



Elda Nohemí Navarro Salas



SISTEMA TERRITORIAL DE LA
ndustria eólica
EN EL CORREDOR ECONÓMICO ENSENADA-MEXICALI Y
SIERRA JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Dr. Domingo Alberto Vital Díaz
Coordinador de Humanidades

CENTRO REGIONAL
DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS (CRIM)

Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez
DIRECTORA

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez
PRESIDENTA

Lic. Mercedes Gallardo Gutiérrez
Secretaria Técnica del CRIM
SECRETARIA

Dra. Luciana Gandini
Investigadora del Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM

Dra. Verónica Vázquez García
Profesora-investigadora del Programa de Postgrado en Desarrollo
Rural, Colegio de Postgraduados

Dra. Elsa María Cross y Anzaldúa
Profesora de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM

Dra. Maribel Ríos Everardo
Secretaria Académica del CRIM
INVITADA PERMANENTE

Mtra. Yuriria Sánchez Castañeda
Jefa del Departamento de Publicaciones del CRIM
INVITADA PERMANENTE

DIRECCIÓN GENERAL
DE ATENCIÓN A LA COMUNIDAD

M. en C. Mireya A. Ímaz Gispert
DIRECTORA

COMITÉ EDITORIAL

Mtra. Ana G. Beristáin Aguirre
Subdirectora de Proyectos
para Comunidades Saludables e Incluyentes



SISTEMA TERRITORIAL DE LA
ndustria eólica
EN EL CORREDOR ECONÓMICO ENSENADA-MEXICALI Y
SIERRA JUÁREZ, BAJA CALIFORNIA

Elda Nohemí Navarro Salas

Tesis presentada como requisito para optar por el grado
de maestra en Geografía

Ganadora del 5.º concurso de Tesis Puma 2017 en Desarrollo Sustentable
convocado por la Dirección General de Atención a la Comunidad

Facultad de Facultad de Filosofía y Letras



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias

Cuernavaca, 2019

Catalogación en la publicación UNAM. Dirección General de Bibliotecas

Nombres: Navarro Salas, Elda Nohemí, autor.

Título: Sistema territorial de la industria eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez, Baja California / Elda Nohemí Navarro Salas.

Descripción: Primera edición. | Cuernavaca, Morelos : Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, 2019. | “Ganadora del 5.º concurso de tesis Puma 2017 en Desarrollo Sustentable convocado por la Dirección General de Atención a la Comunidad”.

Identificadores: LIBRUNAM 2047457 (libro electrónico) | ISBN 9786073019576 (libro electrónico).

Temas: Industria de la energía eólica - Baja California. | Industria energética - Baja California.

Clasificación: LCC HD9502.S.W553.B35 (libro electrónico) | DDC 333.920973—dc23

Sistema territorial de la industria eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez, Baja California. Elda Nohemí Navarro Salas.

Esta edición en formato electrónico PDF de un ejemplar (15.9 MB) fue coordinada y preparada por el Departamento de Publicaciones del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Fecha de aparición 1 de julio de 2019

Ganadora del 5.º concurso de Tesis Puma 2017 en Desarrollo Sustentable convocado por la Dirección General de Atención a la Comunidad, nivel maestría

Diseño de cubierta: Alejandro López Ruiz. Diseño tipográfico, diagramación y formación: Irma G. González Béjar; corrección de original y lectura de pruebas: Perla Alicia Martín Laguerenne; revisión técnica de la versión digital: Mario Alberto Islas Flores

© D. R. 2019 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria, delegación Coyoacán, 04510, Ciudad de México

Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias

Av. Universidad s/n, Circuito 2, colonia Chamilpa, 62210,

Cuernavaca, Morelos, México

www.crim.unam.mx

Dirección General de Atención a la Comunidad

Oficinas exteriores, zona cultural edificios C y D, planta baja

y primer piso, Ciudad Universitaria

alcaldía Coyoacán, Ciudad de México

www.tucomunidad.unam.mx

ISBN: 978-607-30-1957-6 (libro electrónico PDF)

Esta edición y sus características son propiedad de la Universidad Nacional Autónoma de México. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en México

Esta obra está licenciada por el Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM. Usted es libre de utilizarla con fines académicos, no lucrativos, ni comerciales. Al hacer uso de este material usted se compromete en todo momento a respetar los derechos de autor y citar de manera correcta dando los créditos respectivos. Lo invitamos a leer el texto íntegro de la licencia <http://www.crim.unam.mx/drupal/?q=node/210>

