridad. La certificación y titulación de la propiedad proporcionó certeza jurídica, aumentó su valor y atrajo la inversión privada. Como resultado la nueva cultura agraria se abrió a la globalización y de esta forma se interrelacionó con el mundo (Díaz, 2003).

En este sentido, el artículo 11 de la Ley Agraria (2012:2) estipula las instancias correspondientes del ejido para el aprovechamiento de sus recursos: “la explotación colectiva de las tierras ejidales puede ser adoptada por un ejido cuando su asamblea así lo resuelva, [se establezcan las formas de organizar el trabajo, el aprovechamiento de los recursos del ejido], así como los mecanismos para el reparto equitativo de los beneficios (...).

CAPÍTULO III MARCO CONTEXTUAL

3.1 Cambio climático y energía eólica

El dominio del fuego le confirió una enorme ventaja evolutiva a la especie humana (Raupach y Canadell, 2010; Carrillo, 2012). De acuerdo con Carrillo (2012) con el fuego nuestros ancestros elaboraron estrategias de caza, se protegieron de los animales, fue utilizado como fuente de iluminación y calor, así como para la cocción de los alimentos. Actualmente la electricidad tiene un significado similar al que tuvo el fuego hace miles de años, principalmente como medio para la subsistencia y el desarrollo. De acuerdo con Vázquez y Corona (2012) una sociedad que dispone de los medios, instituciones y mecanismos (de mercado y tecnología) para proveer energía eléctrica y calorífica de forma masiva en suficiente cantidad y calidad tiene mayores posibilidades de desenvolver su potencial humano y económico, así como de mejorar su calidad de vida.

Sin embargo, los avances tecnológicos de los últimos dos siglos y el uso de energía fósil a gran escala no sólo transformó las sociedades y los ecosistemas, también ha incrementado exponencialmente el carbono liberado en la atmósfera, el océano y el suelo (Raupach y Canadell, 2010). El calentamiento global y el cambio climático son una consecuencia directa del aumento de GEI en la atmósfera. La evidencia científica recopilada en los últimos 150 años indica una correlación entre la concentración de CO₂ en la atmósfera y el aumento de la temperatura promedio de la biósfera (Secretaría del Medio Ambiente y Dirección General de Prevención, 2008; De Carvalho *et al.*, 2010). En este sentido, la implementación de proyectos de energía renovable responden a una demanda energética y ambiental. Los parques eólicos están proliferando cada vez más en la medida en que las naciones buscan garantizar un suministro de energía limpia y renovable (Avilés, 2011; Sheppard *et al.*, 2015).

Sin embargo, hay una gran brecha entre los beneficios de la energía eólica y el desarrollo sostenible, debido a la manera cómo se ha implementado y a quienes ha beneficiado. Por ejemplo, la experiencia en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca se ha visto marcada por una escasa integración social de las comunidades impactadas por los proyectos eólicos; lo que ha propiciado fracturas en el tejido social y una excesiva desconfianza hacia las empresas desarrolladoras de este tipo de proyectos. Este proceso de reconfiguración del territorio mediante proyectos eólicos no ha contemplado una transformación integral que beneficie

equitativamente a todos los sectores involucrados. Por lo tanto, no es extraño que las comunidades locales visualicen estos proyectos como algo externo que únicamente beneficia a empresas como Cemex, Wal-Mart y Soriana (Avilés, 2011).

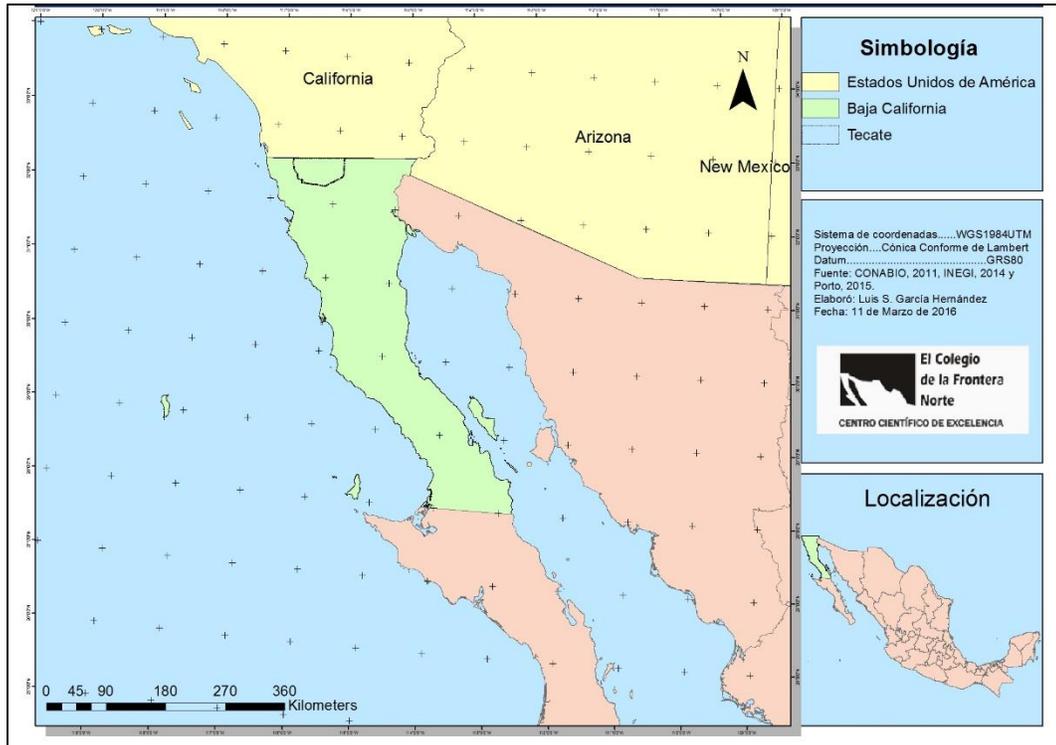
En palabras del Centro de Colaboración Cívica (2015) los proyectos eólicos se sitúan en una dimensión territorial y hacen uso de un recurso natural. Por lo tanto, existe una preocupación vinculada con el territorio, las visiones sobre este territorio, así como su valoración, regulación y tenencia. Las preocupaciones se agrupan en: las que surgen de las diferentes concepciones y valores sobre el territorio; las relacionadas con la certidumbre jurídica respecto a la propiedad y la tenencia de la tierra; y por último las que han surgido como consecuencia del cambio en el tipo de uso del suelo y el valor comercial de la tierra.

Los impactos negativos de la energía eólica generalmente son locales, por otro lado, los impactos ambientales positivos a nivel global sólo serán posibles en la medida en que la energía eólica desplace otras formas tradicionales de generar electricidad (Snyder y Kaiser, 2009). Así mismo, los actuales parques eólicos y los futuros proyectos no están exentos de impactos negativos (sociales y ambientales) como se había pensado hasta ahora. Encontrar grandes sitios para el emplazamiento de estos proyectos representa un serio conflicto, principalmente relacionado con el tipo de uso del suelo de los sitios que cuentan con potencial eólico. Por último, la transición hacia fuentes renovables como la energía eólica sólo será benéfica si es acompañado de una reducción significativa en el consumo total de energía (Tabassum-Abbasi *et al.* 2014). Adicionalmente, el debate sobre cómo se debe intervenir para afrontar el cambio climático sigue pendiente (Avilés, 2011).

3.2 Proyectos de energía eólica en el área de estudio

Baja California colinda al norte con el Estado de California (Estados Unidos), al sur con Baja California Sur, al oeste con Sonora y el mar de Cortés, y al este con el océano Pacífico (ver mapa 3.2). En la porción norte de la península de Baja California, destaca la Sierra de San Pedro Mártir, con alturas que alcanzan los 3000 m (González-Medrano, 2003). La población de Baja California es de 3 315 766 habitantes, de la cual el 92 por ciento es población urbana. La escolaridad promedio registrada es de 9.7 años, cifra muy similar a la media nacional. El comercio constituye la principal actividad económica del estado, aportando un 2.8 por ciento del Producto Interno Bruto (INEGI, 2010b).

Mapa 3.2 Localización del estado de Baja California



En Baja California la energía eólica es un tema relativamente reciente. El parque eólico La Rumorosa I se inauguró en el año 2010, fue el primer parque eólico construido en la entidad y pertenece al gobierno del estado (Gobierno de Baja California, 2013). El otro parque eólico en el estado es el proyecto Energía Sierra Juárez, desarrollado por IEnova y su socio InterGen. Es el primer proyecto de energía eólica transfronterizo entre México y Estados Unidos, pues la electricidad producida se transmite al condado de San Diego. El parque se encuentra ubicado en la Sierra de Juárez, en la región de La Rumorosa (IEnova, 2015).

Respecto a las expectativas de crecimiento del sector eólico de acuerdo con los datos del PRODESEN 2015-2020 a nivel nacional se espera un total de 6769.7 MW de potencia instalada a partir de energía eólica para el año 2020 (cuadro 3.9). Mientras tanto para la Gerencia de Control Regional Baja California, Baja California Sur y Mulegé, se espera una potencia instalada de 921 MW solo para la Temporada Abierta Rumorosa (CENACE, 2015).

Cuadro 3.9 Proyecciones de proyectos de energía eólica 2015-2020 (basado en CENACE, 2015)

Región SEN	Nombre	Contrato	Capacidad bruta (MW)	Fecha de entrada
Oriente	Sureste I Fase II	CFE	102	Octubre-2015
	Central Eléctrica AUTO 16	Autoabastecimiento	66	Diciembre-2015
	Central Eléctrica AUTO 60	Autoabastecimiento	150	Diciembre-2016
	Central Eléctrica AUTO 75	Autoabastecimiento	150	Julio-2017
	Central Eléctrica AUTO 79 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	150	Noviembre-2017
	Central Eléctrica AUTO 82 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	200	Enero-2018
	Central Eléctrica AUTO 83 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	70	Enero-2018
	Central Eléctrica AUTO 84 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	100	Enero-2018
	Central Eléctrica AUTO 85 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	300	Enero-2018
	Sureste II (Segunda Tem. Abierta)	CFE	285	Enero-2018
	Sureste III (Segunda Tem. Abierta)	CFE	300	Enero-2018
	Central Eléctrica AUTO 90 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	150	Julio-2018
	Central Eléctrica AUTO 91 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	10	Julio-2018
	Sureste IV (Segunda Tem. Abierta)	CFE	100	Octubre-2018
	Central Eléctrica AUTO 97 (Segunda Tem. Abierta)	Autoabastecimiento	150	Enero-2019
	Occidente	Central Eléctrica Auto 20	Autoabastecimiento	180
Central Eléctrica Auto 32		Autoabastecimiento	100	Junio-2016
Central Eléctrica Auto 33		Autoabastecimiento	94	Junio-2016
Central Eléctrica Auto 56		Autoabastecimiento	94	Octubre-2016
Central Eléctrica Auto 66		Autoabastecimiento	200	Enero-2017
Central Eléctrica Auto 67		Autoabastecimiento	140	Enero-2017
Norte	Central Eléctrica Auto 50	Autoabastecimiento	120	Agosto-2016
	Central Eléctrica Auto 68	Autoabastecimiento	200	Enero-2017
Noreste	Central Eléctrica Auto 22	Autoabastecimiento	132	Febrero-2016
	Central Eléctrica Auto 35	Autoabastecimiento	62.7	Junio-2016
	Central Eléctrica Auto 36	Autoabastecimiento	126	Junio-2016
	Central Eléctrica Auto 37	Autoabastecimiento	126	Junio-2016
	Central Eléctrica Auto 51	Autoabastecimiento	117	Agosto-2016
	Central Eléctrica Auto 58	Autoabastecimiento	85.2	Octubre-2016

	Central Eléctrica Auto 63	Autoabastecimiento	200	Diciembre-2016
	Central Eléctrica Auto 70	Autoabastecimiento	200	Enero-2017
	Central Eléctrica Auto 78	Autoabastecimiento	49.5	Julio-2017
	Central Eléctrica AUTO 98-101 (Tem. Abierta Tamaulipas)	Autoabastecimiento	637.8	Marzo-2019
	Central Eléctrica AUTO 102-108 (Tem. Abierta Tamaulipas)	Autoabastecimiento	499.5	Octubre-2019
Peninsular	Central Eléctrica PP 3	Pequeño productor	30	Septiembre-2015
	Central Eléctrica PP 4	Pequeño productor	30	Septiembre-2015
	Central Eléctrica AUTO 71	Autoabastecimiento	40	Enero-2017
Baja California, BCS y Mulegé	Central Eléctrica AUTO 21	Autoabastecimiento	30	Enero-2016
	Central Eléctrica AUTO 24	Autoabastecimiento	72	Marzo-2016
	Temporada Abierta Rumorosa	Proyecto de la Ley de la Industria Eléctrica	921	Abril-2020
Total			6769.7	

3.3 Localización y aspectos ambientales del área de estudio

El municipio de Tecate se ubica entre los paralelos 32° 14' y 32° 39' de latitud norte y los meridianos 115° 52' y 116° 42' longitud oeste, con altitudes de 200 a 1600 m sobre el nivel del mar (m s.n.m.). Colinda al norte con el condado de San Diego y con el Condado de Imperial, California, Estados Unidos, al este con los municipios de Mexicali y Ensenada, al sur con el municipio de Ensenada y al oeste con el municipio de Tijuana (INEGI, 2009). De acuerdo con el Atlas Nacional de México (UNAM, 1990 en González-Medrano, 2003) la precipitación en la región noreste de Baja California es de menos de 125 mm anuales. Según Rzedowski (1978) en esta región la parte más húmeda del año corresponde al periodo comprendido entre los meses de diciembre y abril.

El clima está determinado por factores como la latitud geográfica, la altitud (con respecto al nivel medio del mar), la distribución y la cercanía del mar. Las condiciones atmosféricas pueden determinarse con detalle en las zonas donde se cuenta con información como la temperatura, la precipitación, la presión y la nubosidad (González-Medrano, 2003). En México están representados los grupos de climas A, B, y C de acuerdo con la clasificación hecha por Köppen y adaptada por García, (1964) en González-Medrano (2003).

Los climas A corresponden a climas tropicales lluviosos, con temperatura media del mes más frío mayor a 18 °C. Se extienden a lo largo de las vertientes de ambos mares. Del lado del Océano Pacífico se distribuyen desde el paralelo 24°C norte hacia el sur desde el nivel del mar hasta altitudes de entre 800 a 1000 m s.n.m. Debido a la zona de alta presión y aires descendentes donde se ubica México, así como por la orientación general de sus amplias sierras en relación con los mares, especialmente en la porción norte del país, existen amplias regiones con climas áridos Bw y Bs. Los tipos Bw se localizan en la parte norte de la Altiplanicie mexicana, en una parte de la Llanura costera del Pacífico y en las zonas costeras de la Península de Baja California, exceptuando el noreste, en donde son Bs. Los tipos C son climas templados lluviosos, con temperatura media del mes más frío entre -3°C a 18°C y la del mes más caliente mayor a 10°C. En México existen amplias zonas con clima C localizadas en las zonas montañosas o llanuras de altitud mayor a 800-1000 m s.n.m., en lugares en donde la temperatura media de un mes desciende, por lo menos, por debajo de 18°C (García, 1964 en González-Medrano, 2003). A nivel regional el clima de Baja California se caracteriza por ser principalmente árido (tipo Bw o Bs, según la zona) con climas templados húmedos (tipo C) en las zonas montañosas (Rzedowski, 1978; González-Medrano, 2003).

El tipo de suelo predominante en Baja California es el Yermosol (del español yermo: desértico, desolado). Este tipo de suelo se presenta en zonas muy secas o desérticas y se caracteriza por su escaso contenido de materia orgánica. Puede sustentar vegetación de matorral o pastizal y está asociado con regosoles y xerosoles (González-Medrano, 2003). El matorral xerófilo es el tipo de vegetación presente en la mayor parte de la península bajacaliforniana. Se trata de comunidades vegetales de porte arbustivo adaptadas a climas extremos. La altura de los matorrales xerófilos oscila de los 15 cm a 4 m, hasta cactáceas gigantes de 10 m de altura como algunas especies de Yucca y Fouquieria (Rzedowski, 1978).

3.3.1 Región de La Rumorosa

La región de La Rumorosa se localiza en el municipio de Tecate a una altitud de 1278 m s.n.m., colinda al noroeste con el condado de San Diego y al noreste con el Condado de Imperial, California, Estados Unidos (imagen 3.3). De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 la localidad cuenta con 1836 habitantes y 561 viviendas habitadas (INEGI, 2010c).

Imagen 3.3 Localización de la región de La Rumorosa (Google Earth Pro, 2016)



El parque eólico La Rumorosa I se localiza en las coordenadas geográficas $32^{\circ} 29' 55''$ de latitud norte y $111^{\circ} 05' 29''$ de longitud oeste. El parque eólico Energía Sierra Juárez se localiza en las coordenadas $32^{\circ} 33' 58''$ de latitud norte y $116^{\circ} 04' 13''$ de longitud oeste específicamente dentro del ejido Jacume pero colindando con el poblado de La Rumorosa (imagen 3.4).

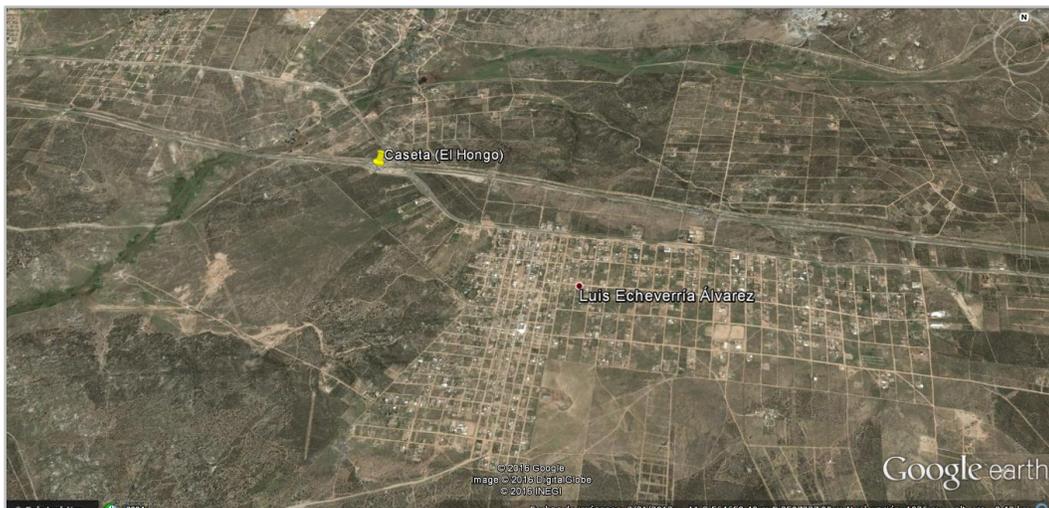
Imagen 3.4 Parques eólicos en región de La Rumorosa (Google Earth Pro, 2016)



3.3.2 El Hongo

La localidad conocida como El Hongo se encuentra ubicada en el municipio de Tecate, a 35 Km de la cabecera municipal entre las coordenadas geográficas 32°31' latitud norte y 116° 19' latitud oeste (imagen 3.5). El régimen de tenencia de la tierra es privado y cuenta con una superficie aproximada de 1172 ha. Las personas en este sitio de estudio se encuentran organizadas bajo una sociedad cooperativa, la cual cuenta con 520 miembros. Este modelo organizativo permite acercarse con relativa facilidad a la comunidad para que invierta directamente en el proyecto y al mismo tiempo ofrece una remuneración adecuada por los riesgos de su inversión (Bauwens *et al.*, 2016).

Imagen 3.5 Localización de El Hongo (Google Earth Pro, 2016)



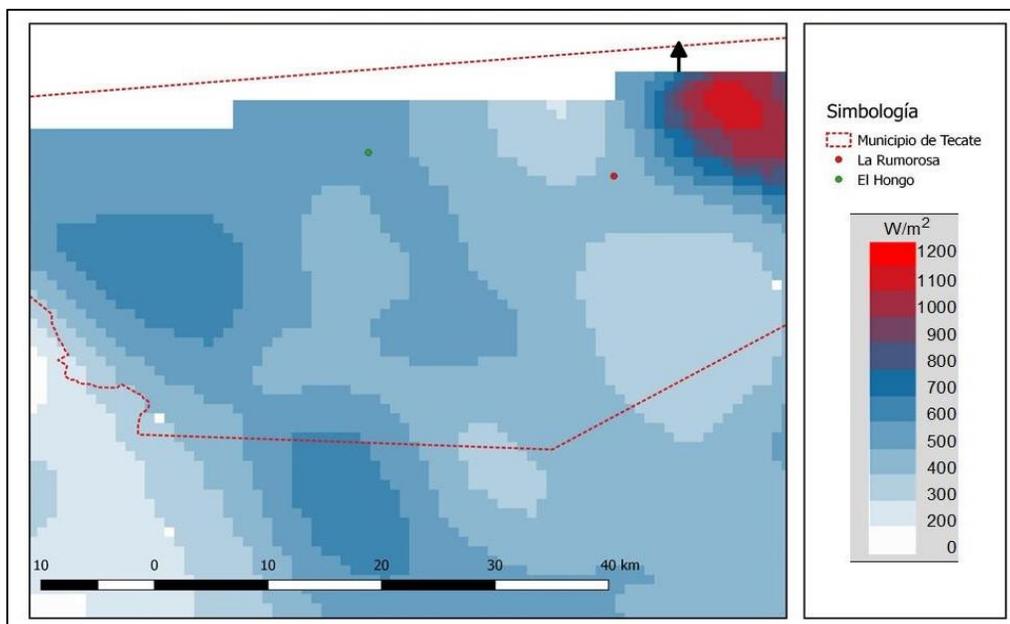
3.4 Atributos espaciales

Los atributos espaciales fueron utilizados para evaluar la factibilidad técnica y de conservación ecológica del área de estudio. Se denominan espaciales porque se encuentran georreferenciados y representan rasgos o características del territorio. Los atributos espaciales forman parte de los criterios incorporados en el análisis.

3.4.1 Distribución espacial del potencial eólico en los sitios de estudio

El modelo de densidad de potencia eólica a 120 m de altura sobre el nivel del suelo (imagen 3.6), presenta los resultados de un análisis de datos del viento obtenidos mediante simulaciones de mesoescala de 13 años con 3 km de resolución horizontal (INERE, 2015c). Se empleó este modelo porque se aproxima más a la altura de buje de las turbinas actuales.

Imagen 3.6 Densidad de potencia eólica en los sitios de estudio (basado en INERE, s/a)



Se adaptaron las categorías propuestas por el NREL (2004) para realizar una clasificación del potencial eólico con base en los valores del Atlas Eólico de VESTAS (INERE, s/a). La Rumorosa y El Hongo se clasifican como C3 y C4, respectivamente (cuadro 3.10).

Cuadro 3.10 Clasificación del potencial eólico (basado en NREL, 2004 e INERE, s/a)

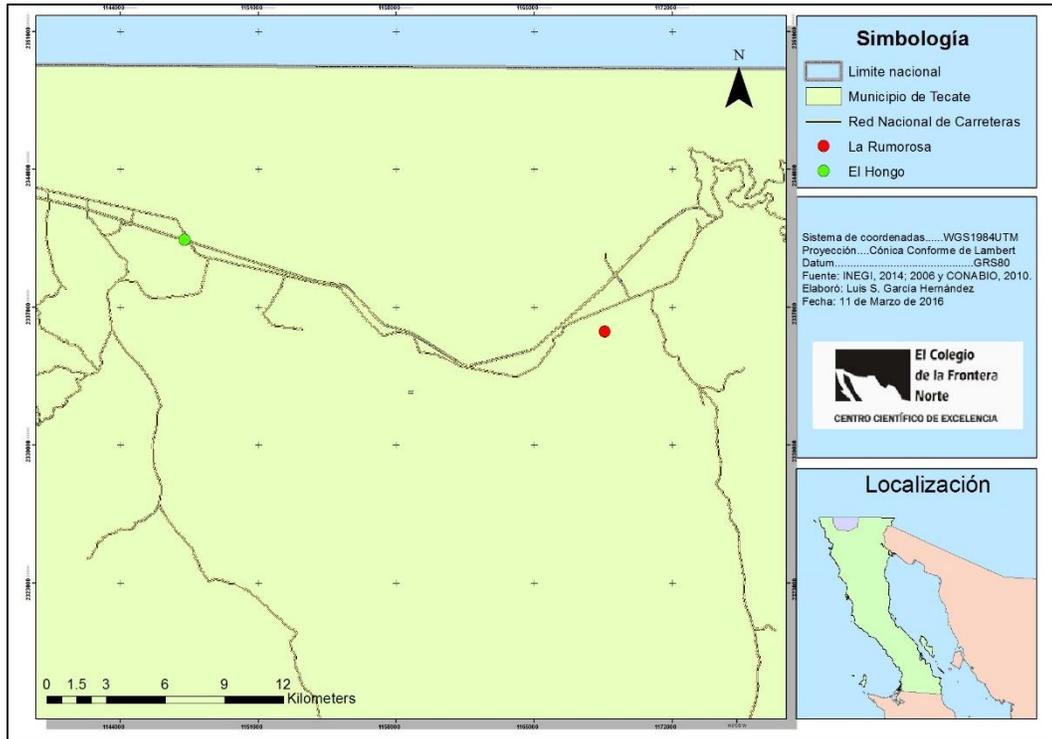
Clase	Potencial eólico	Densidad de potencia (W/m²)
C1	Muy bajo	0-200
C2	Bajo	200-300
C3	Moderado	300-400
C4	Alto	400-500
C5	Muy Alto	500-600
C6	Excelente	600-800
C7	Sobresaliente	>800

3.4.2 Accesibilidad a la Red Nacional de Caminos en el área de estudio

La Red Nacional de Caminos proporciona información a las unidades estatales y a la ciudadanía sobre la red única de transporte terrestre (traslado de personas y mercancías). Esta red integra carreteras, vialidades y caminos del país con el propósito de que dicha información sea útil para diseñar y analizar rutas de transporte. Manteniendo la conectividad con la infraestructura de interconexión: aeropuertos, puertos, estaciones de ferrocarril, así como entre localidades urbanas y rurales (INEGI, 2014).

La infraestructura carretera para el desarrollo de nuevos proyectos eólicos es un criterio importante para la factibilidad técnica y económica de los proyectos. La existencia de infraestructura vial y la distancia a la red de carreteras son factores que influyen en la accesibilidad al sitio con potencial eólico, así como en el costo de la construcción de las centrales eólicas y en los costos de operación (Wanderer y Herle, 2015). Sin embargo, este criterio no se incluyó directamente en el análisis multicriterio pues se consideró que ambos sitios de estudio se encuentran a una distancia muy similar a la red carretera (ver mapa 3.3).

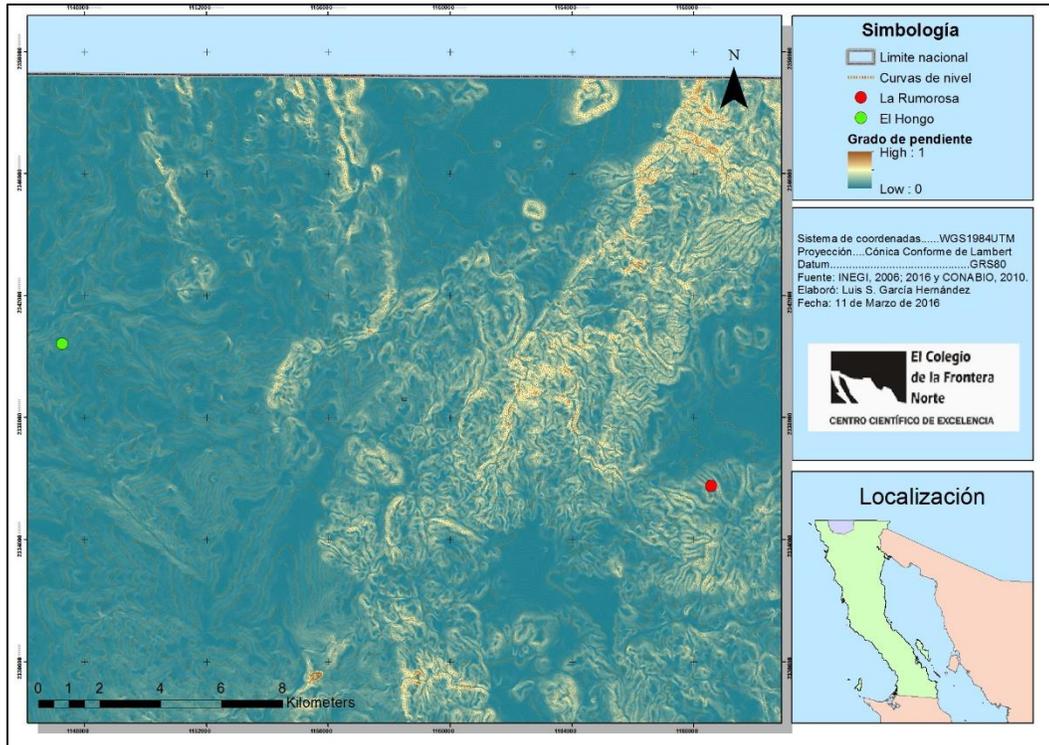
Mapa 3.3 Accesibilidad terrestre de los sitios de estudio



3.4.3 Estimación del relieve en el área de estudio

El relieve se refiere a la altura de la corteza terrestre en diferentes puntos geográficos. La medición del relieve permite modelar las estructuras geomorfológicas de la superficie terrestre como montañas, lomeríos y valles (INEGI, 2016b). El relieve se visualiza claramente con los modelos digitales de elevación. Estos modelos ofrecen fundamentos para la planeación y el ordenamiento del territorio, la planeación de proyectos e incluso para la prevención y mitigación de desastres, pues representan los componentes del territorio en mapas, planos o en Sistemas De Información Geográfica (SIG) (INEGI, 2016b). Por otro lado, las curvas de nivel representan puntos geográficos a una misma altura sobre el nivel promedio del mar, con intervalos o equidistancias variables (INEGI, s/a). Con ayuda del software Arc Map 10.3 se estimó el grado de la irregularidad topográfica de los sitios de estudio, para ello se utilizó un modelo digital de elevación con 15m de resolución (ver INEGI, 2016a) y las curvas de nivel con 2 m de intervalo. La representación del relieve terrestre se observa mejor con el sombreado del modelo digital de elevación (en color amarillo) el cual es complementado con las curvas de nivel que se muestran con intervalos de 25 m (ver mapa 3.4), para fines ilustrativos.

Mapa 3.4 Topografía del área de estudio

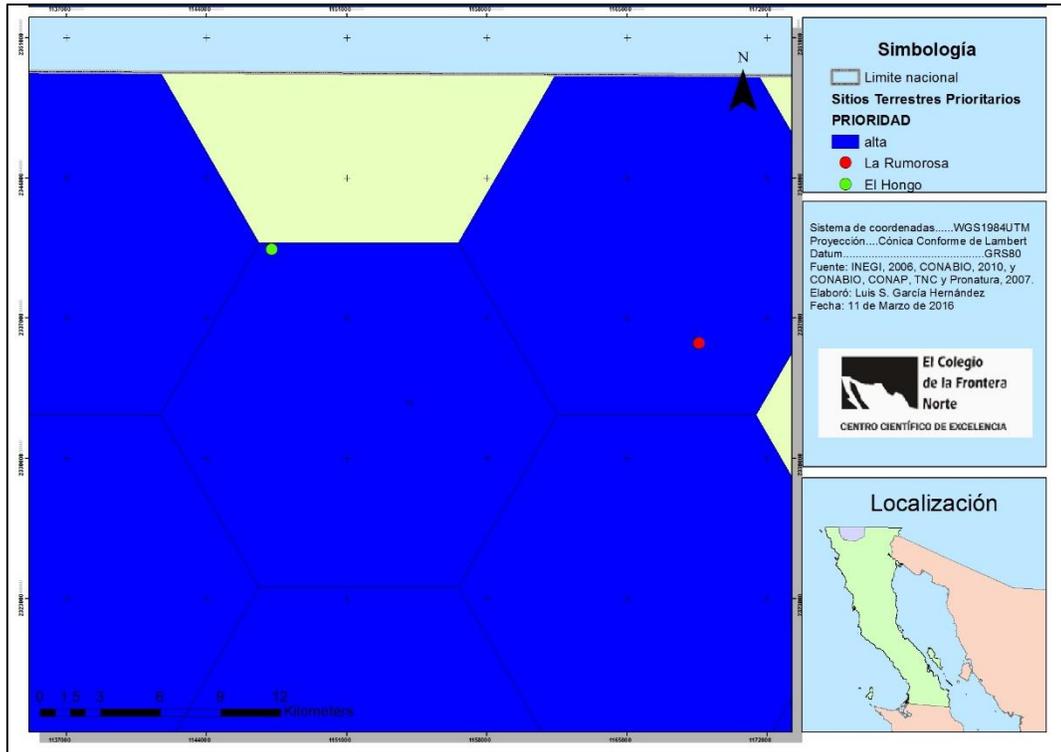


3.4.4 Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación

Los Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación (SPT) se identificaron con base en criterios de unicidad, diversidad y grado de amenaza. La información de los SPT es una referencia para dirigir o fortalecer las acciones de conservación (Koleff, *et al.*, 2011). Para identificar los SPT, se dividió la superficie terrestre del país en 8045 hexágonos de 256 km² cada uno, y se utilizó el programa Marxan para la aplicación de un algoritmo de optimización que evaluó 1450 elementos de la diversidad biológica relevantes para la conservación. Los sitios prioritarios son aquellos hexágonos (clasificados de acuerdo con los siguientes grados de prioridad: extrema, alta y media) que permiten cumplir con las metas de conservación establecidas para los distintos elementos de la diversidad biológica seleccionados en la menor área posible (CONABIO, s/a).

Aunque los SPT no son vinculantes con los instrumentos de gestión ambiental, como la manifestación de impacto ambiental, esta información fue tomada como una referencia para la dimensión ambiental. En el mapa 3.5 se observan los SPT y los sitios de estudio.

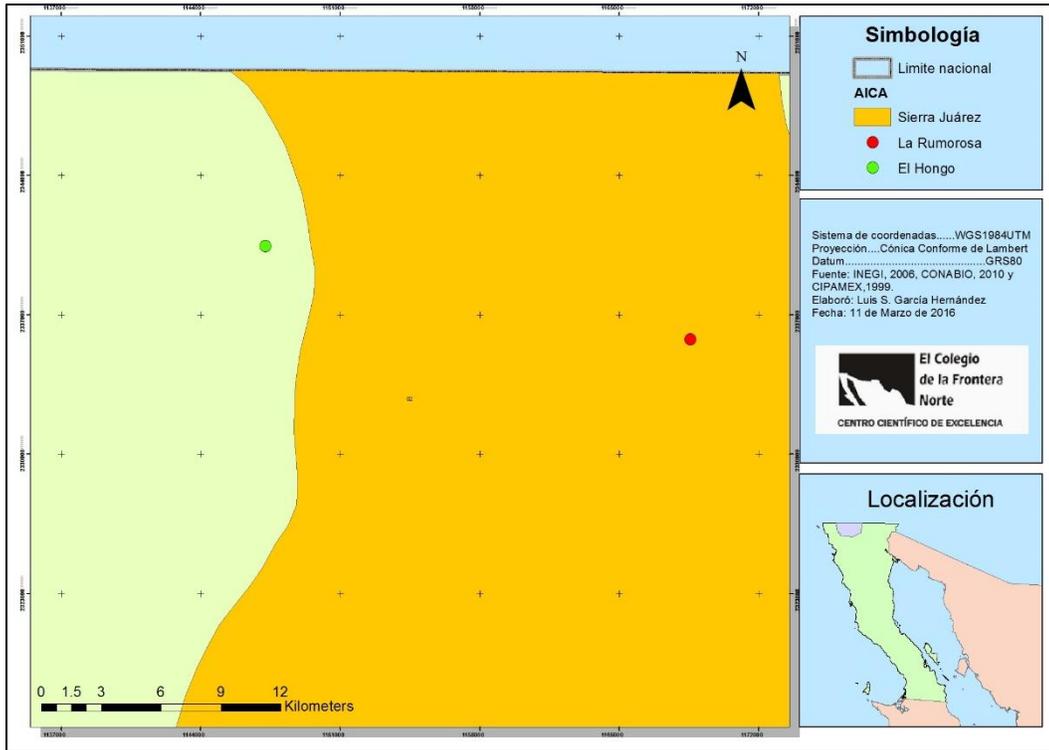
Mapa 3.5 Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación de la Biodiversidad



3.4.5 Área de Importancia para la Conservación de Aves de Sierra Juárez

El programa AICA (Área de Importancia para la Conservación de las Aves) surgió como una idea conjunta de la Sección Mexicana del Consejo Internacional para la preservación de las aves (CIPAMEX) y BirdLife International. El propósito de la AICA es apoyar a los tomadores de decisiones, ayudando a normar los criterios de priorización y de asignación de recursos para la conservación, así como ser una herramienta para los profesionales dedicados al estudio de las aves que permita acceder a los datos más importantes acerca de la distribución y ecología de las aves en México (CONABIO, 2004). En el mapa 3.6. se observa la superficie de la AICA de Sierra Juárez y los sitios de estudio.

Mapa 3.6 Área de Importancia de Conservación de las aves de Sierra Juárez



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.1 Introducción

La metodología es una serie de pasos y operaciones que el investigador realiza para generar información y conocimiento sobre el objeto de estudio (Martínez, 2004). La metodología implica utilizar técnicas de investigación y seleccionar estrategias metodológicas para alcanzar los objetivos de la investigación de manera eficiente y con resultados válidos (Quiroz, 2003 en Martínez, 2004). La metodología empleada en esta investigación es cuantitativa, es decir, recurre a la definición, medición y al control de las variables traducidas en datos cuantificables a los cuales se les puede dar un tratamiento utilizando técnicas estadísticas y matemáticas (Domínguez-Gutiérrez *et al.*, 2009).

Las variables son aquellos atributos o características que van a ser medidos u observados, usando una expresión o indicador empírico (Domínguez-Gutiérrez *et al.*, 2009). En esta investigación las variables de estudio se han transformado en indicadores. La medición de los indicadores se hizo en un solo momento dentro de un periodo de tiempo, sin manipular las variables, por lo que se utilizó un diseño no experimental. Este diseño busca medir, observar o correlacionar, sin manipular intencionadamente las variables (Hernández-Sampieri *et al.*, 2006; Domínguez-Gutiérrez, *et al.*, 2009). Los indicadores se evaluaron a través de cuestionarios aplicados a miembros de las localidades en el área de estudio, dentro de la región en las que se encuentran los parques eólicos en operación del estado. El tamaño de muestra se determinó en función de las cuestionarios que se lograron obtener en campo y de manera remota. Los cuestionarios obtenidos fueron suficientes para responder las preguntas de la investigación, pues la principal contribución del trabajo es analizar y evaluar la importancia de los criterios de sostenibilidad en el área de estudio. Sin embargo, es importante enfatizar que los resultados de la investigación no son estadísticamente representativos, pues el propósito de la investigación no es generalizar a partir de los resultados.

Para la obtención de datos se utilizó un muestreo no probabilístico discrecional dirigido a unidades de análisis elegidas de acuerdo con los objetivos y las características exploratorias del estudio. La investigación exploratoria se lleva a cabo cuando el objeto de estudio es muy reciente o se ha estudiado poco; las fuentes de información son escasas o indirectas; los aportes sobre el

tema arrojan poca luz o vaguedades; por la aplicación de nuevos enfoques o porque el tema se ha abordado tangencialmente (Domínguez-Gutiérrez, *et al.*, 2009).

4.2 Estrategia metodológica

En esta sección se describe la estrategia metodológica llevada a cabo para realizar la investigación. Se justifica porque se seleccionaron los sitios de estudio, de qué manera se diseñó el instrumento de recolección de datos, los resultados obtenidos del trabajo realizado de campo, asimismo, se describen los criterios espaciales empleados y de qué manera se analizaron los datos.

4.2.1 Sitios de estudio

Inicialmente se planteó analizar los siguientes sitios: en la región Sur 1) Guerrero Negro, municipio de Mulegé, Baja California Sur y 2) Bahía de los Ángeles, Ensenada, Baja California; en la región Norte 1) La Rumorosa, 2) Jacume y 3) El Hongo, en el municipio de Tecate, Baja California. Se eligieron estos sitios porque presentan potencial eólico, infraestructura carretera y existe un contacto previo con algunos de los residentes de Guerrero Negro, Bahía de los Ángeles y El Hongo, asimismo, se tomó en cuenta la forma en que están organizadas en las diferentes localidades.

Guerrero Negro y Bahía de los Ángeles, se encuentran constituidos en ejidos. Por ahora no cuentan con prospectos para la construcción de algún proyecto eólico. En El Hongo existe una sociedad cooperativa legalmente constituida y buscan participar como socios en la construcción de una central eólica. En el ejido Jacume se construyó la primera etapa del parque eólico Energía Sierra Juárez. Finalmente en La Rumorosa existen comités vecinales, pero no hay una organización tan institucionalizada como en los otros sitios.

4.2.2 Diseño del cuestionario

El cuestionario (Anexo I) se elaboró con base en los criterios de desarrollo sostenible identificados en las fuentes bibliográficas y con la información recabada en las reuniones llevadas a cabo en Bahía de los Ángeles con la asamblea ejidal y con algunos miembros de la sociedad cooperativa en El Hongo. Estas reuniones fueron útiles para conocer las necesidades locales, como el bombeo de agua para consumo humano y actividades agropecuarias, la ampliación del servicio eléctrico y la prestación de servicios de salud. De igual forma, las

reuniones permitieron conocer las preocupaciones ambientales y culturales en torno a los proyectos de energía eólica y la necesidad de impulsar actividades económicas que contribuyan a la creación de empleos; pero que consumen altas cantidades de electricidad como la minería no metálica y la desalinización de agua para actividades agropecuarias.

La importancia de los criterios de desarrollo sostenible se estimó mediante indicadores. Para calcular los indicadores se promediaron los valores obtenidos de las respuestas del cuestionario por cada sitio de estudio (ver Anexo II). El cuestionario fue diseñado con preguntas cerradas para generar 25 indicadores de sostenibilidad e incluyendo las tres dimensiones del desarrollo sostenible. Las preguntas del cuestionario se formularon para ser respondidas en una escala numérica del 1-10 apoyada por una escala cualitativa de cinco categorías: muy bajo, con valores de 1 o 2; bajo, con valores de 3 o 4; moderado, con valores de 5 o 6; alto, con valores de 7 u 8; y muy alto, con valores de 9 o 10.

Para evaluar la aceptación social de los parques eólicos se aplicó un cuestionario adaptado del trabajo de Walker *et al.*, (2014). El cuestionario (ver Anexo III) se diseñó para evaluar la aceptación social, la percepción del encuestado respecto a los beneficios individuales y colectivos que aportan los proyectos eólicos, entre otros aspectos. Se compone de 11 preguntas las cuales se respondieron utilizando una escala numérica de 1-5 con cinco categorías cualitativas (cuadro 4.11).

Cuadro 4.11 Escala de medición del cuestionario de aceptación social (basado en Walker *et al.*, 2014)

Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

4.2.3 Envío de cuestionario

El cuestionario se envió por correo electrónico a las personas que ya se conocían y que son residentes locales. Los contactos se encargaron de distribuir el cuestionario con más personas. Se hizo de esta manera por conveniencia, pues es común que muchas de las personas no residan en los sitios de estudio. De esta manera se buscó maximizar la distribución de la encuesta. El cuestionario se envió a dos contactos en Guerrero Negro y a dos contactos en Bahía de los Ángeles, mientras que en la región norte se envió a un contacto en El Hongo. La dinámica en

La Rumorosa fue diferente y las encuestas se aplicaron a habitantes de la localidad de manera presencial, pues en este último sitio no se contó con ningún contacto clave.

4.2.4 Resultados del trabajo de campo

Guerrero Negro: En Guerrero Negro no se hizo trabajo de campo, el contacto se hizo mediante llamadas telefónicas. El cuestionario fue enviado por correo electrónico. Sin embargo, el número de cuestionarios obtenidos resultó insuficiente para el análisis.

Bahía de los Ángeles: Este es la localidad principal del ejido Tierra y Libertad es un sitio localizado al sur del municipio de Ensenada. El ejido cuenta con un amplio territorio de uso común y un elevado potencial eólico con velocidades de 8 m/s (INERE, s/a). El régimen ejidal de este sitio y la vocación turística, fueron elementos considerados importantes para fines de la investigación. El día 30 de enero del año de 2016 se realizó una visita al ejido Tierra y Libertad (ver Anexo IV), aprovechando que los ejidatarios celebrarían una reunión convocada por el comisariado ejidal. El objetivo de esta visita fue dar a conocer los alcances y objetivos de la investigación y solicitar su colaboración para la recolección de datos. Los cuestionarios se enviaron después de esta visita. Sin embargo, la participación de los ejidatarios fue insuficiente, por lo tanto el análisis para este sitio no se concretó.

Ejido Jacume: El parque eólico Energía Sierra Juárez se localiza en el ejido Jacume en la frontera con Estados Unidos, este sitio fue un caso especial pues las visitas a campo fueron descartadas por las condiciones de inseguridad que han prevalecido últimamente en la zona. Por lo tanto, la aplicación de la encuesta se concentró en la localidad de La Rumorosa.

La Rumorosa: La primera visita a la localidad de La Rumorosa se hizo el día 19 de febrero de 2016, durante esta visita se aplicaron algunos cuestionarios de aceptación social a personas con viviendas cercanas a los parques eólicos. A estas personas se les envió el cuestionario de desarrollo sostenible vía correo electrónico, sin embargo no respondió ninguna. Por este motivo se organizó una segunda salida el día 08 de mayo de 2016 y una tercera visita el día el día 18 de junio de 2016 para aplicar el cuestionario *in situ*.

El Hongo: el día 04 de marzo de 2016 se realizó la primera visita en El Hongo, la visita se hizo con el propósito de reunirse con miembros de la sociedad cooperativa, quienes radican en Mexicali. Durante el encuentro se habló acerca de la investigación y se solicitó su apoyo para

la recolección de datos. La obtención de datos se realizó con la ayuda de un actor clave, el presidente de la sociedad cooperativa. El presidente se encargó de distribuir los cuestionarios con algunos de los miembros de la cooperativa. De esta manera se logró obtener un mayor número de respuestas, ya que en la segunda visita a campo, la cual se realizó el día 05 de mayo de 2016, únicamente se logró obtener un cuestionario. En el cuadro 4.12 se indican los resultados del trabajo de campo. De igual forma se muestran los datos demográficos de los sitios de estudio (cuadro 4.13 y 4.14).

Cuadro 4.12 Resultados del trabajo de campo (elaboración propia)

Sitios de estudio	Visitas a campo	Cuestionarios de desarrollo sostenible respondidas	Cuestionarios de aceptación social respondidas
La Rumorosa	2	10	23
El Hongo	2	11	11
Tierra y Libertad	1	0	0

Cuadro 4.13 Perfil sociodemográfico de los encuestados en La Rumorosa (elaboración propia)

	Edad	Escolaridad	Años de residencia
Promedio	47.9	11.7	16.6
Desviación estándar	18.8	5.5	12.9
Género	Hombres		20
	Mujeres		3
Residencia de los encuestados			
La Rumorosa			13
Mexicali	8	Visitan La Rumorosa los fines de semana y en vacaciones.	
California, Estados Unidos	2		

Nota: Para estimar los años de residencia únicamente se utilizaron los datos de los residentes permanentes de La Rumorosa.

Cuadro 4.14 Perfil sociodemográfico de los encuestados en El Hongo (elaboración propia)

	Edad	Escolaridad	Años de residencia
Promedio	51.9	12.3	31.2
Desviación estándar	11.8	3.7	19.8
Género	Hombres		8
	Mujeres		3
Residencia de los encuestados			
El Hongo	1		
Mexicali	10	Visitan el área de estudio de manera intermitente, no fue posible cuantificar la regularidad.	

Nota: En El Hongo todos los encuestados, a excepción de una persona, radican en Mexicali. Se utilizaron los datos de los residentes en Mexicali para estimar estos valores.

4.3 Criterios espaciales

Para cuantificar el potencial eólico en los sitios de estudio se empleó la clasificación mostrada en el cuadro 3.10. El Hongo, por ejemplo, obtuvo un puntaje de 7.14, resultado de la siguiente operación: $5/7 (10)$, donde 5 es la clase del potencial eólico a la que pertenece el sitio de estudio de acuerdo con la clasificación de INERE (s/a) el 7 corresponde con el total de clases, multiplicado por 10 (ver Anexo V).

Así mismo, se utilizaron SIG para cuantificar los criterios técnicos y ecológicos. El relieve y las áreas de importancia para la conservación se cuantificaron con base en el área aproximada de los polígonos del parque eólico La Rumorosa I (42 ha según el Periódico Oficial del Estado de Baja California, 2008) y El Hongo (aproximadamente 1172 ha) (ver Anexo V). El propósito de incluir estos criterios es evaluar la factibilidad técnica de los sitios de estudio para el desarrollo de proyectos de energía eólica, así como la factibilidad ecológica. Pues la Sierra de Juárez, donde se localiza el parque eólico Energía Sierra Juárez, es ruta de vuelo del cóndor de California (*Gymnogyps californianus*) (Sheppard *et al.*, 2015). Por otro lado, debido a la limitada información disponible y a la complejidad que implica evaluar el impacto de los proyectos eólicos sobre la fauna y la vegetación se emplearon los SPT y AICA Sierra Juárez como criterios para el análisis. A continuación se enlistan los criterios espaciales empleados en el análisis:

1. Técnicos

- o Potencial eólico (INERE, s/a).
- o Relieve (INEGI, 2016a).

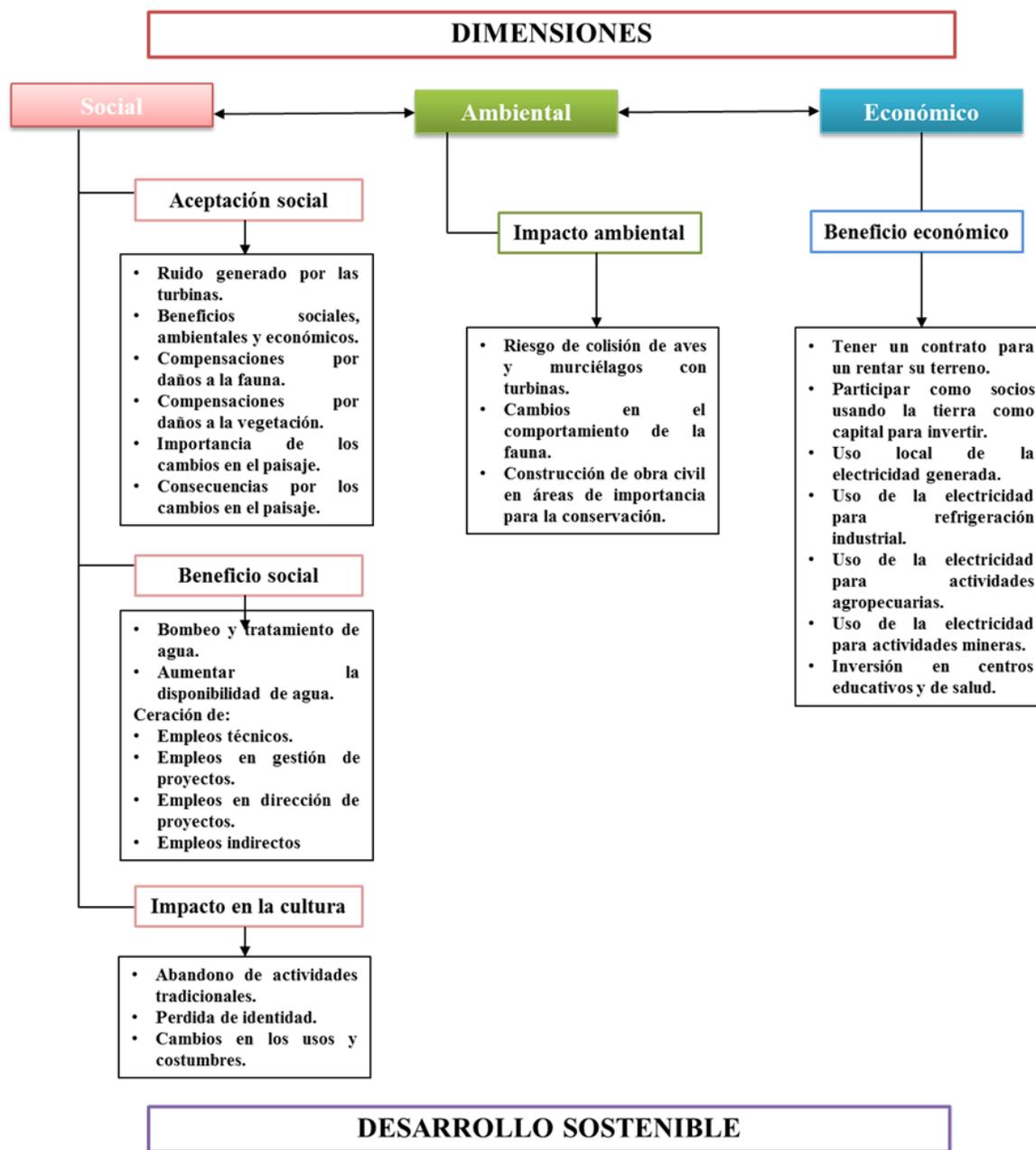
2. Ecológicos

- o Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación (CONABIO, 2007).
- o AICA Sierra Juárez (CIPAMEX y CONABIO, 1999).

4.4 Criterios de desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible tiene un enfoque transversal con la dimensión social, ambiental y económica. Para la operacionalización del concepto se tomaron estas dimensiones y se dividieron en cinco categorías, cada una de las categorías se conformó con una serie de indicadores, los cuales fueron incluidos en el diseño del cuestionario (figura 4.1).

Figura 4.1 Dimensiones del desarrollo sostenible y grupos de criterios (elaboración propia)



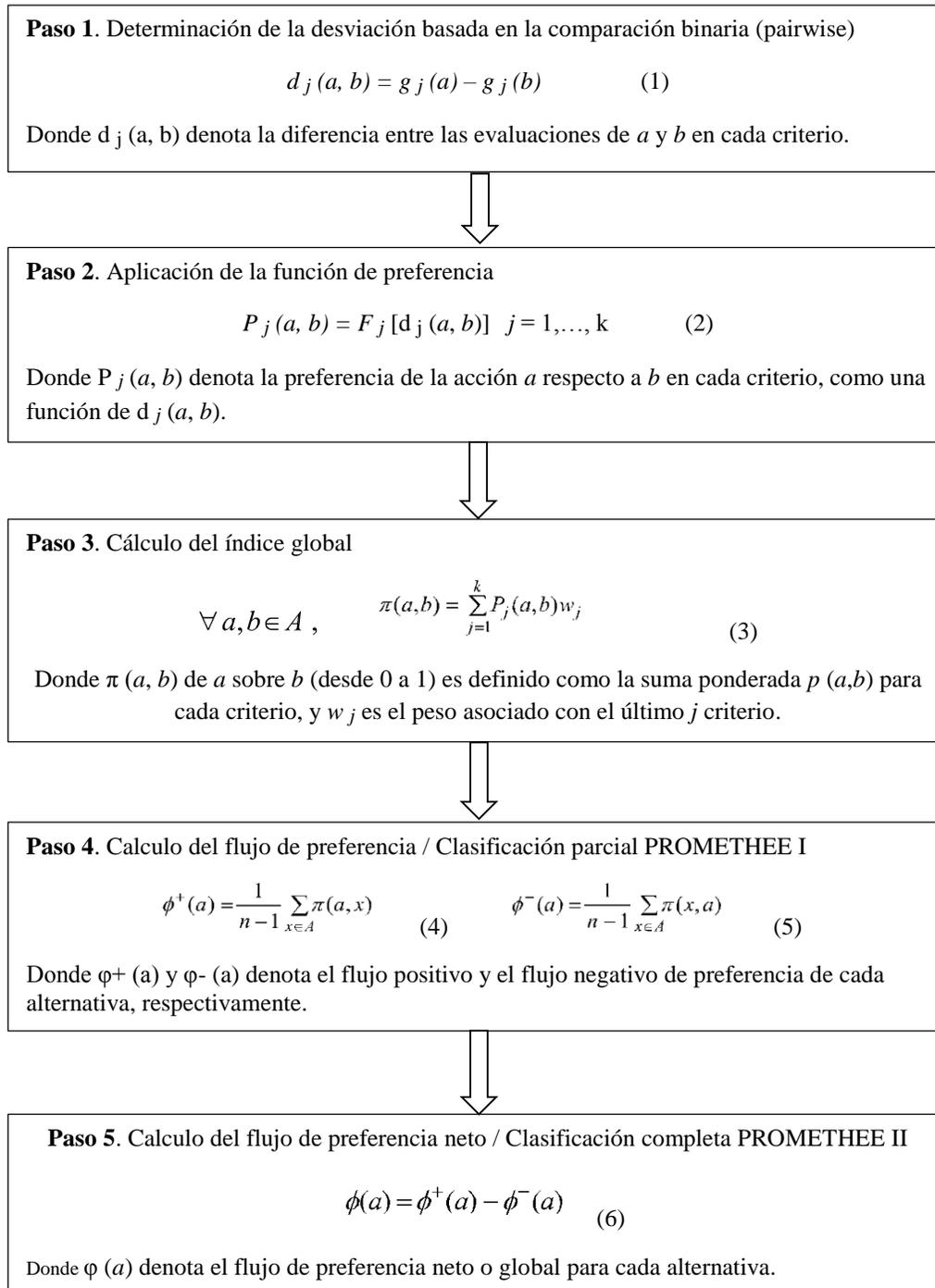
Los indicadores son herramientas útiles para estimar aspectos sociales, económicos y ambientales, así mismo, fueron de los primeros instrumentos empleados para evaluar la sostenibilidad (Ness, *et al.*, 2007). En este trabajo los indicadores se agruparon en las cinco categorías de criterios mostrados en la figura 4.1. Para analizar los criterios se utilizó el software Visual PROMETHEE modalidad Académica, versión 1.4. Este software fue desarrollado en el año 2010 por Brans y Mareschal. La ventaja de la metodología PROMETHEE frente a otras metodologías es que requiere información adicional muy clara y precisa, la cual puede ser fácilmente obtenida por el tomador de decisiones. Esta información consiste en el peso o valor de cada uno de los criterios y los valores que representan la preferencia o indiferencia del tomador de decisiones (Fernández, 2002; Brans y Mareschal, 2005). En la figura 4.2 se sintetiza el protocolo seguido.

Brans y Mareschal (2005) clasifican la información adicional que requiere la metodología PROMETHEE como información entre los criterios e información dentro de cada criterio.

4.4.1 Información entre los criterios

La información entre criterios incluye a los pesos de relativa importancia de los diferentes criterios. Los pesos son números positivos y deben ser independientes de las unidades de medición de los criterios. El peso más elevado, representa el criterio con más importancia, Visual PROMETHEE normaliza automáticamente los pesos introducidos en el software. Sin embargo, asignar pesos, no es una tarea fácil pues depende de las prioridades y la percepción de los tomadores de decisiones (Brans y Mareschal, 2005) e incluso en ocasiones depende fuertemente del conocimiento o de la información que poseen (Wang *et al.*, 2009). Por lo tanto, aunque lo común es asignar pesos a los criterios, pesos iguales a menudo producen resultados casi tan buenos como cuando se ponderan o asignan pesos diferenciados a los criterios (Dawes y Corrigan, 1974 en Wang *et al.*, 2009). En este análisis se emplea el mismo peso para todos los criterios.

Figura 4.2 Pasos del método PROMETHEE II (de Behzadian *et al.*, 2010)



4.4.2 Información dentro de cada criterio

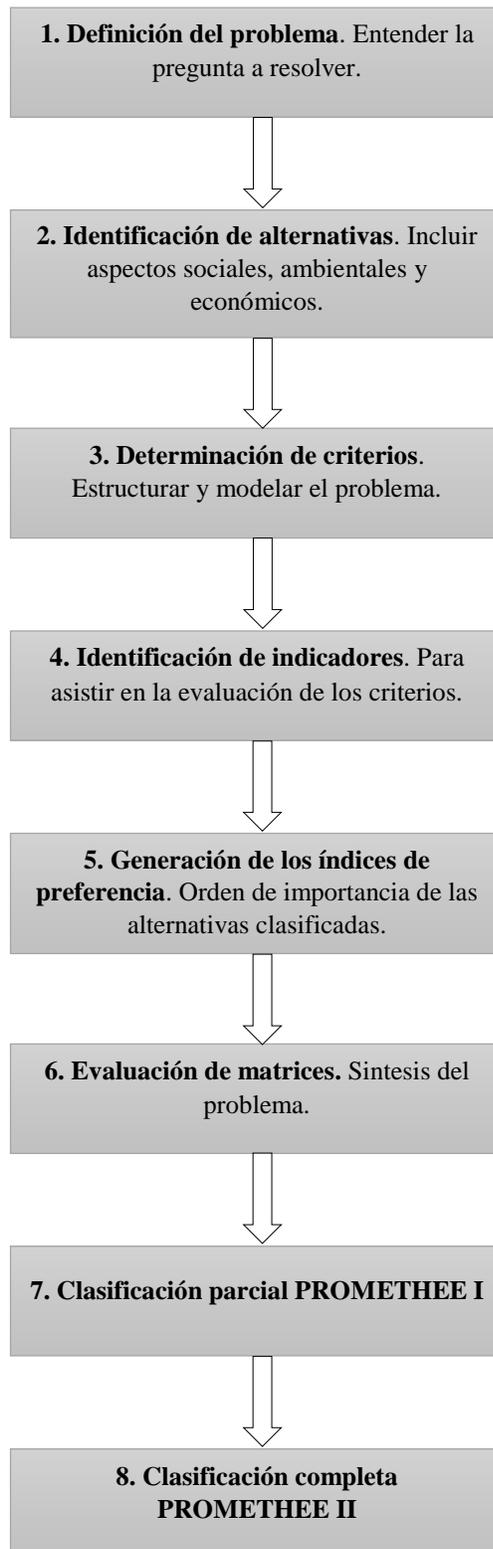
De acuerdo con Brans y Mareschal (2005) la estructura de preferencias de la metodología PROMETHEE se basa en comparaciones binarias, considerando la desviación entre la evaluación de dos alternativas. En los casos en los que la desviación sea pequeña, el tomador de decisiones asigna una preferencia para la mejor alternativa, incluso se puede considerar que no hay preferencia alguna si la desviación es insignificante, pero si la desviación es mayor, la preferencia también será mayor. Las preferencias son consideradas funciones reales que varían entre 0 y 1, por lo tanto para cada criterio el tomador de decisiones debe asignar una función. Se han propuesto seis tipos de función de preferencia (ver Anexo VI) por cada función hay que definir 0, 1 o 2 de los siguientes parámetros:

- Q: Umbral o límite de indiferencia. Es el valor mínimo de indiferencia, es decir, la desviación más grande que se considera insignificante por el decisor. Por ejemplo, pagar \$100 por una prenda de vestir es indiferente, en cambio pagar \$200 por la misma prenda es suficiente para generar un umbral de preferencia.
- P: Umbral de preferencia. Es el límite estricto de la preferencia, es decir, la desviación más pequeña que se considera suficiente para generar una amplia preferencia.
- S es un valor intermedio entre p y q.

4.5 Aplicación de la metodología PROMETHEE

En la figura 4.3 se observan los pasos seguidos para la aplicación de la metodología PROMETHEE en este trabajo.

Figura 4.3 Procedimiento del método PROMETHEE (adaptado de García, 2009 y Vázquez, 2013)



4.5.1 El problema

El problema que se plantea para este análisis es conocer los criterios más importantes para que la expansión del sector eólico fomente el desarrollo sostenible a nivel local.

4.5.2 El modelo

- Las acciones o alternativas

Las acciones o alternativas se refieren a los sitios con potencial eólico. Los dos sitios son El Hongo y La Rumorosa.

- Los grupos de criterios

1. Sociales

- a. Aceptación social
- b. Beneficio económico
- c. Impacto en la cultura

2. Ambiental

- d. Impacto ambiental

3. Económico

- e. Beneficio económico

4. Espaciales

- f. Técnicos
- g. Ecológicos

- Las escalas

Se empleó una escala numérica de 10 puntos para indicar el valor de cada criterio con base en los datos obtenidos en el trabajo de campo.

- Funciones de preferencia utilizadas

En el cuadro 4.15 se muestra la función de preferencia elegida para todos los indicadores de los criterios, para determinar la función se utilizó el menú de ayuda incluido en el software Visual PROMETHEE. De igual forma se indica el comportamiento de los indicadores.

o Función Tipo 3: V-shape

Esta función de preferencia es un caso especial de la función de preferencia lineal. El umbral de indiferencia es igual a 0. Por lo tanto, se adapta bien a los criterios cuantitativos donde incluso pequeñas desviaciones deben ser consideradas.

o Función Tipo 5: Lineal

La función de preferencia lineal es la mejor opción para los criterios cuantitativos cuando el umbral de indiferencia es deseable.

Cuadro 4.15 Función de preferencia y comportamiento de los indicadores (elaboración propia)

Criterios	Comportamiento de los indicadores	Función de preferencia
SOCIALES		
Aceptación social		
o Ruido generado por las turbinas	Min	V-shape
o Beneficios sociales, ambientales y económicos	Max	V-shape
o Compensaciones por daños a la fauna	Max	Lineal
o Compensaciones por daños a la vegetación	Max	Lineal
o Importancia de los cambios en el paisaje	Min	V-shape
o Consecuencias por los cambios en el paisaje	Min	V-shape
Beneficio social		
o Bombeo y tratamiento de agua	Max	Lineal
o Aumentar la disponibilidad de agua	Max	Lineal
Creación de empleos:		
o Empleos técnicos	Max	Lineal
o Empleos en gestión	Max	Lineal
o Empleos en dirección	Max	Lineal
o Empleos indirectos	Max	Lineal
Impacto cultural		
o Abandono de actividades tradicionales	Min	Lineal
o Pérdida de identidad	Min	Lineal
o Cambios en los usos y costumbres	Min	Lineal
AMBIENTALES		
Impacto ambiental		
o Riesgo de colisión de aves y murciélagos con turbinas	Min	Lineal
o Cambios en el comportamiento de la fauna	Min	V-shape
o Construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación	Min	Lineal
ECONÓMICOS		
Beneficio económico		
o Tener un contrato para rentar su terreno	Min	Lineal
o Participar como socios usando la tierra como capital para invertir	Max	Lineal
o Uso local de la electricidad generada	Max	Lineal

Uso de la electricidad generada para: <input type="radio"/> Refrigeración industrial <input type="radio"/> Actividades mineras <input type="radio"/> Actividades agropecuarias <input type="radio"/> Inversión local	Max Max Max Max	Lineal Lineal Lineal Lineal
ESPACIALES		
3. Técnicos <input type="radio"/> Potencial eólico <input type="radio"/> Relieve 4. Ecológicos <input type="radio"/> Sitio Prioritario Terrestre para la Conservación <input type="radio"/> Área de Importancia para la Conservación de las Aves Sierra Juárez	Max Max Min Min	Lineal Lineal Lineal Lineal

CAPÍTULO V RESULTADOS y DISCUSIÓN

5.1 Introducción

En este capítulo se describen los principales hallazgos y aportes de la investigación, se detallan los resultados del análisis multicriterio y la clasificación de preferencia de los sitios analizados con la metodología PROMETHEE, así como los resultados relacionados con la aceptación social.

El Hongo es la alternativa superior de los dos sitios de estudio de acuerdo con los criterios de desarrollo sostenible analizados. Los aspectos socioeconómicos coincidieron en algunos de los indicadores de manera muy puntual, entre los que se encuentran la creación de empleos en gestión de proyectos energéticos y empleos indirectos, el uso de la electricidad, y el uso de la electricidad para actividades económicas como la refrigeración industrial y la minería. Los resultados del análisis multicriterio indican que los criterios de beneficio social y el beneficio económico son los más importantes para el desarrollo sostenible.

De manera general, existe un apoyo significativo a los proyectos eólicos. La energía eólica es percibida como una fuente de energía limpia, los resultados de la encuesta indican que los proyectos eólicos tienen un beneficio colectivo y que en general no perjudica a las localidades. Sin embargo, también se presentó cierta inconformidad en la localidad de La Rumorosa, principalmente porque ningún porcentaje de la electricidad generada en la región se destina directamente para el desarrollo de la localidad.

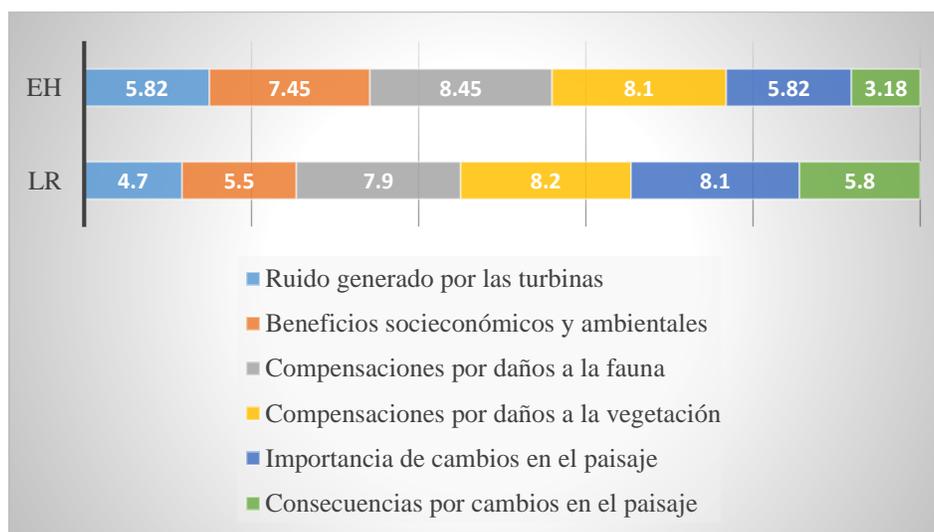
5.2 Análisis comparativo de las categorías de análisis entre los sitios de estudio

Los aspectos evaluados muestran una gran variación, las diferencias se registraron principalmente en los aspectos de aceptación social, el beneficio social y el beneficio económico. Sin embargo, algunos aspectos mostraron cierta similitud, sobre todo las categorías de impacto en la cultura e impacto ambiental.

5.2.1 Aceptación social

En la categoría de aceptación social (gráfica 5.2), con excepción del ruido y las compensaciones por daños a la fauna y la vegetación, existe un contraste significativo entre los diferentes indicadores. En La Rumorosa (LR) resalta la importancia de los cambios en el paisaje y sus potenciales repercusiones. Por el contrario en El Hongo (EH) no existe una preocupación tan alta por los cambios que puedan ocurrir en el paisaje.

Gráfica 5.2 Aceptación social (elaboración propia)



Otro aspecto que destaca es que la importancia de los beneficios socioeconómicos y ambientales es menor en LR que en EH, estos resultados concuerdan con los valores obtenidos por el concepto de la renta del territorio y la participación como socios (ver la categoría de beneficio económico). Una explicación de esta diferencia es que en EH hay un interés notable por impulsar un proyecto eólico que contribuya a fomentar el crecimiento económico local y maximice los beneficios económicos. Este es un interés legítimo y concuerda con el argumento de que los proyectos comunitarios de energía se encuentran fuertemente relacionados con la satisfacción de las necesidades inmediatas (Devine-Wright *et al.* en Rogers *et al.*, 2008).

Sin embargo, hay que resaltar que la opinión y percepción de las personas puede cambiar antes y después de la etapas de construcción y operación de un proyecto eólico. En LR se encuentran dos parques eólicos en funcionamiento, mientras que en EH actualmente no existe ninguno. A pesar de ello los encuestados en el EH poseen cierta familiaridad con este tipo de centrales

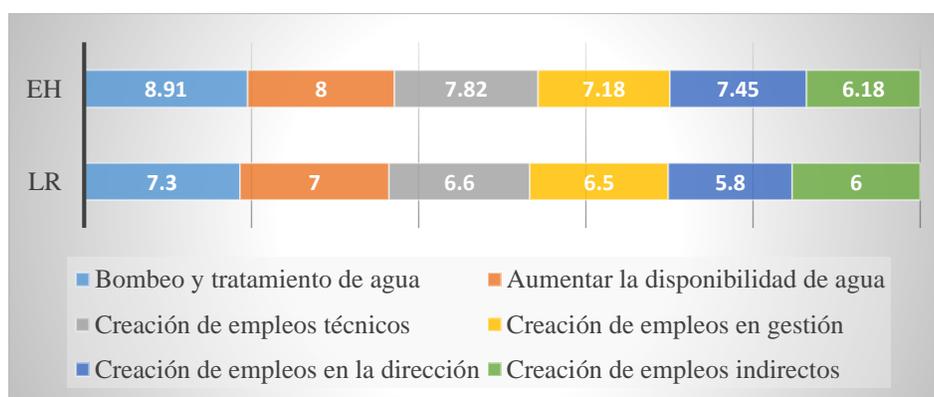
eléctricas. Por lo tanto, los encuestados probablemente valoren más los beneficios de contar con un proyecto eólico que a las posibles repercusiones negativas.

El monitoreo de las actitudes hechas por Bolsen (2008) en Enevoldsen y Sovacool, (2016) en un estudio longitudinal documenta la evolución de la actitud pública de los estadounidense hacia las diferentes fuentes de energía, del año 1974 hasta 2006. Actualmente la actitud es positiva hacia fuentes de energía renovable como la energía eólica y se ha vuelto negativa hacia fuentes tradicionales como la energía nuclear y los combustibles fósiles. Por lo tanto, la actitud pública cambia a lo largo del tiempo, en este sentido, en Baja California existe un campo fructífero para investigar cómo la evolución de la actitud pública hacia las fuentes de energía renovable.

5.2.2 Beneficio social

El beneficio social (gráfica 5.3) no cambió considerablemente en los dos sitios. Las principales diferencias se encuentran en el indicador de bombeo de agua y la creación de empleos en la dirección de proyectos energéticos. Estos resultados posiblemente se deban a la escasez de servicios públicos y fuentes de empleo a nivel local. El bombeo y tratamiento de agua es el indicador más alto en ambos sitios de estudio, este resultado fortalece la hipótesis de que hay una prioridad por cubrir primeramente las necesidades básicas.

Gráfica 5.3 Beneficio social (elaboración propia)



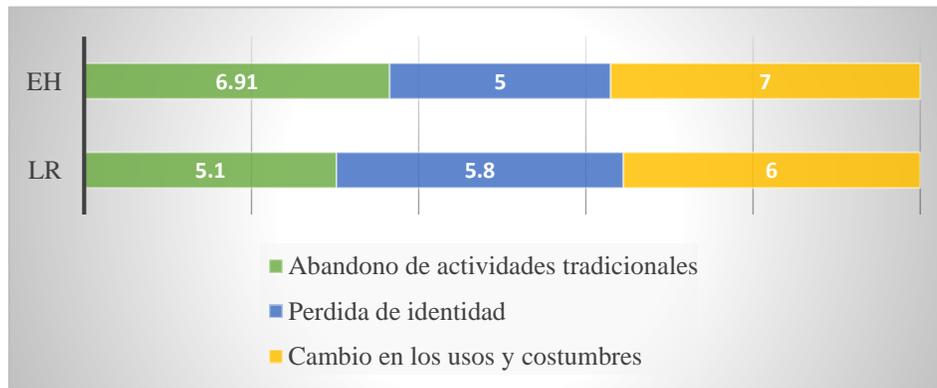
5.2.3 Impacto en la cultura

En la categoría de impacto en la cultura (gráfica 5.4) los cambios en los usos y costumbres es el indicador más alto en ambos sitios de estudio. La variación más significativa ocurrió en el indicador de abandono de actividades tradicionales. En general, los indicadores de este criterio

son muy similares. Por lo tanto, se infiere que a pesar de la diferencia de contextos y dinámicas sociales que poseen ambos sitios, sus preocupaciones son similares.

Sin embargo, es importante destacar que un estudio con un enfoque más cualitativo para evaluar estos aspectos aportaría evidencias más significativas sobre cómo los proyectos eólicos impactan en la cultura de las sociedades.

Gráfica 5.4 Impacto en la cultura (elaboración propia)



5.2.4 Impacto ambiental

En la categoría de impacto ambiental (gráfica 5.5) de manera general es evidente la similitud entre los indicadores en ambos sitios de estudio. En LR existe una menor preocupación por los impactos directos en la avifauna y los murciélagos (a pesar de contar con dos parques eólicos en funcionamiento), pero expresan una mayor preocupación por los cambios en el comportamiento de la fauna. Por otra parte en EH existe una mayor preocupación por la construcción de obra civil, probablemente porque EH se trate de un sitio no urbanizado.

Gráfica 5. 5 Impacto ambiental (elaboración propia)

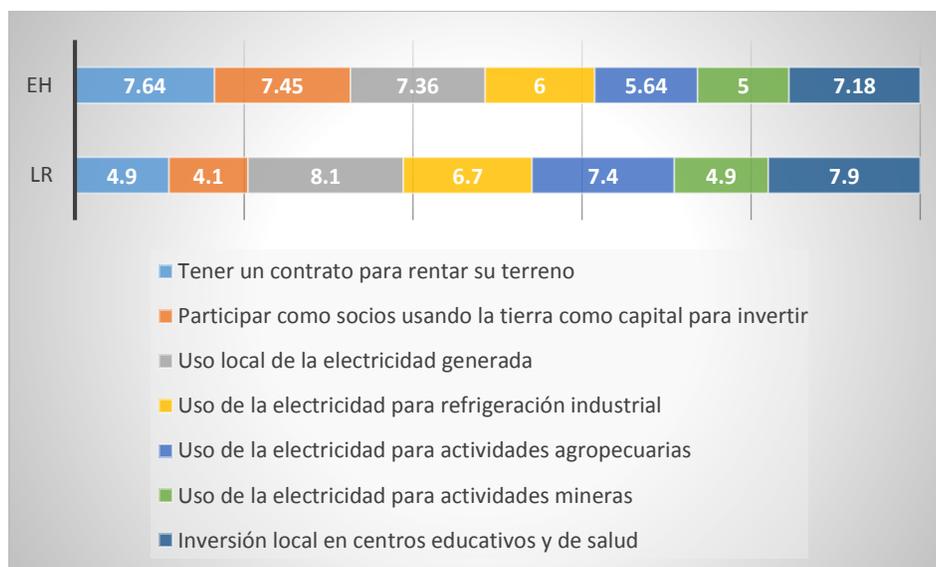


5.2.5 Beneficio económico

La hipótesis de investigación es que los beneficios socioeconómicos son el factor más importante para fomentar el desarrollo sostenible mediante proyectos eólicos. Se esperaba que el criterio de beneficio socioeconómico (gráfica 5.6) tuviera un desempeño muy similar en ambos sitios, esto indicaría que es uno de los principales criterios que deben fomentarse. Sin embargo, los resultados de este criterio a simple vista son muy heterogéneos, aunque algunos de los indicadores como el uso de la energía para refrigeración industrial y minería obtuvieron valores muy parecidos. Este punto se tocará más adelante en los resultados del análisis multicriterio.

La explicación de la variación en estos resultados es la diferencia en el contexto social y económico de los sitios analizados. Probablemente debido a la condición suburbana, en LR le otorgaron valores más altos a cuestiones relacionadas con las actividades de la economía local como el uso de energía para actividades agropecuarias. Por otro lado, en los rubros renta del territorio y participación como socios, es notorio que los encuestados de EH y LR están interesados en rentar su territorio y en menor medida participar bajo un esquema de socios de un proyecto eólico, en este sentido, los resultados indican un interés claramente superior en estos rubros en EH.

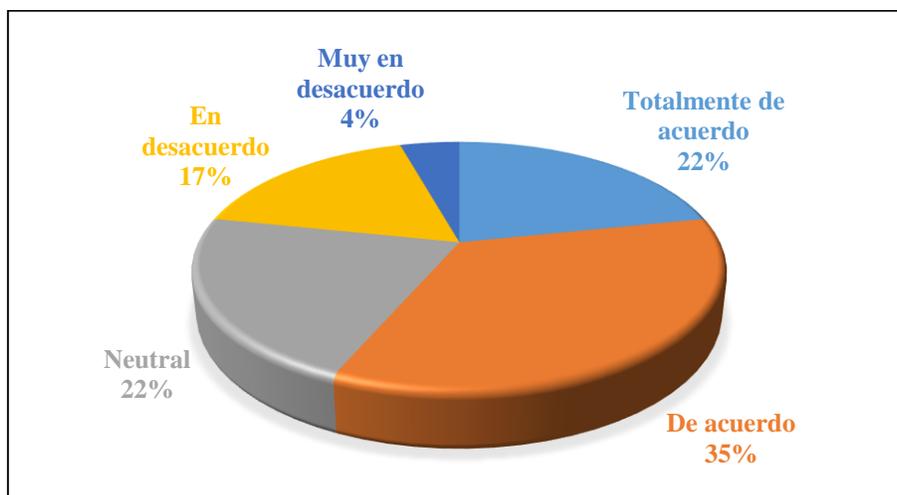
Gráfica 5.6 Beneficio económico (elaboración propia)



5.3 Aceptación social de la energía eólica

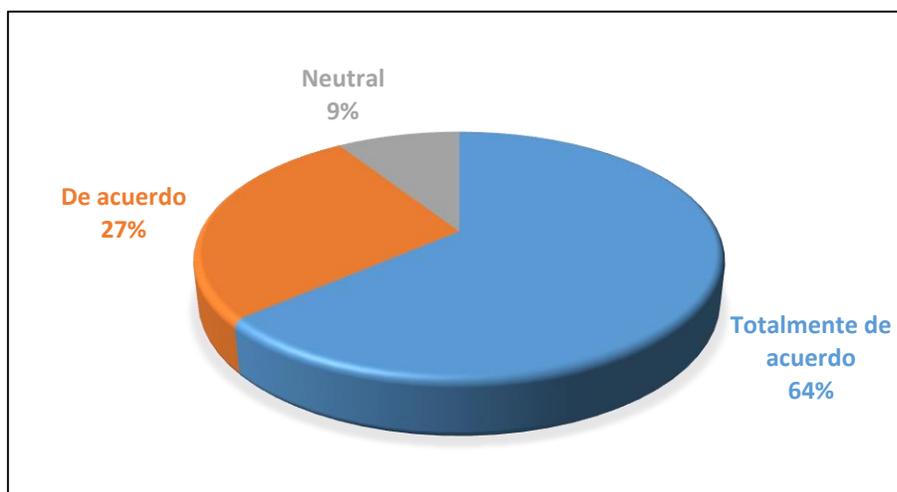
En LR más de la mitad de las personas encuestadas apoyan los proyectos de energía eólica (gráfica 5.7). Sin embargo, hubo algunas personas que respondieron que los parques eólicos contribuyen al deterioro ambiental.

Gráfica 5.7 Apoyo a los proyectos eólicos en La Rumorosa (elaboración propia)



De manera inesperada en El Hongo el porcentaje de personas que está en desacuerdo con los parques eólicos es cero (gráfica 5.8). Sin embargo, uno de los hallazgos más notables es el alto porcentaje de neutralidad, especialmente en LR. En este sentido, algunos de los encuestados en LR expresaron que apoyarían en mayor medida la construcción de parques eólicos si fuera para beneficio de México (en referencia al parque eólico Energía Sierra Juárez).

Gráfica 5.8 Apoyo a los proyectos eólicos en El Hongo (elaboración propia)



En este sentido, de acuerdo con Walker *et al.*, (2014); Enevoldsen y Sovacool (2016) y Huesca-Pérez *et al.*, (2016) varios elementos influyen en la aceptación de la comunidad, entre estos se encuentra el beneficio económico y el beneficio social.

La sugerencia para contribuir a incrementar la aceptación social de la energía eólica es que se organicen planes de educación y sensibilización sobre la importancia de implementar proyectos de energía con base en fuentes renovables. Respecto a este planteamiento, las organizaciones que buscan impulsar proyectos comunitarios de energía se han desempeñado como agentes capaces de establecer redes de enlace a nivel local y global para promover estos proyectos entre la sociedad. En los Países Bajos, las organizaciones de la sociedad civil proporcionan un enfoque útil para que los ciudadanos participen en la transición hacia sistemas energéticos sostenibles. Sin embargo, para que estos esfuerzos perduren es necesario que desarrollen una estructura organizacional bien definida y que cuenten con el apoyo institucional por parte de los diferentes órdenes de gobierno (Van der Schoor y Scholtens, 2015).

En el cuadro 5.16 se indican algunas de las ventajas y desventajas de los esquemas comunitarios para el aprovechamiento de las fuentes de energía renovable que nacen a partir de iniciativas ciudadanas.

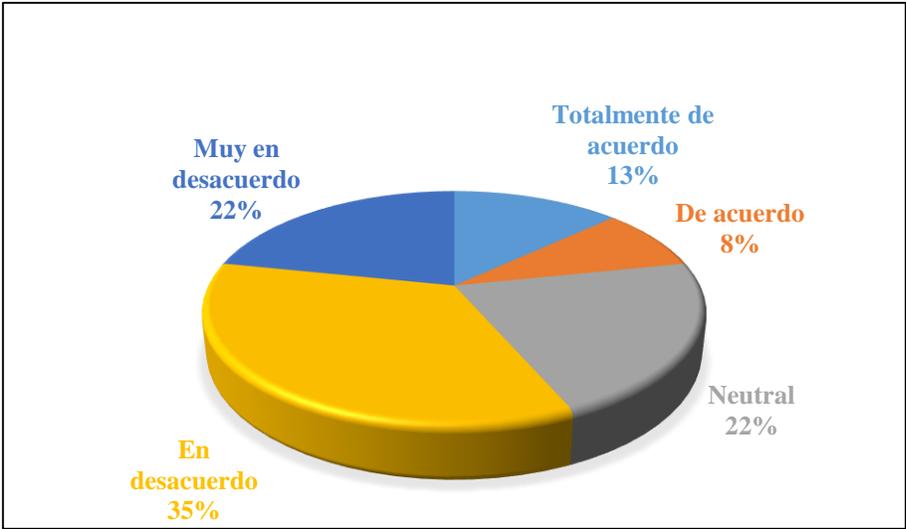
Cuadro 5.16 Ventajas y desventajas de un esquema de proyectos energéticos comunitarios basado en Hain *et al.*, (2005); Munday *et al.*, (2011); Okkonen y Lehtonen, (2016) y Rogers *et al.*, (2008)

Ventajas	Desventajas
Los proyectos comunitarios tienen el potencial de empoderar a las comunidades y lograr la autosuficiencia energética local.	Proyectos de energía renovable a pequeña escala no reciben subvenciones por parte del gobierno.
Los proyectos energéticos de propiedad comunal tienen un potencial a largo plazo de generar ingresos estables. Garantizando que los beneficios económicos del proyecto sean para la localidad.	Financiar proyectos de gran escala resulta sumamente costoso. Por lo que es poco probable implementar un gran proyecto bajo un esquema comunitario.
Contribuyen a alcanzar los objetivos regionales y nacionales de mitigar las emisiones de GEI.	Dificultades de conexión a la red cuando son proyectos de escala muy pequeña.
Los proyectos comunitarios pueden dirigirse a mitigar la pobreza energética. Situación en la cual la comunidad no puede pagar o no tiene acceso a fuentes de energía. Así como a minimizar los bajos ingresos y las escasas oportunidades de	Es poco probable que el esquema comunitario se popularice sin apoyo institucional.

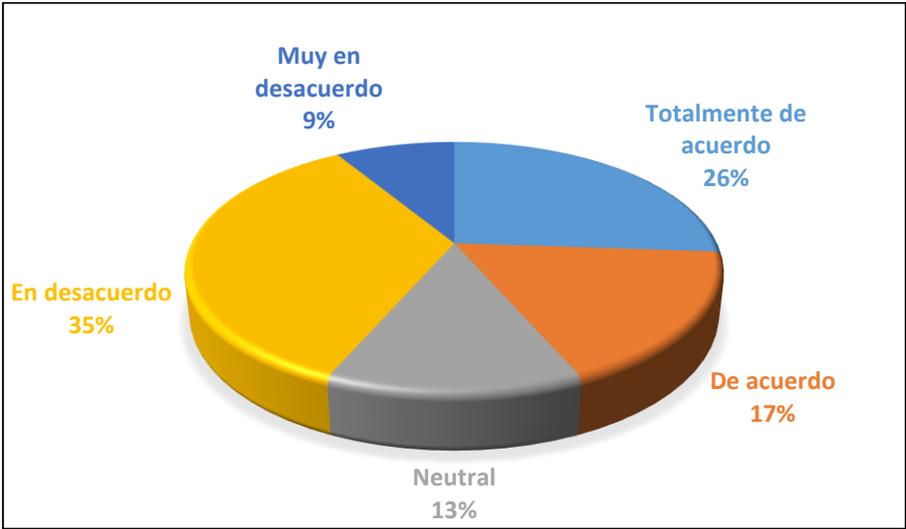
<p>empleo. Los ingresos del proyecto reinvertidos en la economía local generan hasta ocho veces más empleos en comparación con el esquema típico.</p>	
---	--

Aunque durante el trabajo de investigación no se documentó algún beneficio directo en la región de LR. Las personas encuestadas piensan que los parques eólicos les han traído algún beneficio a nivel personal como la creación de empleos (gráfica 5.9) y a nivel colectivo la mejora del ambiente (gráfica 5.10).

Gráfica 5.9 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos les traerá un beneficio personal (elaboración propia)

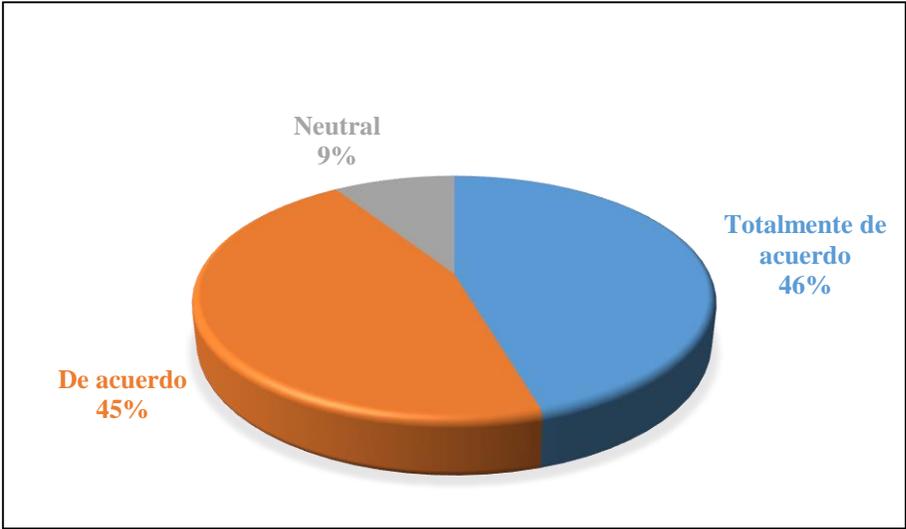


Gráfica 5.10 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos son benéficos para la localidad (elaboración propia)

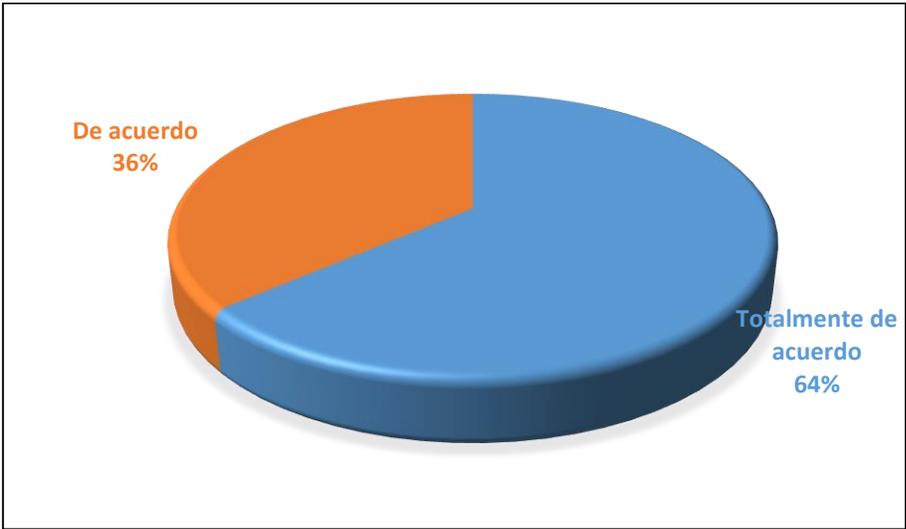


Por otro lado, las personas en EH no han experimentado la implementación de una central eólica en su territorio, a pesar de ello, los resultados sobre los beneficios personales (gráfica 5.11) y los beneficios colectivos (gráfica 5.12) indican una tendencia similar. Los miembros de la sociedad cooperativa han expresado abiertamente su deseo de participar como socios en el proyecto eólico. Este interés posiblemente justifique los resultados tan favorables obtenidos en este sitio.

Gráfica 5.11 Porcentaje de personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos les traerá un beneficio personal (elaboración propia)

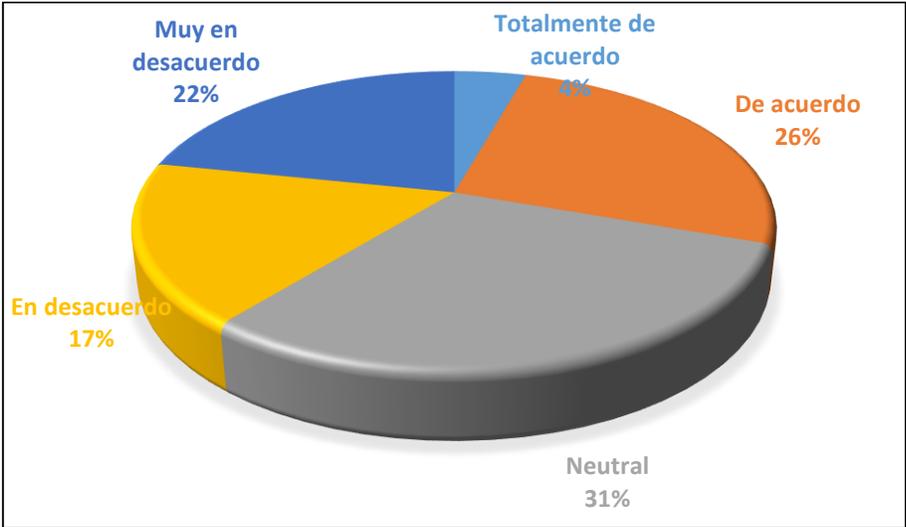


Gráfica 5.12 Personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos son benéficos para la localidad (elaboración propia)

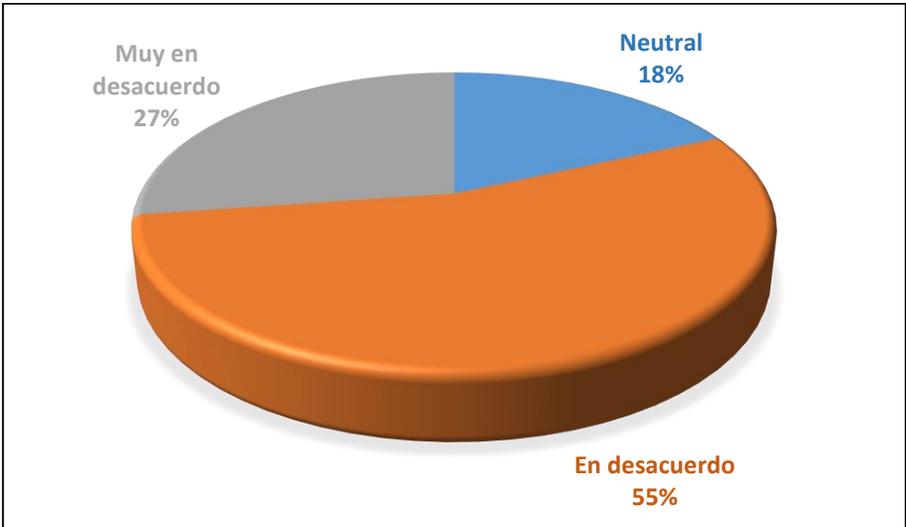


Por último, se presentan los resultados de la percepción de un impacto negativo en la localidad por los proyectos eólicos (Gráficas 5.13 y 5.14).

Gráfica 5.13 Personas en La Rumorosa que piensan que los parques eólicos tendrán un impacto negativo en la localidad (elaboración propia)



Gráfica 5.14 Personas en El Hongo que piensan que los parques eólicos tendrán un impacto negativo en la localidad (elaboración propia)



En LR un total de 39 por ciento de los encuestados está en desacuerdo con que los parques eólicos sean dañinos para la comunidad, aunque existe un significativo porcentaje de 30 por ciento que respondió lo contrario, así como una gran neutralidad. No se ha profundizado en conocer las razones des estos resultados, pero se sugiere que ha faltado información, así como programas de educación y concientización sobre los beneficios e impactos negativos de la

energía eólica. Por otro lado, los resultados en EH respaldan el argumento de que existe una clara tendencia a favor de los proyectos eólicos. Otro elemento para incrementar la aceptación social es involucrar a la población en la planeación de estos proyectos, (Enevoldsen y Sovacool, 2016). Desafortunadamente esto no ha ocurrido en la región de La Rumorosa, ya que durante el trabajo de campo se pudo comprobar que no existe un intercambio de información entre los desarrolladores de proyectos eólicos y las localidades.

Por último, la generación de empleos y destinar una parte de la electricidad generada al consumo local son algunas de las principales respuestas de los encuestados para aumentar la aceptación de los parques eólicos. Sin embargo, la provisión de beneficios sociales o económicos no debe tomarse a la ligera, ya que pueden llegar a considerarse como dádivas o sobornos para reducir la oposición a los proyectos eólicos (Walker *et al.*, 2014).

5.4 Resultados del análisis multicriterio

En esta sección se muestran los resultados del análisis multicriterio, los indicadores que fueron empleados para analizar los sitios se encuentran agrupados de acuerdo con las dimensiones del desarrollo sostenible y los criterios espaciales (cuadro 5.17). El análisis multicriterio clasifica el sitio El Hongo como la opción preferible para fomentar el desarrollo sostenible con base en proyectos de energía eólica, siempre y cuando se cumpla con los criterios que han sido identificados como más importantes.

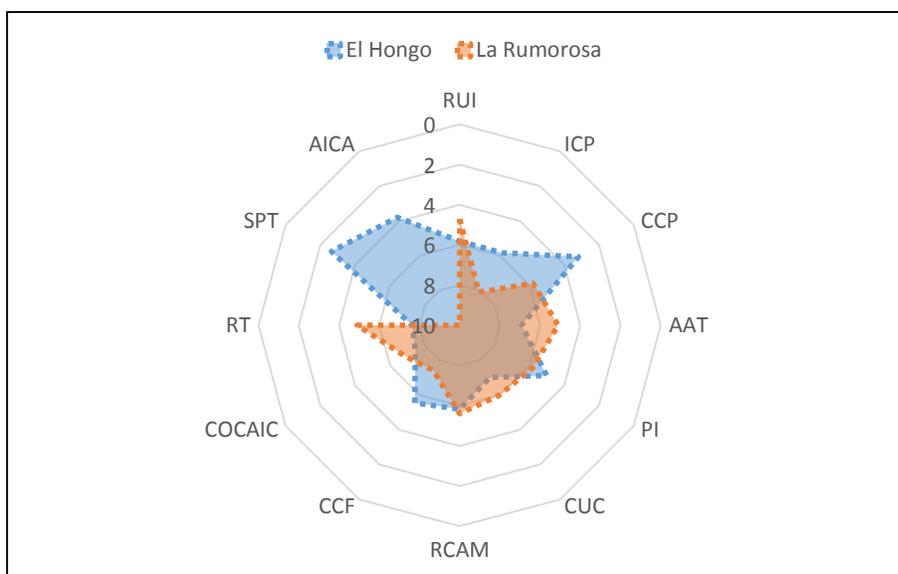
Cuadro 5.17 Indicadores de desarrollo sostenible (elaboración propia)

CLUSTER	GRUPO DE CRITERIOS	CRITERIOS	INDICADORES	
			La Rumorosa	El Hongo
Social	Aceptación social	o Ruido generado por las turbinas	4.7	5.82
		o Beneficios sociales, ambientales y económicos	5.5	7.45
		o Compensaciones por daños a la fauna	7.9	8.45
		o Compensaciones por daños a vegetación	8.2	8.1
		o Importancia de los cambios en el paisaje	8.1	5.82
		o Consecuencias por los cambios en el paisaje	5.8	3.18

	Beneficio social	o Bombeo y tratamiento de agua	7.3	8.91
		o Aumentar la disponibilidad del agua	7	8
		o Creación de empleos técnicos	6.6	7.82
		o Creación de empleos en gestión	6.5	7.18
		o Creación de empleos en la dirección	5.8	7.45
		o Creación de empleos indirectos	6	6.18
	Impacto en la cultura	o Abandono de actividades tradicionales	5.1	6.91
		o Pérdida de identidad	5.8	5
		o Cambios en los usos y costumbres	6	7
Ambiental	Impacto ambiental	o Riesgo de colisión de aves y murciélagos con turbinas	5.6	5.82
		o Cambios en el comportamiento de la fauna	7.4	5.55
		o Construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación	6.9	7.45
Económico	Beneficio económico	o Tener un contrato para rentar su terreno	4.9	7.64
		o Participar como socios usando la tierra como capital para invertir	4.1	7.45
		o Uso local de la electricidad generada	8.1	7.36
		o Uso de la electricidad para refrigeración industrial	6.7	6
		o Uso de la electricidad para actividades agropecuarias	7.4	5.64
		o Uso de la electricidad para actividades mineras	4.9	5
		o Inversión local	7.9	7.18
Espaciales	Técnicos	o Potencial eólico	5.71	7.14
		o Relieve	5.47	6.8
	Ecológicos	o Sitio Prioritario Terrestre para la Conservación	10	2.63
		o Área de Importancia para la Conservación de Aves Sierra Juárez	10	3.8

Las siguientes gráficas radiales de amiba indican el desempeño de los sitios de estudio con base en los 29 indicadores de desarrollo sostenible y espaciales. La gráfica 15.5 muestra el perfil de los sitios de estudio con base en los criterios a minimizar. Los criterios cercanos a la parte externa del círculo, obtuvieron valores altos y por lo tanto son criterios no deseables.

Gráfica 5.15 Perfil de los sitios de estudio con criterios a minimizar (elaboración propia)

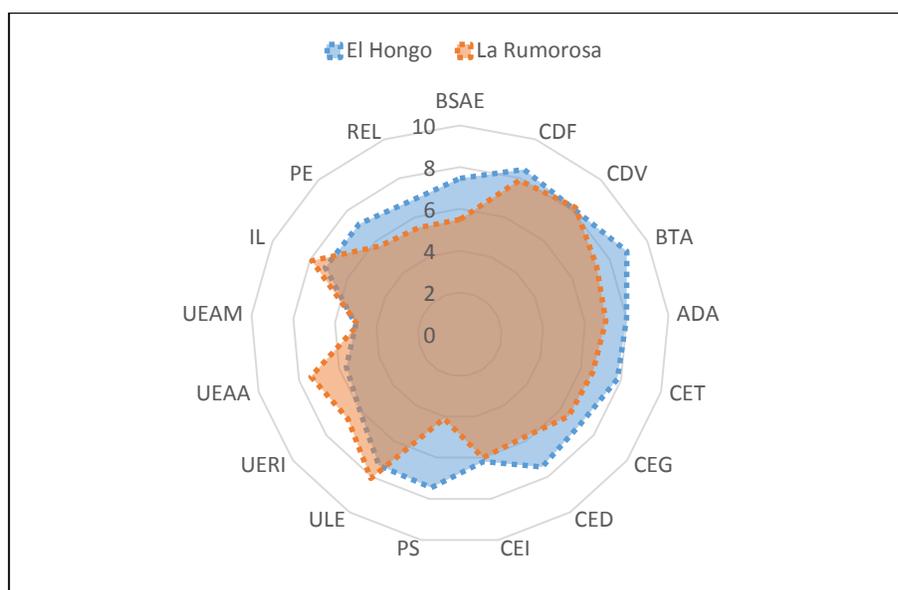


RUI. Ruido generado por las turbinas. **ICP.** Importancia de los cambios en el paisaje. **CCP.** Consecuencias por los cambios en el paisaje. **AAT.** Abandono de actividades tradicionales. **PI.** Pérdida de identidad. **CUC.** Cambios en los usos y costumbres. **RCAM.** Riesgo de colisión de aves y murciélagos con turbinas. **CCF.** Cambios en el comportamiento de la fauna. **COCAIC.** Construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación. **RT.** Renta de su terreno. **SPT.** Sitio Prioritario Terrestre para la Conservación. **AICA.** Área de importancia para la conservación de aves.

En el caso de El Hongo resaltan los bajos valores que tienen los criterios ecológicos (SPT y AICA), así como la importancia de la modificación del paisaje. Lo que se interpreta como un potencial impacto ambiental y paisajístico evaluado como bajo. Sin embargo, hay que aclarar que la información de CIPAMEX y CONABIO (1999) y CONABIO (2007) empleada para el análisis únicamente ofrece una primer acercamiento, ya que la escala geográfica de los SPT y la AICA es regional, la recomendación es llevar a cabo monitoreos e inventarios de fauna con un detalle más fino para incorporar esa información en trabajos futuros. Por otro lado, los valores corresponden con los datos obtenidos de la encuesta, por lo que los valores reflejan las actitudes y opiniones de las personas con todo lo que ello implica.

En la gráfica 5.16 se muestran el perfil de los sitios de estudio con base en los criterios a maximizar. En La Rumorosa los criterios ecológicos tienen una puntuación muy alta, lo que indica que este sitio es prioritario para la conservación de la diversidad biológica. De igual manera la importancia para que se implementen medidas de compensación a la fauna y vegetación dañada es alta y muy similar en ambos sitios, estos resultados denotan una preocupación por la categoría de impacto ambiental. Así mismo, en La Rumorosa destaca los altos valores que tienen los cambios en el paisaje y sus repercusiones. El impacto visual es un tema muy subjetivo, y muy probablemente los resultados sean un reflejo del desarrollo eólico que se ha dado en la localidad de La Rumorosa.

Gráfica 5.16 Perfil de los sitios de estudio con criterios a maximizar (elaboración propia)



CDF. Compensaciones por daños a la fauna. **CDV.** Compensaciones por daño a la vegetación. **ICP.** Importancia de los cambios en el paisaje. **BTA.** Bombeo y tratamiento de agua. **ADA.** Aumentar la disponibilidad del agua. **CET.** Creación de empleos técnicos. **CEG.** Creación de empleos en gestión. **CED.** Creación de empleos en dirección. **CEI.** Creación de empleos indirectos. **PS.** Participar como socios. **ULE.** Uso local de la energía. **UERI.** Uso de la energía para refrigeración industrial. **UEAA.** Uso de la energía para actividades agropecuarias. **UEAM.** Uso de la energía para actividades mineras. **IL.** Inversión local en centros educativos y de salud. **PE.** Potencial eólico. **REL.** Relieve, medido como grado de irregularidades del terreno en el área de estudio.

5.4.1 Clasificación PROMETHEE

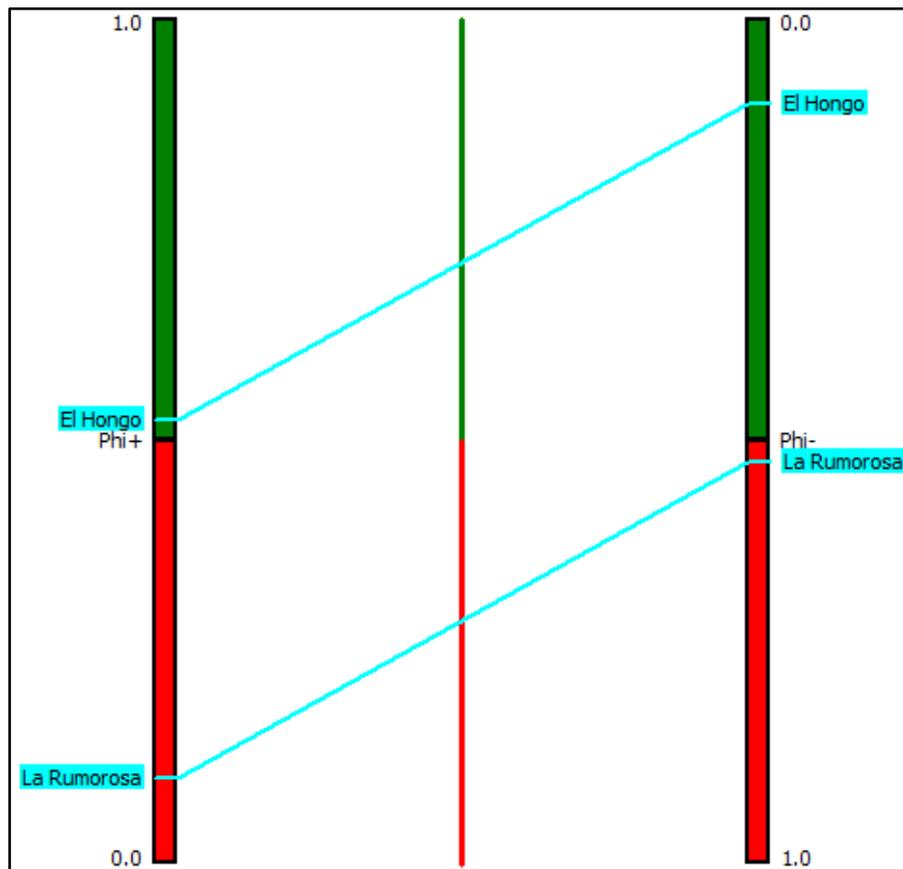
La clasificación parcial PROMETHEE I se obtiene de los flujos de preferencia Φ^+ y Φ^- (Cuadro 5.18) a partir de la comparación por pares y la evaluación de las acciones con base en las funciones de preferencia. En esta clasificación parcial la alternativa El Hongo es superior a la alternativa La Rumorosa.

Cuadro 5.18 Flujos de preferencia obtenidos con Visual PROMETHEE (2013)

Acciones	Phi	Phi+-	Phi-
La Rumorosa	-0.2033	0.1119	0.3152
El Hongo	0.2033	0.3152	0.1119

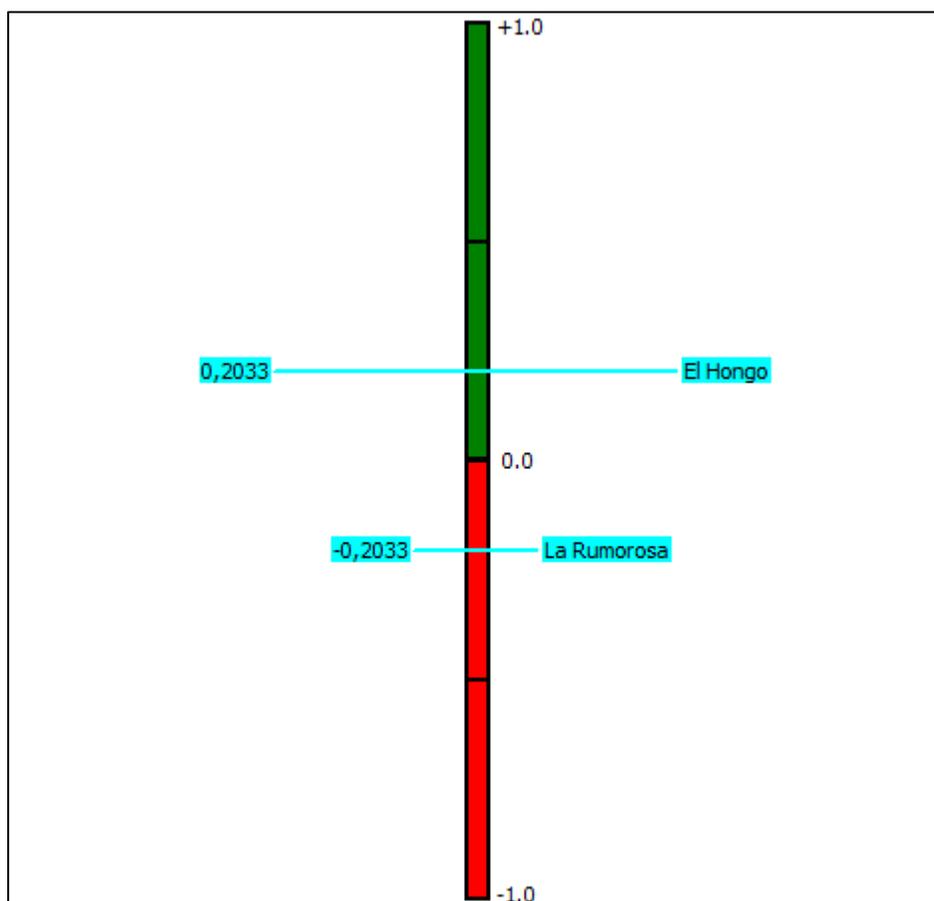
La gráfica 5.17 muestra la clasificación de las acciones, El Hongo se posiciona en la parte superior. Cuando dos acciones se intersectan en un punto son incomparables, este no es el caso, pero esta preclasificación es útil para resaltar este aspecto.

Gráfica 5.17 Clasificación parcial PROMETHEE obtenido con Visual PROMETHEE (2013)



En la clasificación PROMETHEE II (gráfica 5.18) el sitio de El Hongo se consolida como la opción superior.

Gráfica 5.18 Clasificación completa PROMETHEE obtenido con Visual PROMETHEE (2013)

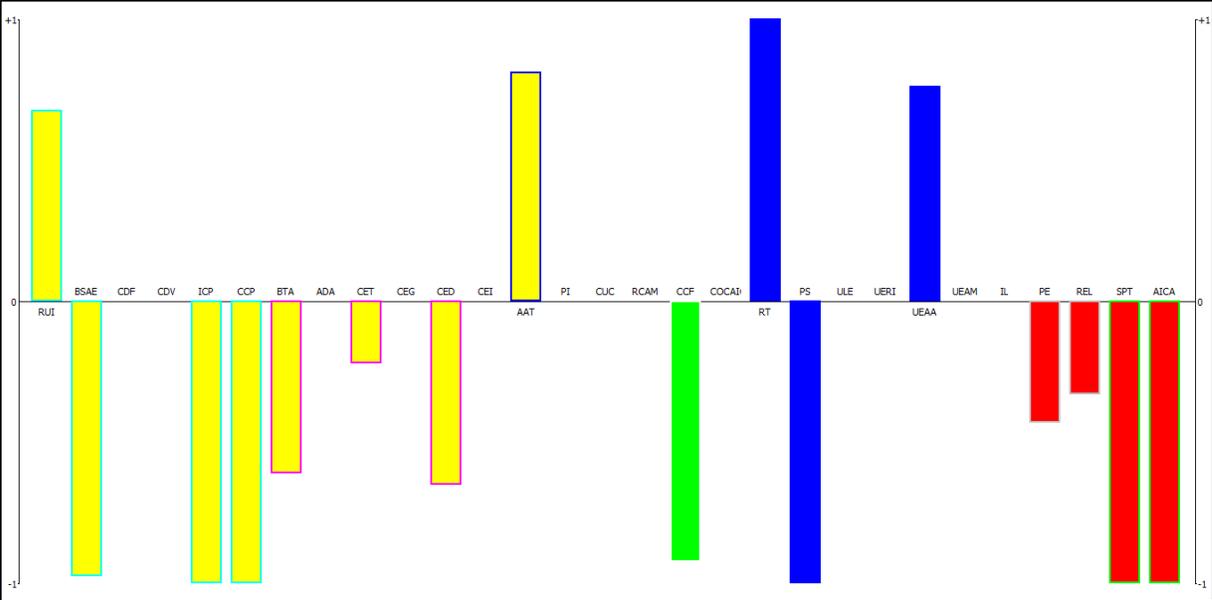


El análisis multicriterio realizado ha sido útil para identificar los indicadores de mayor importancia para el desarrollo sostenible. En este análisis no se han utilizado pesos para los indicadores, por lo que no hay una diferencia de importancia entre cada criterio. Lo recomendable es quizás que estos criterios tengan una ponderación según la importancia que tengan para los tomadores de decisiones y las localidades.

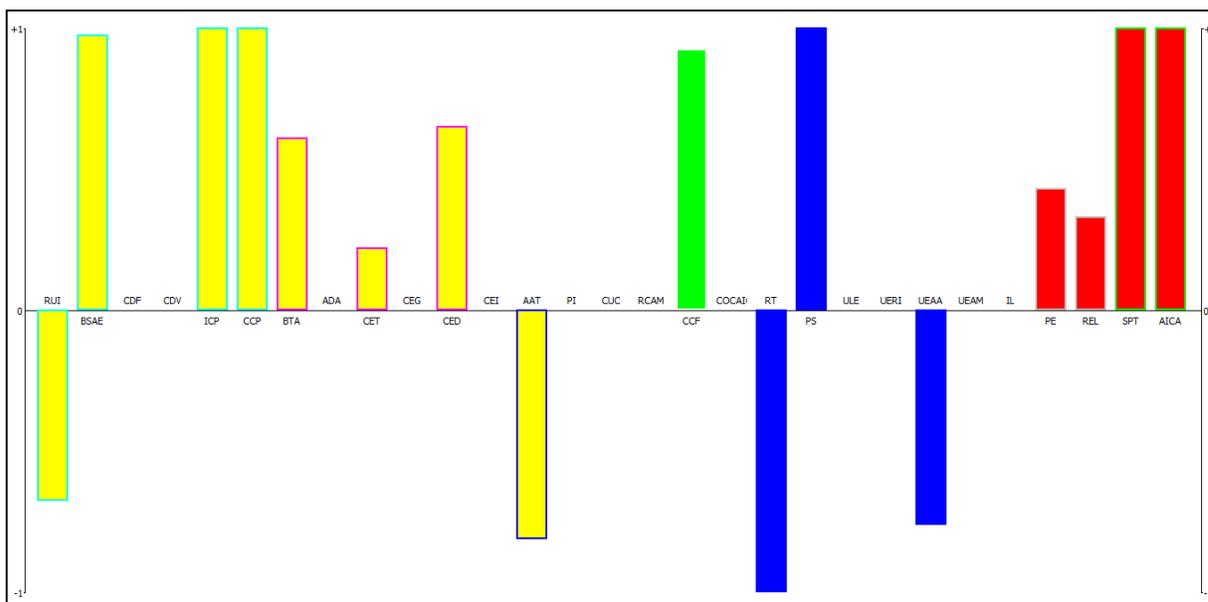
Por ahora, el ejercicio ha mostrado la complejidad que implica el análisis y la evaluación de los criterios de sostenibilidad. El trabajo realizado se concentró en conocer los criterios de sostenibilidad que tienen mayor importancia para los agentes locales a partir de la aplicación de una encuesta, asimismo, se evaluaron los criterios técnicos y ecológicos empleando

herramientas de SIG. Todos estos datos se procesaron y analizaron mediante un método de relaciones de preferencia por pares, el resultado de la investigación es que el desarrollo sostenible puede ser fomentado a partir de los criterios que integran las categorías de beneficio social y beneficio económico. Finalmente se observó que la energía eólica es socialmente aceptable en la región de La Rumorosa. Sin embargo, se debe resaltar que para fomentar el desarrollo sostenible también se deben involucrar a los actores del sector público y privado. En las gráficas 5.19 y 5.20 se presentan los perfiles de La Rumorosa y El Hongo, respectivamente se muestran: 15 indicadores sociales, divididos en 3 grupos (6 de aceptación social con contorno color turquesa, 6 de beneficio social con contorno color rosa y 3 de impacto en la cultura con contorno color azul marino, todas las barras amarillas); 3 indicadores ambientales (barra verde); 7 indicadores económicos (barra azul) y finalmente dos indicadores espaciales de tipo técnico (barra roja contorno gris) y dos indicadores espaciales de tipo ecológico (barra roja contorno verde). La orientación de las barras representa el flujo del índice Phi, las barras localizadas en la parte superior pertenecen a los indicadores en los que esta acción es superior o preferible, en cambio las barras de la parte inferior representa los indicadores en los que la acción es débil.

Gráfica 5.19 Perfil de La Rumorosa obtenido con Visual PROMETHEE (2013)



Gráfica 5.20 Perfil de El Hongo obtenido con Visual PROMETHEE (2013)



A partir del perfil de las acciones analizadas (La Rumorosa y El Hongo) se identificaron como importantes para el desarrollo sostenible mediante proyectos eólicos, los siguientes criterios:

1. Compensaciones por daños a la fauna.
2. Compensaciones por daños a la vegetación.
3. Aumento de la disponibilidad del agua.
4. Creación de empleos en gestión de proyectos energéticos.
5. Creación de empleos indirectos.
6. Pérdida de la identidad.
7. Cambios en los usos y costumbres.
8. Riesgo por colisión de aves y murciélagos.
9. Construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación.
10. Uso local de la electricidad generada.
11. Uso de la electricidad generada para refrigeración industrial
12. Uso de la electricidad generada para actividades mineras.
13. Inversión local en centros educativos y de salud.

Se identificó que las categorías que contribuyen a satisfacer las necesidades básicas son reiterativas en los dos sitios de estudio. Los grupos de criterios beneficio social agrupa los

siguientes aspectos: aumento de la disponibilidad del agua, creación de empleos en gestión de proyectos energéticos y creación de empleos indirectos. El grupo de beneficio económico engloba los aspectos: uso local de la electricidad generada, uso de la electricidad para refrigeración industrial, el uso de la electricidad para actividades mineras e inversión local en centros educativos y de salud. El resto de los criterios agrupa sólo dos aspectos, por lo tanto, se concluye que la hipótesis no se rechaza. Con estos resultados se podría concluir que los beneficios sociales y económicos son los principales criterios para fomentar el desarrollo sostenible. Sin embargo, no se debe olvidar que el desarrollo sostenible es multidimensional, por lo tanto, no debe ser reducido a la dimensión económica y social.

A pesar de las limitaciones metodológicas y conceptuales de la investigación, el estudio ofrece evidencia sobre cuáles aspectos del desarrollo sostenible son recomendables para futuros proyectos eólicos. Tomando las precauciones pertinentes, los resultados pueden extrapolarse a otros contextos y son aplicables a proyectos que busquen fomentar el desarrollo sostenible. Por lo tanto, los aspectos identificados son útiles para proporcionar una idea preliminar a todos aquellos actores y agentes interesados en fomentar el desarrollo local.

5.5 Recomendaciones para investigaciones futuras

Respecto a las recomendaciones para trabajos futuros se recomienda seleccionar los criterios con base en otro tipo de enfoques, como los que se enuncian a continuación: enfoque sistémico: los criterios reflejan los rasgos esenciales y el desempeño de los sistemas energéticos; enfoque de uniformidad: el conjunto de criterios es compatible con el objetivo del proceso de toma de decisiones; enfoque de independencia: los criterios reflejan el desempeño de las alternativas desde diferentes ángulos; enfoque de mensurabilidad: los criterios son cuantificables en la medida de lo posible o expresados de manera cualitativa; y por último el enfoque de comparabilidad: el resultado del proceso de decisión se vuelve más racional cuando la comparabilidad de los criterios es evidente (Ye, 2006 y Jin, 2008 en Wang *et al.*, 2009). Así mismo, es recomendable utilizar un orden de importancia para los pesos de los criterios e incluir un análisis de sensibilidad, así como realizar pruebas de robustez empleando otros métodos multicriterio.

De acuerdo con Wang *et al.*, (2010) los aspectos sociales se han convertido en los criterios más importantes para la aceptación de los sistemas de energía en las últimas décadas. La encuesta

de aceptación social aplicada permitió estimar el porcentaje de personas que apoyan los proyectos eólicos, así como observar si piensan que les traerá un beneficio personal y colectivo o un perjuicio en su comunidad. En este caso se empleó un diseño no experimental. Sin embargo, un diseño experimental sería útil para observar de qué manera aumenta o disminuye la aceptación social a partir de la manipulación de variables como el ruido generado por las turbinas, los impactos en la diversidad biológica, los cambios en el paisaje, los cambios en los beneficios sociales y económicos, la distancia de la localidad con respecto al parque eólico, etcétera.

Los datos en El Hongo fueron obtenidos gracias a la colaboración de los miembros de la sociedad cooperativa. Sin embargo, no se profundizó en el análisis de esta organización, pues no fue parte de los objetivos de la investigación. Por este motivo se sugiere realizar una caracterización de las organizaciones formales que buscan impulsar proyectos de energía renovables recurriendo a ejemplos internacionales exitosos, esto con el fin de describir sus atributos e identificar las fortalezas que pueden ser útiles para las organizaciones de este tipo en México.

Se recomienda aumentar el tamaño de la muestra para que los resultados de un futuro análisis sean estadísticamente representativos. Así como incluir otros sitios en el análisis e incluso dado el carácter transfronterizo del parque eólico Energía Sierra Juárez se sugiere tomar en cuenta sitios en California, Estados Unidos. El supuesto es que los beneficios económicos y sociales son los que priman para el desarrollo sostenible, pero la comparación con otros sitios seguramente enriquecerá los resultados del análisis.

Finalmente se recomienda emplear técnicas cualitativas para obtener información más detallada en aspectos como el impacto en la cultura, las actitudes respecto a los cambios en el paisaje y la percepción de la energía eólica en relación con la mitigación del cambio climático. Así como para explorar la confianza dentro de la localidad, pues se ha reportado que la confianza, entre otros elementos, es necesaria para desarrollar los proyectos comunitarios de energía renovable (Walker *et al.*, 2010).

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

La viabilidad de los proyectos eólicos en la zona de estudio de acuerdo con los criterios técnicos, ambientales y ecológicos es mayor en El Hongo. La importancia y las consecuencias por el cambio en el paisaje, así como el potencial impacto ambiental en este sitio repercuten en favor del desarrollo eólico.

Las categorías de beneficio social y beneficio económico obtuvieron valores altos y muy similares en ambas acciones analizadas. Sin embargo, dado que el desarrollo sostenible es multidimensional se sugiere que la construcción de centrales eólicas fomente el desarrollo local a través de los trece criterios identificados como más importantes en ambas acciones y que incluyen las tres dimensiones del desarrollo sostenible analizadas.

Los criterios socioeconómicos con mayor influencia para la aceptación de los proyectos eólicos que se han identificado son el criterio de uso local de la electricidad para cubrir necesidades que van desde el uso doméstico hasta la refrigeración industrial y la inversión a nivel local en centros educativos y de salud. Estos criterios se relacionan directamente con el crecimiento económico a nivel local, pues promueven el bienestar de la población y las fuentes de empleo.

El desarrollo sostenible y la transición hacia fuentes renovables de energía se encuentran estrechamente ligado. En este sentido, los aportes de la investigación y su relevancia radica en lograr identificar a partir del análisis multicriterio los criterios más importantes para la sostenibilidad y que adicionalmente expresan las preocupaciones y necesidades de las personas encuestadas. Para lograr aprovechar la energía renovable, y fomentar tanto el desarrollo sostenible como la aceptación social de la energía eólica se deben maximizar los beneficios socioeconómicos, las compensaciones ambientales e involucrar a las personas en la toma de decisiones.

Este ejercicio ha demostrado que los criterios más relevantes con sus respectivos indicadores podrían ser útiles para guiar futuros procesos de decisión. Sin embargo, hay que dejar claro que la cuantificación de los indicadores se llevó a cabo de acuerdo con los sesgos de las personas que fueron encuestadas, de igual manera, las características o singularidades son diferentes de un sitio a otro. El lugar de residencia y la forma cómo conciben su entorno los encuestados son elementos que se deben considerar. Por ejemplo, algunos de los encuestados expresaron que

para ellos es muy distinto construir un parque eólico en una zona rural, suburbana y urbana, porque el medio rural o suburbano aún conserva una atmósfera prístina en comparación con un entorno urbanizado. Este puede ser una de las principales causas de conflicto, sobre todo cuando se busque construir proyectos eólicos en áreas que típicamente se visualizan como áreas rurales o destinadas a la conservación de flora y fauna como el caso de La Rumorosa.

En concordancia con estos hallazgos, el esquema de proyectos energéticos comunitarios es una alternativa para apalancar el desarrollo local. Aunque en la investigación no se profundizó en la estructura y el perfil que deben tener estas organizaciones, sin duda alguna constituye una alternativa que debe ser estudiada con mayor detalle. Por otro lado, las nuevas investigaciones deben tomar en cuenta los arreglos institucionales y sugerir mecanismos para que las instituciones del gobierno mexicano faciliten el camino a los esquemas comunitarios.

La participación de la sociedad civil como socios en proyectos de energía renovable es un esquema que ha estado presente en Europa desde la década de 1970 (Bauwens *et al.*, 2016). Sin embargo, de acuerdo con Rogers *et al.*, (2008) es necesario un mayor apoyo institucional de las autoridades locales para facilitar la participación y los proyectos comunitarios.

Los intereses y preferencias de las personas también dependen de los beneficios que entran en juego. Según Álvarez (2006) la energía eólica contribuye a la creación de una importante tasa de empleo, así como al desarrollo de muchas zonas rurales, pero una vez instalados los aerogeneradores, los parques eólicos no genera muchos puestos de trabajo. La creación de fuentes de empleo indirectas, incentivados por la inversión local a través de la creación de proyectos comunitarios de energía renovable podrían cambiar este panorama.

Bibliografía

- Abraham Nahón, 2015, “Introducción” en Salomón Nahmad Sitton, Abraham Nahón y Rubén Langle Campos (coord.), *La visión de los actores sociales frente a los proyectos eólicos del Istmo de Tehuantepec*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, pp. 27-42.
- Acosta, Francisco, 2015, “Mitos y realidades de la reforma energética en materia de electricidad” Forbes, “Economía y Finanzas”, Forbes, 28 de septiembre de 2015.
- Álvarez Clemente, [Documento electrónico] 2006, Energía eólica, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, en <http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_eolica_A2006.pdf>, Madrid, España, pp. 174, consultado el 25 de agosto de 2015.
- Arreola Rosales, Javier (2014). “Reforma a energías renovables: ¿cómo vamos?”. Forbes México, 20 de Octubre del 2014. Texto completo, en: <<http://www.forbes.com.mx/reforma-energias-renovables-como-vamos/>>, consultado el 03 de septiembre de 2015.
- Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), 2014, “El viento en números”, *Energía eólica/El viento en números* Asociación Mexicana de Energía Eólica, México, <<http://www.amdee.org/viento-en-numeros>>, consultado el 07 de octubre de 2015.
- Avilés Hernández, Olinca Valeria, [Tesis de maestría] 2011, “Conflictos territoriales y perspectivas del desarrollo de la energía eólica en el Istmo de Tehuantepec (2000-2010)”, México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 108.
- Bauwens, Thomas, Boris Gotchev y Lars Holstenkamp, 2016 “What drives the development of community energy in Europe? The case of wind power cooperatives”, *Energy Research & Social Science*, Elsevier, vol. 13, marzo, pp. 136-147.
- Behzadian, Majid, R.B. Kazemzadeh, A. Albadvi, y M. Aghdasi, 2010, “PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications” *European Journal of Operational Research*, vol. 200, núm. 1, enero, pp. 198-215.
- BP, Statical Review of World Energy, [Documento electrónico], 2014, en <<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statisticalreview-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>>, consultado el 09 de junio de 2015.
- Brans, Jean-Pierre y Bertrand Mareschal, 2005, “Promethee methods”, en Figueira José, Salvatore Greco y Matthias Ehrgott (eds.), *Multiple Criteria Decision Analysis*, Boston, Estados Unidos, Springer, pp. 163-195.
- Bronfman Caceres, Nicolas y Esperanza López Vázquez, 2011, “A Cross-Cultural Study of Perceived Benefit Versus Risk as Mediators in the Trust-Acceptance”, *Relationship. Risk Analysis*, Wiley vol.31, núm.12, pp.1919–1934.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1988, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), última reforma publicada el 09 de diciembre de 2015, Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 1992, Ley Agraria (LA), última reforma publicada el 11 de agosto de 2014, Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2012, Ley General del Cambio Climático (LGCC), última reforma publicada el 13 de mayo de 2015, Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014, Ley de la Industria Eléctrica (LIE), Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2015, Ley de Transición Energética (LTE), nueva ley publicada el 24 de diciembre de 2015, Diario Oficial de la Federación, México, D.F.

- Carabias Lillo, Julia y Enrique Provencio Durazo, 1993, “El Enfoque del Desarrollo Sustentable”, en Antonio Azuela, Julia Carabias, Enrique Provencio, Gabriel Quadri (coord.), *Desarrollo sustentable. Hacia una Política Ambiental*, D. F., México, Coordinación de Humanidades/Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 180.
- Carrillo González, Raquel, 2012, “La domesticación del fuego en la edad de piedra”, *Inicio/Prehistoria*, Anatomía de la Historia, en <<http://anatomiadelahistoria.com/2012/01/la-domesticacion-del-fuego-en-la-edad-de-piedra-y-ii/>>, consultado el 27 de enero de 2016.
- Centro de Colaboración Cívica (CCC), [Documento Electrónico] 2015, “Historias y aprendizajes sobre el desarrollo de la energía eólica en México”, *Publicaciones*, México, en <<http://colaboracioncivica.org/esp/wp-content/uploads/2015/03/Documento-final.pdf>>, consultado el 09 de marzo de 2016.
- Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), [Documento electrónico] 2015, “Programa de Ampliación y Modernización del Sistema Eléctrico Nacional” PRODESEN 2015-2029, pp. 100.
- Ciliberti, Carlo, Sarah M. Jordaan, Stephen V. Smith y Sabrina Spatari, 2016, “A life cycle perspective on land use and project economics of electricity from wind and anaerobic digestion”, *Energy Policy*, vol. 89, febrero, pp. 52–63.
- Comisión Estatal de Energía, [Boletín informativo] 2013, “Parque eólico La Rumorosa”.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), 1987, “Nuestro futuro común” (Informe Brundtland), agosto de 1987.
- Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), 2004, “Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS)”, en <http://avesmx.conabio.gob.mx/lista_region?tipo=aica>, consultado el 15 de marzo de 2016.
- Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), s/a, “Sitios Prioritarios Terrestres para la Conservación”, en <<http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/vaciosyom1.html>>, consultado el 23 de agosto de 2016.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE), [Documento Electrónico] 2014, “Sector Eléctrico en Baja California y Temporada Abierta”, en <<http://www.energiabc.gob.mx/images/pdf/Presentaci%C3%B3n%20BCN%2012feb2014%20DGEER%20final%20CRE.pdf>>, consultado el 13 de mayo de 2016.
- CONABIO, CONAP, TNC y Pronatura, 2007, “Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad”, escala 1: 000 000, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy/Programa México, Pronatura, México.
- Cruz Aguirre, Javier, 2015, “Industria eólica, el despojo a indígenas”, *La Jornada Baja California*, Tijuana, 23 de Agosto.
- Cruz Serrano, Noé, 2013, “Planea gobierno modernizar CFE”, *El Universal*, “Nación”, 13 de agosto de 2013.
- Davidsson, Simon, Mikael Höök y Göran Wall, 2012, “A review of life cycle assessments on wind energy systems” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Springer, vol.17, núm. 6, julio, pp. 729-742.
- De Carvalho, Joaquim Francisco, Sonia Seger P. Mercedes, Ildo L. Sauer, 2010, “Precautionary principle, economic and energy systems and social equity”, *Energy Policy*, Elsevier, vol. 38, núm. 10, octubre, pp. 5399-5402.
- De Keyser, Wim y Peter Peeters, 1996, “A note on the use of PROMETHEE multicriteria methods”, *European Journal of Operational Research*, Elsevier, vol. 89, núm. 3, marzo, 457-461.

- Díaz García, Asariel Benito, 2003, “Separación de ejidatarios, sus concepto actual y el riesgo de ilegalidad en la certificación de derechos”, *Revista Estudios Agrarios*, México, Procuraduría Agraria / Dirección General de Estudios y Publicaciones, núm., 22, enero-abril, pp. 11-33.
- Diego Quintana, Roberto, 2013, “Del desarrollo al Buen Vivir a debate”, en Novelo y Urdanivia Federico, *El retorno del desarrollo*, UAM, D.F., México, pp. 521-526.
- Domínguez-Gutiérrez, Silvia, Enrique Ernesto Sánchez-Ruiz y Gabriel Arturo Sánchez de Aparicio y Benítez, 2009, “Guía para elaborar una tesis”, McGraw-Hill, México, D.F., pp. 92.
- Enevoldsen, Peter y Benjamin K. Sovacool, 2016, “Examining the social acceptance of wind energy: Practical guidelines for onshore wind project development in France”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, pp. 178–184.
- Evans, Annette, Vladimir Strezov y Tim J. Evans, 2009, “Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 13, núm. 5, Junio, pp. 1082–1088.
- Fernández Barberis, Gabriela Mónica, [Documento electrónico] 2002, “Los métodos PROMETHEE: Una metodología de ayuda a la toma de decisiones multicriterio discretas”, en http://www.uv.es/asepuma/recta/extraordinarios/Vol_01/01t.pdf consultado el 25 de febrero de 2016.
- Foladori, Guillermo, 1999, “Sustentabilidad ambiental y contradicciones sociales”, *Ambiente & Sociedade*, Brasil, Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade Campinas, núm. 5, pp. 19-34.
- Foster, Robert, Majid Ghassemi y Alma Cota, 2010, *Renewable Energy and the Environment*. Boca Raton, Estados Unidos, CRC Press, pp.337.
- Fthenakis, Vasilis y Hyung Chul Kim, 2009, “Land use and electricity generation: a life-cycle analysis”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 13, núm. 6-7, agosto-septiembre pp. 1465-1474.
- Galdos Urrutia, Rosario y Francisco Javier Madrid Ruiz, 2009, “La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural”, *Investigaciones Geográficas*, Alicante, España, Universidad de Alicante, núm. 50, pp. 93-108.
- García Islas, Jonatan, [Tesis de maestría] 2009, “Las líneas estratégicas del sector hídrico en México en materia de investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos: una jerarquización empleando el método PROMETHEE”, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp.131.
- Gaxiola Sáenz, Juan José, 2014, “Nueva Ley de la industria eléctrica y sus posibles beneficios”, *Inmobiliare*, “El Experto”, 01 de diciembre de 2014.
- Global Wind Energy Council, [Documento electrónico] 2014, “Global Wind Report Annual Market Update 2014”, Fried Lauha, Liming Qiao, Steve Sawyer y Shruti Shukla (edit.), Bruselas, Global Wind Energy Council (GWEC), Marzo, en http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2015/03/GWEC_Global_Wind_2014_Report_LR.pdf, consultado el 19 de octubre de 2015.
- Gobierno de Baja California, [Documento electrónico] 2013, “Programa estatal de energías renovables y sustentabilidad energética”, en http://energiabc.gob.mx/images/pdf/Programa_Estatal_de_Energi%CC%81as_Renovables_y_Sustentabilidad_Energe%CC%81tica.pdf consultado el 17 de diciembre de 2015.
- Gobierno de Baja California, [Documento electrónico] 2015, “Programa especial de energía 2015-2019”, en <http://www.copladebc.gob.mx/programas/especiales/Programa%20Especial%20de%20Energia.pdf>, consultado el 18 de marzo de 2016.

- Gobierno de Baja California, 2014, “Diagnóstico Estratégico”, *Gobierno/Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019*, Gobierno del estado, en http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/doctos/diagnostico_estrategico.pdf> consultado el 13 de mayo de 2016.
- Goldthau, Andreas, 2011, “Governing global energy: existing approaches and discourses” *Environmental Sustainable*, Países Bajos, Elsevier, vol. 3, núm. 4, pp. 213–217.
- González-Medrano, Francisco, [Documento electrónico] 2003, “Las Comunidades Vegetales de México”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/Instituto Nacional de Ecología, México, D.F., pp. 77.
- Google Earth Pro versión 7.1.2.2041, 2016, “Ubicación geográfica de los sitios: Ciénega Redonda, Parque Eólico La Rumorosa y Sierra Juárez”, consultado el 11 de marzo de 2016.
- Gutiérrez Vera, Jorge, 2001, “Energía renovable en el siglo XXI”, Senado de la República, pp.145.
- Hain, J.J., G.W. Ault, S.J Galloway, A. Cruden y J.R. McDonald, 2005, “Additional renewable energy growth through small-scale community orientated energy policies” *Energy Policy*, Elsevier, vol. 33, núm. 9, junio, pp. 1199-1212.
- Harris, Jonathan M. 2003, “Sustainability and Sustainable Development” [Documento electrónico], International Society for Ecological Economics/Internet Encyclopaedia of Ecological Economics en <http://isecoeco.org/pdf/susdev.pdf> >, consultado el 29 de mayo de 2016.
- Heras Sánchez, Antonio, 2015 “Kiliwas denuncian corrupción en favor de Cetto” La Jornada Baja California, Tijuana, 18 de Agosto.
- Hermenegildo Chávez, María Victoria y Yolanda Rueda Osuna, 2013, “Metodología de análisis multicriterio aplicación al crecimiento sostenible en la Unión Europea”, *Gestión en el Tercer Milenio, Revista de Investigación de la Fac. de Ciencias Administrativas*, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, vol. 16, núm. 31, Lima, pp. 19-28.
- Hernández-Sampieri, Roberto, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio, 2006, “Metodología de la investigación”, cuarta edición, McGraw-Hill Interamericana, México, D. F., pp. 850.
- Huang, Ivy, Keisler Jeffrey e Igor Linkov, 2011, “Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends”, *Science of the Total Environment*, Elsevier, vol. 409, núm. 19, pp. 3578-3594.
- Ibarra Ibarra Yúñez, Alejandro, 2016, “La Ley de Transición Energética y la Ley de la Industria Eléctrica sin puentes suficientes” El Financiero, “Opinión”, 20 de enero de 2016.
- IEnova, 2015, “Energía Sierra Juárez”, en <http://www.ienova.com.mx/servicios-esj.html>>, *Nuestra Empresa/Nuestros Servicios/Energía Sierra Juárez*, IEnova, consultado el 13 de mayo de 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) [Censo de población y vivienda] 2010a, “Número de habitantes”, en Inicio/Información por entidad/Oaxaca/Población, *INEGI*, en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/poblacion/diversidad.aspx?tema=me&e=20>>, consultado el 15 de junio de 2015.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), [Documento Electrónico] 2009, “Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos”/ Tecate, Baja California en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/02/02003.pdf>>, consultado el 21 de abril de 2016.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), [Sitio web] 2010b, “Baja California” *Inicio/Información por entidad/Baja California*, en <<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/>> consultado el 28 de mayo de 2016.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2010c, “Censo de Población y Vivienda 2010”/ Principales resultados por localidad (ITER).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2014, “Red Nacional de Caminos (RNC)”, INEGI Red Vial, escala 1: 250 000, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016a, “Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0”, *Geografía/Datos de relieves/Continental* en <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/Descarga.aspx>>, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultado el 11 de marzo de 2016, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2016b, “Datos del relieve”, *Geografía/Datos de relieves/Continental* en <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/default.aspx>>, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultado el 11 de marzo de 2016, México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), s/a, “Topografía/Carta escala 1: 5000”, *Geografía/Topografía* en <<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/carta50000.aspx>>, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, consultado el 16 de mayo de 2016, México.
- International Renewable Energy Agency, (IRENA) [Sitio Web] 2015, “Global Atlas for Renewable Energy/Wind Atlas of Mexico”, *What we do/Global Atlas for Renewable Energy*, International Renewable Energy Agency en <<http://irena.masdar.ac.ae/?map=619>>, consultado el 08 de octubre de 2015.
- Inventario Nacional de Energías Renovables, (INERE) [Sitio Web] 2015b, “Análisis de proyectos potenciales para generación para la generación de electricidad por energías renovables”, en *Inventario Potencial/Análisis Gráfico/Baja California*, Secretaria de Energía, en <<http://inere.energia.gob.mx/version4.4/>>, consultado el 08 de marzo de 2016.
- Inventario Nacional de Energías Renovables, (INERE) [Sitio Web] 2015c, “Metodología Atlas Eólico” VESTAS, en *Energía Eólica/Estudio realizado por VESTAS/Metodología*, Secretaria de Energía, en <http://inere.energia.gob.mx/documentos/metodologia_eolica.pdf>, consultado el 21 de marzo de 2016.
- Inventario Nacional de Energías Renovables, (INERE) [Sitio Web] 2015a, “Generación de energía eléctrica frente a convencional” en *Estadísticas/Generación*, Secretaria de Energía, en <<http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>>, consultado el 17 de agosto de 2016.
- Inventario Nacional de Energías Renovables, (INERE) [Sitio Web] s/a, “Densidad de potencia/120m de altura” en *Mapas/Energía Eólica/Estudio realizado por VESTAS*, Secretaria de Energía, en <<http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>>, consultado el 21 de marzo de 2016.
- ISO, 2006, “14040: 2006” en *Environmental management/Life cycle assessment/Principles and framework* en <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:en>>, consultado el 02 de agosto de 2016.
- Jacobson, Mark Z. y Mark A. Delucchi, 2011, “Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials” *Energy Policy*, Elsevier, vol. 39, núm. 3, marzo, pp.1154-1169.
- Juárez-Hernández, Sergio y Gabriel León de los Santos, 2014, “Energía eólica en el Istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social”, *Revista Problemas del Desarrollo*, vol.178, núm. 45, julio-septiembre pp. Energía.

- Karakosta. Charikleia, Charalampos Pappas, Vangelis Marinakis y John Psarras, 2013, “Renewable energy and nuclear power towards sustainable development: Characteristics and prospects”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, Colorado, Estados Unidos, vol. 22, junio, pp. 87–197.
- Koleff Osorio, Patricia, Tania Urquiza-Haas y B. Contreras, 2011, “Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo”, *Asociación Española de Ecología*, vol. 21, núm. 1-2, enero-agosto, pp. 6-20.
- Kouri, Emilio, 2015, “La invención del ejido”, *Archivo*, Nexos, México, núm. 445, 1 de enero, en <<http://www.nexos.com.mx/?p=23778>>, consultado el 31 de mayo de 2015.
- Kumar, Yogesh, Jordan Ringenberg, Soma Shekara Depuru, Vijay K. Devabhaktuni, Jin Woo Lee, Efstratios Nikolaidis, Brett Andersen y Abdollah Afjeh, 2016. “Wind Energy: Trends and enabling technologies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, enero, pp. 209-224.
- Kurka, Thomas y David Blackwood, 2013, “Selection of MCA methods to support decision making for renewable energy developments”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 27, pp.225–233.
- Lejano, Perez Raúl, Muñoz Meléndez, Ismael Aguilar Benítez, Sung Jin Park, 2010, “On the Need to Redesign the CDM Carbon Trading Program”, *Environmental Science & Technology Viewpoint*, Estados Unidos, American Chemical Society, vol. 44, núm. 18, pp. 6914-6916.
- Li, Kewen, Huiyuan Bian, Changwei Liu, Danfeng Zhang y Yanan Yang, 2015, “Comparison of geothermal with solar and wind power generation systems” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 42, pp. 1464-1474.
- Martínez López, José Samuel, [Documento electrónico] 2004, “Estrategias metodológicas y técnicas para la investigación social”, México, D.F., Universidad Mesoamericana, pp.52.
- McCubbin, Donald y Benjamin K. Sovacool, 2013, “Quantifying the health and environmental benefits of wind power to natural gas”, *Energy policy*, Elsevier, Estados Unidos, vol. 53, febrero, pp. 429-441.
- Méndez Delgado, Elier y María del Carmen Lloret Feijóo, 2004, “¿Cómo medir el desarrollo local según la experiencia cubana?”, *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, núm. 29, agosto, pp. 1-19.
- Minifactora eléctrica, s/a, “El Factor de Carga” en <<http://mifactora.es/mi-factor-de-carga>>, consultado el 03 de agosto de 2016.
- Muciño Martínez, Francisco, 2014, “Los 18 puntos que debes saber de la reforma energética” *Forbes*, “Economía y Finanzas”, 16 de agosto de 2014.
- Muciño Martínez, Francisco, 2015, “Senado aprueba en comisiones Ley de Transición Energética” *Forbes*, “Economía y Finanzas”, 30 de noviembre de 2015.
- Munday, Max, Gill Bristow y Richard Cowell, 2011, “Wind farms in rural areas: how far do community benefits from wind farms represent a local economic development opportunity?” *Journal of Rural Studies*, Elsevier, vol. 27, núm. 1, enero, pp. 1-12.
- Muro Pereg, José Ramón y Javier Fernández de la Hoz Múgica, [Documento electrónico], 2013, “Ecowind/Análisis de ciclo de vida de 1 KWh generado por un parque eólico onshore Gamesa G90 2.0 MW”, Gamesa, en <<http://www.gamesacorp.com/recursos/doc/rsc/compromisos/clientes/certificaciones-ohsas-y-i/informe-analisis-ciclo-de-vida-g90.pdf>>, consultado el 21 de junio de 2015.
- Nahmad Sittón, Salomón (coord), 2011, “El impacto social del uso del recurso eólico”, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social/Universidad del Istmo de Oaxaca, pp. 117.

- National Renewable Energy Laboratory, (NREL) [Sitio Web] 2004, “International Wind Resource Maps” *Research / Wind Energy / Data and Resources / Wind Resources Assessment / International Wind Resource Maps / Mexico/ Baja California*, en <http://www.nrel.gov/wind/international_wind_resources.html> consultado el 06 de octubre de 2015.
- Ness, Barry, Evelin Urbel-Piirsalu, Stefan Anderberg y Lennart Olsson, 2007, “Categorising tools for sustainability assessment”, *Ecological Economics*, Elsevier, vol. 60, núm. 3, enero, pp. 498-508.
- Obermeyer, Brian, Robert Manes, Joseph Kiesecker, Joseph Fargione y Kei Sochi, 2011, “Development by Design: Mitigating Wind Development’s Impacts on Wildlife in Kansas”, *PLoS ONE*, vol. 6, núm. 10, pp. 1-11.
- Okkonen, Lasse y Olli Lehtonen, 2016, “Socio-economic impacts of community wind power projects in northern scotland,” *Renewable Energy*, vol. 85, enero, pp. 826-833.
- Pasqualetti, Martin J., 2011, “Opposing wind energy landscapes: A search for common cause”, *Annals of the Association of American Geographers*, Routledge, vol. 101, núm. 4, julio, pp. 907-917.
- Perdan, Slobodan, 2011, “The Concept of Sustainable Development and its Practical implications” en Adisa Azapagic y Slobodan Perdan (edit.) *Sustainable Development in Practice/Case Studies for Engineers and Scientists*, Segunda edición, Reino Unido, Wiley-Blackwell pp. 3-25.
- Pérez-Huesca, María Elena, Claudia Sheinbaum Pardo y Johann Köppel, 2016, “Social implications of siting wind energy in a disadvantaged region – The case of the Isthmus of Tehuantepec, Mexico”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier vol.58, mayo, pp. 952-965.
- Periódico Oficial del Estado de Baja California, 2008, “Acuerdo que establece una agencia del ministerio público investigadora de desapariciones forzadas” tomo CXV, núm. 42, Mexicali.
- Priego González de Canales, Carlos, 2003, “La institucionalidad ambiental nacional e internacional”, en Rojas Hernández Jorge y Oscar Parra Barrientos, *Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable*, INET / GTZ, Buenos Aires, pp. 331-348.
- Quintanilla-Montoya, Ana Luz y Martha Ileana Espejel Carbajal, 2003, “La visión de las comunidades rurales en zonas áridas y costeras de Baja California” en Quintanilla-Montoya, Ana Luz y David W. Fischer (comp.), 2003, *La energía eléctrica en Baja California y el futuro de las Renovables/Una visión multidisciplinaria*, Mexicali, Baja California, México, Universidad Autónoma de Baja California, pp.171-190.
- Quintanilla-Montoya, Ana Luz, [comunicación personal] 2015, “Energía renovable en Baja California”.
- Quintero-Núñez, Margarito, Alan Sweedler y S. Tanaka, 2006, “Renewable resoucerses of energy in nother Baja California, México”, *Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards*, WIT Trasnsactions on Ecology and the Environment vol. 99, pp. 769-779.
- Racilla Manuel, Sarita [Tesis de maestría] 2013, “Impacto social del arrendamiento de tierras para generar energía eléctrica en La Venta, Juchitán de Zaragoza, Oaxaca” Colegio de Postgraduados, Montecillo, México, pp.127.
- Raupach R., Michael y Josep G. Canadell, 2010, “Carbon and the Anthropocene”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Amsterdam, Elsevier, vol. 2, núm. 4, octubre, pp. 210-218.
- Real Academia Española, 2016, “Sostenible” en *Diccionario de la lengua española*, Madrid, España, en <<http://dle.rae.es/?id=YSE9w6H>>.

- Registro Agrario Nacional (RAN) [Sitio web] 2015, “Núcleos Agrarios” *Instituciones/RAN/Núcleos Agrarios*, Registro Agrario Nacional, en <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/nucleos-agrarios> consultado el 22 de octubre de 2015.
- Registro Agrario Nacional (RAN) [Sitio web] 2016, “Tierra de uso común” *Instituciones/RAN/Tierra de uso común/Entidad Federativa Baja California* en <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/tierra-de-uso-comun/resource/77bd6610-ffa5-427b-92f0-68de81add8ba> consultado el 28 de enero de 2016.
- Regueiro Ferreira, Rosa María, Doldán García y Xoán Ramón, 2010, “Política sectorial de la energía eólica en Galicia: participación social y comparación internacional”, *Revista Galega de Economía*, España, Universidad de Santiago de Compostela vol. 19, núm. 1, junio, pp. 1-28.
- Riechmann Fernández, Jorge, 1995, “Desarrollo sostenible: La lucha por la interpretación”, en Riechmann Fernández, Jorge, José Manuel Naredo, Roberto Bermejo, Antonio Estevan, Carlos Taibo, Juan Carlos Rodríguez Murillo y Joaquín Nieto, *De la economía a la ecología*, Trotta, Madrid, pp. 11-28.
- Robles, Elizabeth, 2003, “Cultura y era tecnológica”, *Razón y Palabra*, Estado de México, ITESM Campus Estado de México, núm. 35, vol. 8, agosto-septiembre, s/p.
- Rodríguez Vera, Rubén Alfonso y Gustavo Saavedra de la Cruz, 2008, “Elaboración de una metodología ecléctica de desarrollo local para el estado de Jalisco” en Rubén Alfonso Rodríguez Vera (coord.) *Teoría, metodología y estudios de caso de desarrollo local*, Guadalajara, Universidad de Guadalajara, pp. 15-48.
- Rogers, J.C., E.A. Simmons, I. Convery y A. Weatherall, 2008, “Public perceptions of opportunities for community-based renewable energy projects” *Energy Policy*, vol. 36, núm. 11, noviembre, pp. 4217-4226.
- Rzedowski, Jerzy, [Publicación Electrónica] 2006, “Vegetación de México”, México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 504 pp.
- Saidur, R., N.A. Rahim, M.R. Islam y K.H. Solangi, 2011, “Environmental impact of wind energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 15, núm.5, junio, pp. 2423-2430.
- Santoyo-Castelazo, Edgar y Adisa Azapagic, 2014, “Sustainability assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects” *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, vol. 80, octubre, pp. 119-138.
- Santoyo-Castelazo, Edgar, Laurence Stamford, Adisa Azapagic, 2014, “Environmental implications of decarbonising electricity supply in large economies: The case of Mexico”, *Energy Conversion and Management*, Elsevier, vol. 85, septiembre, pp. 272-291.
- Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves (CIPAMEX) y Comisión Nacional para Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO), 1999, “Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves” escala 1: 250 000, Sección Mexicana del Consejo Internacional para la Preservación de las Aves CIPAMEX, México.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) [Sitio web], 2012, “El 78% de la superficie de Oaxaca son ejidos y comunidades”, *SEDATU/Dirección General de Comunicación Social*, en Sala de Prensa/Boletines, México D.F., en <http://www.sedatu.gob.mx/sraweb/noticias/noticias-2012/mayo-2012/12272/>, consultado el 13 de junio de 2015.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), [Sitio web], 2011, “El antecedente lejano del ejido”, *SEDATU*, en –“Conoce la Secretaría-Historia”-, México, en <http://www.sedatu.gob.mx/sraweb/conoce-la-secretaria/historia/el-antecedente-lejano-del-ejido/>, consultado el 07 de marzo de 2015.

- Secretaría de Energía (SENER) [Publicación electrónica], 2013a, “Estrategia Nacional de Energía 2013-2027”, México, Secretaría de Energía.
- Secretaría de Energía (SENER) [Publicación electrónica], 2014, “Estrategia Nacional de Energía 2014-2028”, México, Secretaría de Energía.
- Secretaría de Energía (SENER), [Publicación electrónica] 2013b, “Prospectivas de Energías Renovables 2013-2027”, México, D.F., Secretaría de Energía.
- Secretaría de Energía (SENER), [Publicación Electrónica] 2015, “Programa de Ampliación y Modernización del Sistema Eléctrico Nacional PRODESEN 2015-2029”, México, D.F., Secretaría de Energía.
- Secretaría del Medio Ambiente, Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica [Documento electrónico], 2008, “Base de Diagnóstico: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y Vulnerabilidad del Estado de México ante el Cambio Climático Global,” México, Gobierno del Estado de México/Secretaría del Medio Ambiente, en <http://sma.edomex.gob.mx/sites/sma.edomex.gob.mx/files/files/sma_pdf_base_diag_cam_cli.pdf>, consultado el 04 de enero de 2015.
- Secretaría General de la Organización de las Naciones Unidas y el Grupo Asesor sobre Energía y Cambio Climático [Documento electrónico] 2010, “Energy for a Sustainable Future”, en <<http://www.un.org/wcm/webdav/site/climatechange/shared/Documents/AGECC%20summary%20report%5B1%5D.pdf>>, consultado el 09 de mayo de 2016, pp. 24.
- SEMARNAT Delegación federal [entrevista], 2015, por Luis García [trabajo de campo], Propuestas para fomentar la energía eólica en Baja California, México.
- Sheppard, James K, Andrew McGann, Michael Lanzone y Ronald R. Swaisgood, 2015 “An autonomous gps geofence alert system to curtail avian fatalities at wind farms”, *Animal Biotelemetry*, Springer, vol. 3, núm. 1, diciembre, pp. 1-8.
- Sistema de Información Energética (SIE) y Secretaría de Energía (SENER), 2016, “Balance Nacional de Energía: Indicadores económicos y energéticos /Consumo nacional de energía”, *SIE/Información estadística/Balance Nacional de Energía/Indicadores Nacionales/Indicadores energéticos nacionales* en <<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IE0C01>>, consultado el 27 de julio de 2016.
- Snyder, Brian y Mark J. Kaiser, 2009, “Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy”, *Renewable Energy*, Elsevier, vol. 34, núm. 6, junio, pp. 1567-1578.
- Stagl, Sigrid, [Documento electrónico] 2007, “Emerging methods for sustainability valuation and appraisal-SDRN rapid research and evidence review” Sustainable Development Research Network, London, en <http://www.sd-research.org.uk/sites/default/files/publications/Emerging%20Methods%20for%20Sustainability%20Valuation%20and%20Appraisal_0.pdf> consultado el 23 de mayo de 2016.
- Studer Noguez, Isabel María, Alejandro, González y Talía Contreras, [Documento electrónico] 2014, Energías renovables para la competitividad en México, Instituto Global para la Sostenibilidad/EGADE Business School/Tecnológico de Monterrey, México, en <http://www.igs.org.mx/sites/default/files/ENERGIAS_RENOVABLES_MAYO23_WEB2.pdf> consultado el 23 de agosto de 2015.
- Tabassum-Abbasi, M. Premalatha, Tasneem Abbasi y S.A. Abbasi, 2014, “Wind energy: increasing deployment, rising environmental concerns” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 31, marzo, pp. 270-288.

- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), [Sitio web] 2014, “Desarrollo Sustentable”, *Inicio/Sustentabilidad/Desarrollo Sustentable*, en <<http://sds.uanl.mx/el-concepto-desarrollo-sustentable/>>, consultado el 18 de febrero de 2016.
- Van der Schoor, Tineke y Bert Scholtens, 2015, “Power to the people: local community initiatives and the transition to sustainable energy” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 43, marzo, pp. 666-675.
- Varun, I.K. Bhat y Ravi Prakash, 2009b “LCA of renewable energy for electricity generation systems-A review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 13, núm. 5, junio, pp. 1067-1073.
- Varun, Prakash Ravi y Inder Krishnan Bhat, 2009a, “Energy, economics and environmental impacts of renewable energy systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 13, núm.9, Diciembre, pp. 2716-2721.
- Varun, Ravi Prakash y Bhat, 2010, “A figure of merit for evaluating sustainability of renewable energy systems” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 14, núm. 6, agosto, pp. 1640-1643
- Vázquez Perales, Ricardo y Miguel Ángel Corona Jiménez, 2012, “Transición energética en México: Nuevo paradigma socioambiental”, *Rubrica*, México, Universidad Iberoamericana de Puebla, núm. 3, primavera-verano, pp. 8-13.
- Vázquez Rascón, María de Lourdes [Tesis de doctorado] 2013, “Développement énergétique par modélisation et intelligence territoriale: un outil de prise de décision participative pour le développement durable des projets éoliens”, Universidad de Quebec en Rimouski, Rimouski, Canadá, pp.265.
- Villagómez Velázquez, Yanga, Hugo Santos Gómez y Gloria Zafra, “Campesinos, the State and Agrarian Organization in the Isthmus of Tehuantepec”, 1998, en Snyder Richard y Gabriel Torres Chank, edit., *The Future Role of the Ejido in Rural Mexico / Transformation of Rural Mexico*, San Diego, Center for U.S. – Mexican Studies / University of California La Jolla, núm. 10.
- Visual PROMETHEE 1.4 Manual [Documento electrónico], 2013, “Visual PROMETHEE”, *Use/PDF File*, PROMETHEE GAIA.net en <<http://www.promethee-gaia.net/files/VPManual.pdf>> consultado el 05 de febrero de 2016.
- Visual PROMETHEE software, 2013, versión académica.
- Walker, Benjamin, Bouke Wiersma y Etienne Bailey, 2014, “Community benefits, framing and the social acceptance of offshore wind farms: An experimental study in England”, *Energy Research & Social Science*, Dinamarca, Elsevier, vol. 3, septiembre, pp. 46-54.
- Walker, Gordon, Patrick Devine-Wright, Sue Hunter, Helen High y Bob Evans, 2010, “Trust and community: exploring the meanings, contexts and dynamics of community renewable energy”, *Energy Policy*, Elsevier, vol. 38, núm. 6, junio, pp. 2655-2663.
- Wanderer, Thomas y Stefan Herle, 2015, “Creating a spatial multi-criteria decision support system for energy related integrated environmental impact assessment”, *Environmental Impact Assessment Review*, Elsevier, vol. 52, abril, pp. 2-8.
- Wang, Jiang-Jiang, You-Yin Jing, Chun-Fa Zhang y Jun-Hong Zhao, 2009, “Review on Multi-Criteria Decision Analysis Aid in Sustainable Energy Decision-Making” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, Elsevier, vol. 13, núm. 9, pp. 2263-2278.
- Welch B., Jonathan y Anand Venkateswaran, 2009, “The dual sustainability of wind energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, Elsevier, vol. 13, núm. 5, Junio, pp. 1121-1126.

- West, J., I. Bailey, M. Winter, 2010 “Renewable energy policy and public perceptions of renewable energy: A cultural theory approach”, *Energy Policy*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 38, núm. 10, pp. 5739-5748.
- World Energy Council, 2013, World Energy Trilemma: 2012 Energy Sustainability Index, en <<https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/2013-Energy-Sustainability-Index-VOL-2.pdf>>, consultado el 08 de agosto de 2016.
- Wüstenhagen, Rolf, Maarten Wolsink y Mary Jean Burer, 2007, “Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept”, *Energy Policy*, Ámsterdam, vol. 35, pp. 2683–2691.
- Xue, Bing, Zhixiao Ma, Yong Geng, Peter Heck, Wanxia Ren, Mario Tobias, Achim Maas, Ping Jiang, Jose A. Puppim de Oliveira y Tsuyoshi Fujita, 2015. “A life cycle co-benefits assessment of wind power in China” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Ámsterdam, Elsevier, vol. 41, enero, pp. 338-346.
- Yang, Jin y Bin Chen, 2016, “Emergy-based sustainability evaluation of wind power generation systems” *Applied Energy*, Elsevier, vol. 177, septiembre, pp.239-246.
- Yankuic Galván-Myoshi, Omar Raúl Masera Cerutti y Santiago López-Ridaura, 2008, “Las evaluaciones de sustentabilidad” en Marta Astier Calderón, Omar Raúl Masera Cerutti y Yankuic Galván-Myoshi (coordinadores), *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*, SEAE / CIGA-UNAM / ECOSUR / CIECO-UNAM/ UNAM / GIRA / Mundi-Prensa / Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, Valencia, España, pp. 41-51.
- Zahnd, Alex y Haddix McKay Kimber, 2009, “Benefits from a Renewable Energy Village Electrification System.” *Renewable Energy*, Elsevier, vol. 34, núm. 2, pp.362-68.
- Zendejas Romero, Juan Sergio, 1995, “Respuestas locales ante el ambiente reformista: el ejido como forma de organización de prácticas locales”, *Relaciones*, México, El Colegio de Michoacán, A.C., vol. 16, núm. 61/62, pp. 31-56.

ANEXO I Cuestionario de desarrollo sostenible

Instrucciones: Por favor, responda los siguientes campos con sus datos personales. Estos datos se usarán con “fines exclusivamente personales” como datos de contacto “sin afán de divulgarlos o utilizarlos de manera comercial”. Responda todas las cuestiones, en caso de duda, por favor, contacte al encuestador.

Nombre: **Edad:**

Teléfono:

Correo electrónico:

Escolaridad (último grado de estudios):

Oficio o alguna otra profesión:

Ocupación actual: **Años en su empleo actual:**

Lugar de nacimiento:

Lugar donde vive actualmente: **Años que ha vivido ahí:**

Si La Rumorosa NO es su lugar de residencia, por favor responda: ¿Cuál es la frecuencia con la que viaja a La Rumorosa? Por ejemplo, en vacaciones, cada fin de semana, etc.

INSTRUCCIONES. Responda colocando una (X) en el paréntesis.

¿Es usted ejidatario/terratendiente? Sí () No ()

¿Familiares con tierras o ejidatario? Sí () No ()

Si respondió que SI, responda: ¿cómo se llama su rancho/ejido? **R:**

¿Dónde está ubicado (municipio, estado, coordenadas geográficas)? **R:**

¿De qué tamaño es (hectareas)? **R:**

¿Cuántas familias viven en el ejido/rancho? **R:**

1. **¿Qué es lo que conoce de la energía eólica (energía del viento) y de los parques eólicos (plantas de producción de energía eléctrica que utilizan turbinas)? **R:****
2. **¿Está de acuerdo en que se construyan o amplíen estos parques eólicos en su municipio o estado)? ¿Por qué? **R:****
¿Está de acuerdo con que se construyan cerca de donde vive, de donde está su ejido/rancho/casa de campo, o ambos? ¿Por qué? **R:**

3. **¿Qué necesidades de infraestructura o servicios (por ejemplo, agua potable, drenaje, alumbrado público, etcétera) tienen en?:**
 - a) el lugar donde vive **R:**
 - b) el sitio donde se encuentra el ejido/rancho/casa de campo **R:**
4. **En que se consume la energía eléctrica o cuales son las necesidades energéticas (como alumbrado doméstico/comercial/público, aire acondicionado, refrigeración comercial, turismo, etc.) de:**
 - a) el lugar donde vive **R:**
 - b) el sitio donde se encuentra el ejido/rancho/casa de campo **R:**

INSTRUCCIONES. Escriba o subraye el número de su respuesta (1, 2, 3 o 4), frente a cada pregunta para responder.

5. Considerando que un parque eólico de 10 MW puede beneficiar a 35 000 familias, y que además la electricidad producida se puede utilizar para el bombeo o desalinización de agua, para actividades agrícolas, en comercios, alumbrado público, refrigeración de productos para la pequeña y mediana empresa, entre otros.
 ¿Cuáles estima que son las necesidades energéticas del lugar donde vive? **R:** _____
 1. No sé
 2. 0-50 MW (0-25 turbinas de 2 MW)
 3. 50-100 MW (25-50 turbinas de 2 MW)
 4. Arriba de 100 MW (más de 50 turbinas de 2 MW)
 ¿Cuáles estima que son las necesidades energéticas de la región donde se encuentra el ejido/rancho/casa de campo? **R:** _____
 1. No sé
 2. 0-50 MW (0-25 turbinas de 2 MW)
 3. 50-100 MW (25-50 turbinas de 2 MW)
 4. Arriba de 100 MW (más de 50 turbinas de 2 MW)
6. ¿Se visualiza ocupando un puesto de trabajo en un parque eólico? ¿SI o NO? Por favor, explique su respuesta **R:**
7. Se visualiza como socio o accionista de un proyecto eólico (traería mayores beneficios económicos a largo plazo, pero requiere de un compromiso importante en la toma de decisiones) ¿SI o NO? Por favor, explique su respuesta **R:**

8. EVALUACIÓN DE SUS PRIORIDADES.

INSTRUCCIONES. De acuerdo con la siguiente escala, donde 1 significa **Sin importancia** y 10 **Extremadamente Importante**. Responda subrayando o tachando con una (X) el número en el paréntesis que mejor represente la importancia o prioridad que tiene para usted cada uno de los siguientes aspectos.

(1) (2)	(3) (4)	(5) (6)	(7) (8)	(9) (10)
Muy Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto

ACEPTACIÓN SOCIAL. Es la aceptación de la comunidad. Se define como la aceptación expresa para la instalación de proyectos (en este caso proyectos eólicos) por parte de los actores locales, principalmente residentes y autoridades.

En general:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

ACEPTACIÓN SOCIAL

En particular:

Ruido generado por las turbinas cuando están en funcionamiento (nótese que las turbinas modernas con muy silenciosas):

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Beneficios sociales/económicos/ambientales para su ejido/rancho o región:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Compensación de daños producidos en fauna o reubicación de animales silvestres:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Compensación de daños o reubicación de la vegetación afectada:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

¿En qué grado es para usted importante los cambios en el paisaje (por ejemplo, la contaminación visual)?

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Piensa que el impacto visual por proyectos eólicos: ¿podría afectar otras actividades económicas, por ejemplo, el turismo?

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

BENEFICIO SOCIAL. Acciones dirigidas a fomentar el crecimiento económico, el bienestar social y la generación de empleos en la región.

En general:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

En particular:

Bombeo y tratamiento de agua para uso doméstico, en escuelas y centros de salud:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Tratamiento de agua para aumentar la disponibilidad del recurso hídrico:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Creación de empleos Técnicos (construcción, operación, mantenimiento):

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Creación de empleos en Gestión (administración de plantas eólicas):

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Creación de empleos en Dirección de proyectos energéticos:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Creación de empleos indirectos agro-negocios/minería:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

IMPACTO EN LA CULTURA. La cultura abarca símbolos, significados, valores, instituciones, conductas y todos sus derivados que caracterizan a una población humana, identificándose y distinguiéndose de las demás.

Se entiende por impacto en la cultura el cambio o pérdida importante de valores socioculturales. Estos valores representan las ideas abstractas (implícita o explícitamente) compartidas sobre lo que es apropiado en una sociedad (proveen reglas de conducta como sobre vivir). Así mismo el impacto cultural incluye la pérdida de los elementos que le dan identidad a un sitio como un territorio, historia, lenguaje, antepasados, costumbres o tradiciones en común, con los que se identifican a las personas como miembro de un grupo.

En general:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

En particular:

Desarrollo de actividades técnico-económicas y abandono de otras actividades más tradicionales:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Pérdida de identidad:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Cambios de usos y costumbres locales:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

IMPACTO AMBIENTAL. Es la modificación del ambiente ocasionada por una acción humana directa. El impacto ambiental de proyectos eólicos principalmente se enfoca en valorar qué efectos tendrá el parque eólico en los elementos ambientales (suelo, aire, agua, vegetación y fauna).

En general:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

En particular:

Riesgo de colisiones de aves o murciélagos con turbinas:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Cambio en comportamiento de la fauna por la presencia de las turbinas:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Desarrollo de obra civil (caminos, cimentación de turbinas, edificaciones para operación y mantenimiento), e incremento de actividades humanas en áreas naturales protegidas:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

BENEFICIO ECONÓMICO. Entendido el beneficio económico como la percepción de un salario o pago monetario directo.

En general:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

En particular:

Tener un contrato de arrendamiento de su tierra:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

La tierra del ejido/rancho se emplea como capital de inversión para participar como socios:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Uso local de energía eoloeléctrica para electrificación o alumbrado público:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Inversión local para mejorar instalaciones de centros educativos y centros de salud de la localidad:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Uso de la energía eoloeléctrica para refrigeración industrial:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Uso de la energía eoloeléctrica en ganadería/agricultura/acuicultura (Por favor, subraye las que apliquen):

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

Uso de la energía eoloeléctrica para actividades mineras:

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

ANEXO II Estimación de indicadores de desarrollo sostenible

7	SOCIALES																		AMBIENTALES				ECONÓMICOS							
	Aceptación social							Beneficio social					Proyecto en la cultura			Impacto ambiental				Beneficio económico										
	General	Ruido generado por las turbinas (RU)	Beneficios sociales, ambientales y económicos (BSAE)	Compensaciones por daños a la fauna (CDF)	Compensaciones por daños a la vegetación (CDV)	Importancia de los cambios en el paisaje (ICP)	Consecuencias por los cambios en el paisaje (CCP)	General	Bombeo y tratamiento de agua (BTA)	Aumentar la disponibilidad del agua (ADA)	Creación de empleos técnicos (CET)	Creación de empleos en gestión (CEG)	Creación de empleos en la dirección (CED)	Creación de empleos indirectos (CEI)	General	Abandono de actividades tradicionales (AAT)	Perdida de identidad (PI)	Cambio en los usos y costumbres (CUC)	General	Riesgo de colisión de aves y murciélagos con turbinas (RCAM)	Cambios en el comportamiento de la fauna (CCF)	Construcción de obra civil en áreas de importancia para la conservación (COCAN)	General	Tener un contrato para rentar su terreno (RT)	Participar como socios usando la tierra como capital para invertir (PS)	Uso local de la electricidad generada (LUE)	Uso de la electricidad para refrigeración industrial (UER)	Uso de la electricidad para actividades agropecuarias (UEAA)	Uso de la electricidad para actividades mineras (UEAM)	Inversión local en centros educativos y de salud (L)
1	4	4	3	2	3	5	3	4	3	2	3	5	2	4	5	4	3	2	4	2	3	4	5	3	3	6	2	5	1	4
2	8	6	4	4	4	10	10	2	2	3	1	3	3	3	8	3	9	6	10	4	6	6	11	11	1	10	10	10	10	10
3	10	5	10	10	10	8	7	10	10	10	10	10	10	10	7	6	8	10	7	5	7	9	5	9	10	9	10	10	10	10
4	3	6	1	7	7	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	2	10	10	8	1	1	5	10	2	7	1	10
5	7	1	4	8	10	7	6	6	5	5	4	6	4	6	5	4	5	6	5	4	6	6	5	5	2	6	5	5	4	7
6	9	1	9	10	10	9	1	8	10	10	10	10	10	8	9	8	8	5	5	8	9	6	10	10	8	8	7	1	10	
7	10	4	7	10	10	5	4	10	10	10	10	10	10	6	4	1	1	4	4	10	6	10	10	5	10	10	10	10	10	5
8	7	2	5	10	10	10	4	5	7	4	2	2	2	2	6	7	6	8	10	7	7	6	8	1	2	1	5	4	1	5
9	9	8	8	10	10	10	10	10	8	10	8	10	6	6	10	5	8	9	10	7	8	6	9	10	1	1	10	6	3	10
10	7	10	4	8	8	8	4	8	10	8	8	5	3	3	6	2	2	2	8	8	9	6	9	8	2	10	10	8	3	3
Promedio	7.4	4.7	5.5	7.9	8.2	8.1	5.8	7.1	7.3	7	6.6	6.5	5.8	6	7	5.1	5.8	6	6.5	5.6	7.4	6.9	6	4.9	4.1	8.1	6.7	7.4	4.9	7.9
1	10	1	8	8	8	5	2	8	10	4	8	8	8	4	2	4	4	8	6	1	2	8	7	10	8	10	4	1	5	10
2	6	7	7	9	8	5	2	10	10	8	9	8	9	8	7	9	8	9	7	4	5	8	9	9	7	9	8	8	10	8
3	5	7	7	7	7	7	7	7	5	5	7	7	3	7	7	7	1	3	3	5	3	5	5	7	7	7	7	7	1	5
4	5	6	8	10	10	9	2	9	10	10	8	7	8	8	9	8	10	9	9	8	10	7	8	8	9	6	9	7	10	10
5	3	5	6	10	10	8	7	7	10	10	8	6	6	8	8	9	7	8	8	9	8	9	7	7	9	5	5	7	7	8
6	6	6	8	8	8	3	2	8	6	6	6	8	8	2	7	5	1	2	5	6	5	6	7	5	6	8	4	4	1	8
7	6	7	9	10	7	2	5	7	9	10	9	7	8	6	7	6	0	8	5	6	4	0	8	9	7	6	6	0	5	8
8	6	6	8	9	9	9	3	9	10	10	8	8	7	7	8	7	9	9	9	9	8	9	7	9	8	8	7	8	6	7
9	4	4	8	8	7	6	3	8	9	9	6	5	8	3	8	4	4	8	4	4	4	8	8	10	8	9	6	8	4	5
10	5	7	6	9	8	7	2	10	10	8	9	7	8	8	9	5	5	7	7	9	9	6	6	8	5	7	5	8	0	8
11	6	8	7	5	6	3	6	9	9	8	8	8	9	7	7	8	7	7	6	4	5	9	6	4	6	5	6	5	3	8
Promedio	5.64	5.82	7.45	8.45	8.09	5.82	3.18	8.36	8.91	8.00	7.82	7.18	7.45	6.18	7.09	6.91	5.00	7.00	6.27	5.82	5.55	7.45	7.00	7.64	7.45	7.36	6.00	5.64	5.00	7.18

ANEXO III Cuestionario de aceptación social y percepción de beneficios

INSTRUCCIONES. Responda las siguientes afirmaciones marcando con una (X) el número en el paréntesis con el que más se identifique. El significado de los números se presenta en el siguiente cuadro:

1	2	3	4	5
Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Neutral	De acuerdo	Muy de acuerdo

1. Yo apoyaría el desarrollo eólico.

(1) (2) (3) (4) (5)

2. Firmaría una petición en contra de grupos que se oponen al desarrollo o proyecto eólico.

(1) (2) (3) (4) (5)

3. El desarrollo eólico me traería un beneficio personal.

(1) (2) (3) (4) (5)

4. El desarrollo eólico tendría un impacto negativo sobre mí.

(1) (2) (3) (4) (5)

5. En general, para mí el desarrollo eólico tendrá más beneficios que impactos negativos.

(1) (2) (3) (4) (5)

6. El desarrollo eólico tendrá más daños que beneficios en mi comunidad.

(1) (2) (3) (4) (5)

7. En general, tal desarrollo eólico será benéfico para los residentes de mi comunidad.

(1) (2) (3) (4) (5)

8. Tal desarrollo eólico tendrá un impacto negativo en mi comunidad.

(1) (2) (3) (4) (5)

9. Me siento inconforme por cómo son tratadas las personas por las empresas desarrolladoras de proyectos eólicos.

(1) (2) (3) (4) (5)

10. Siento que las comunidades locales no tienen el poder para detener el desarrollo de un proyecto eólico.

(1) (2) (3) (4) (5)

11. Estoy seguro que cualquier proyecto eólico será desarrollado de una manera que sería justa para mi comunidad.

(1) (2) (3) (4) (5)

ANEXO IV Presentación del proyecto energía eólica y desarrollo sostenible productivo eólico en el Ejido Tierra y Libertad

En esta síntesis se narra la presentación hecha en el Ejido Tierra y Libertad. El domingo 31 de enero de 2016 en una asamblea ejidal a la que asistieron 53 ejidatarios de un total de 70, por lo tanto hubo *quórum* para la toma de decisiones, se hizo una presentación para mostrar las ventajas que supondría un desarrollo eólico en tierras ejidales con el objetivo de impulsar el desarrollo de energía eólica pero también actividades económicas como el bombeo de agua, fomento de actividades agropecuarias, desalinización de agua, entre otras.

Ante esta presentación, las principales reacciones de interés fueron volcadas hacia impulsar las actividades agropecuarias a través del bombeo y desalinización de agua. El exhorto se hizo a la creación de un comité para continuar las mesas de trabajo de manera más cercana.

En general durante la presentación se tocaron dos grandes temas para el desarrollo local y de la energía eólica en el ejido Tierra y Libertad:

1. La implementación de proyectos alternativos junto con la energía eólica como desalinización y bombeo de agua para la agricultura o la ganadería.
2. Esquemas de participación como accionistas en los proyectos de energía renovable.

Hubo cuatro participaciones a raíz de la presentación, las reacciones se describen a continuación:

Participación 1. Mostró particular interés por implementar proyectos de energía eólica y solar en el ejido y particularmente en la participación como accionistas, y no únicamente como arrendatarios del territorio.

Participación 2 (Araceli). Su mayor interés es que la implementación de proyectos de energía renovable sirva como palanca para impulsar otro tipo de actividades económicas como la agricultura, actividad que demanda agua, la cual es escasa en la región. Sin embargo una de las sugerencias es que una parte de la electricidad del hipotético parque eólico se destine a la purificación de agua.

Participación 3 (Ha trabajado con energía solar y minieólica). Habló sobre una sensibilización o un conocimiento previo sobre el uso de fuentes de energía renovable. Parte de este conocimiento se tiene porque antes la energía solar era la principal manera de abastecimiento de electricidad. El participante también habló acerca de cómo el sector de la energía renovable ha sido útil para generar fuentes de empleo y obtener ingresos.

Participación 4. Su intervención fue a favor de la creación de una comisión para crear y fortalecer el vínculo entre la localidad y el equipo de investigación. Sin embargo, dado que los ejidos cuentan la Asamblea Ejidal como principal órgano de decisión y este punto no figuraba en su orden del día, la propuesta no fue apoyada.

En los ejidos como figuras jurídicas legalmente constituidas es necesario que la vinculación sea llevada a cabo de una forma más institucional. El comisariado ejidal es la autoridad facultada para convocar a los ejidatarios a la Asamblea Ejidal.

El siguiente paso para avanzar con esta investigación es elaborar un documento explicativo sobre lo que implica el proyecto propuesto y un instrumento para estimar los indicadores de los criterios de desarrollo sostenible.

ANEXO V Estimación de valores de los criterios espaciales

Las cifras representan la superficie en hectáreas. Para el caso del relieve se estimó el área menos abrupta con el software Arc Map 10.3 y se dividió entre el total del área del polígono, así mismo, se realizó la misma operación para cuantificar la superficie de las áreas prioritarias para la conservación de los polígonos estudiados y traducirlo en un número que se pueda incorporar al análisis.

RELIEVE

El Hongo

$$797.8/1172.5=0.680$$

$$0.68 (10)=6.80$$

La Rumorosa

$$22.7/41.47=0.547$$

$$0.547 (10)=5.47$$

SPT

El Hongo

$$309/1172.5=0.263$$

$$0.263 (10)=2.63$$

La Rumorosa

$$41.47/41.47=1$$

$$1 (10)= 10$$

AICA Sierra Juárez

El Hongo

$$446/1172.5=0.380$$

$$0.380 (10)= 3.8$$

La Rumorosa

$$41.47/41.47=1$$

$$1 (10)= 10$$

POTENCIAL EÓLICO

El Hongo

$$5/7 (10)=7.14$$

5=Clase de potencial eólico con base en INERE (s/a)

7=Categoría de NREL (2004)

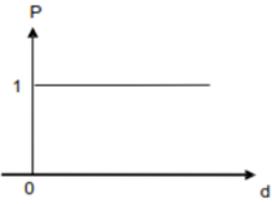
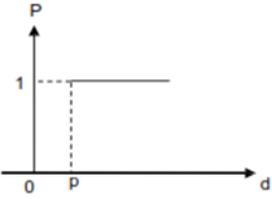
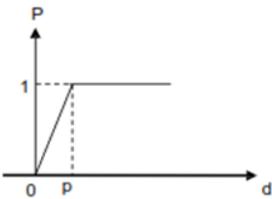
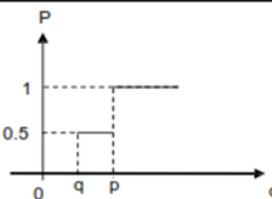
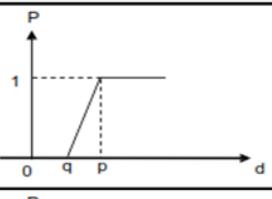
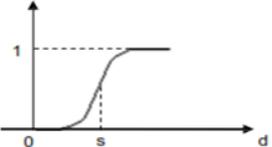
La Rumorosa

$$4/7 (10)=5.71$$

4=Clase de potencial eólico con base en INERE (s/a)

7=Categoría de NREL (2004)

ANEXO VI Tipos de funciones empleadas en Visual PROMETHEE

Tipo de función	Forma de función	Definición	Parámetros necesarios
1		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	--
2		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
3		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
4		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q \leq d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
5		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p, q
6		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	S

Fuente: García, 2009.

El autor es Licenciado en Biología por la Universidad Autónoma de Guerrero. Ha colaborado en la capacitación a pequeños productores de maíz para su manejo agrónomico y la maximización de la producción. Egresado de la Maestría en Administración del Ambiente de El Colegio de la Frontera Norte.

Correo electrónico: lsgh2011@gmail.com

© Todos los derechos reservados. Se autorizan la reproducción y difusión total y parcial por cualquier medio, indicando la fuente.

Forma de citar:

García Hernández, Luis Salvador, 2008, “Desarrollo sostenible y energía eólica en la región de La Rumorosa, Municipio de Tecate Un análisis multicriterio”, Tesis de Maestría en Administración Integral del Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte, A.C, Tijuana, México, pp. 91.