*El viento sopla hacia el sur, luego gira hacia el norte;
y girando sin cesar, de nuevo vuelve el viento a sus giros.*

ECLESIASTÉS 6:1, RVR 1995

*A mi señor Jesús, quien me dio la fe, la fortaleza y la sabiduría
para terminar este trabajo.*

*A mi mami hermosa, que con la sabiduría de Dios me ha enseñado a ser quien
soy hoy, que sin duda alguna me ha mostrado su amor corrigiendo mis faltas
y celebrando mis triunfos. Gracias por tu amor, tu paciencia
y por tu apoyo incondicional en mi vida.*

*A mi hermano favorito, que siempre estuvo a mi lado en este proceso, que con su
amor y cuidados me ha enseñado a salir adelante.
Gracias por alentarme a iniciar este proyecto
y por apoyarme en todo momento.*

*A mi esposo, por su amor, paciencia, comprensión, bondad
y oraciones. Gracias por impulsarme a terminar este proyecto.*

*¡Oh profundidad de las riquezas de la sabiduría
y de la ciencia de Dios! ¡Cuán insondables son sus juicios,
e inescrutables sus caminos!*

Porque ¿quién entendió la mente del Señor?

¿O quién fue su consejero?

¿O quién le dio a Él primero, para que le fuese recompensado?

Porque de Él, y por Él, y para Él, son todas las cosas.

A Él sea la gloria por los siglos.

Amén

ROMANOS 11:33-36

Agradecimientos

El presente trabajo es el resultado de dos años de investigación efectuados durante el posgrado en Geografía, que fue de gran ayuda para aportar los elementos teóricos, conceptuales y metodológicos, y alcanzar los resultados obtenidos.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por abrirme las puertas a una maravillosa e inigualable casa de estudios, en donde no sólo concreté mi formación profesional, sino que reafirmé mi vocación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), que me brindó el apoyo económico para el desarrollo de esta investigación.

A mi tutora, la doctora Teresa Sánchez, que a lo largo de los últimos años de licenciatura y maestría me ha brindado su invaluable apoyo en todo momento. Gracias por tenerme la confianza y la paciencia necesaria para atender mis dudas e inquietudes, y por alentarme cada día a superarme como persona y profesionista.

A los miembros del sínodo, quienes dedicaron tiempo para leer este trabajo y hacer valiosas aportaciones. En especial al doctor José María Casado por su ardua labor de revisión y por su honestidad, franqueza y profesionalismo para los aciertos y desaciertos de esta investigación. Este trabajo no hubiera sido el mismo sin sus contribuciones.

También a mis maestros y compañeros de la maestría que me enseñaron y apoyaron durante este proceso de continuo aprendizaje.

A mis colegas y amigos Daniela de Gante y Said Martínez, gracias por compartir conmigo dos años más de geografía y amistad.

A mis estimados amigos y compañeros del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC): LCA. Yusif Nava, LCA. Maryam Nava y al doctor Jorge López Blanco, gracias por sus aportaciones, por cada palabra de ánimo, por asesorarme, escuchar mis inquietudes, tenerme paciencia y apoyarme en todo momento.

Contenido

Introducción	11
1 Marco teórico-conceptual: el enfoque geográfico y los estudios sobre la energía. El caso de la energía eólica	19
Geografía, dinámica territorial y sistemas energéticos	20
Espacio, territorio y dinámica territorial	20
El enfoque sistémico aplicado a los estudios geográficos	24
El análisis geográfico de los sistemas energéticos: la energía eléctrica	28
Enfoque sistémico aplicado a los procesos productivos. El caso de la energía eólica	35
Las fuentes de energía y la evolución histórica de su aprovechamiento.	
La energía en el contexto de la globalización	39
Clasificación de las fuentes de energía	39
Evolución histórica del aprovechamiento de las fuentes de energía	41
Globalización, desarrollo tecnológico y energía	48
El territorio y la mercantilización de la naturaleza	51
Desarrollo sostenible y energía en un contexto geográfico	55
Concepto de desarrollo sostenible	56
Geografía y desarrollo sostenible: la dimensión espacial de la sostenibilidad	59
Energía y desarrollo sostenible	64
Antecedentes de investigación sobre la energía eólica desde la perspectiva geográfica en México	66

2 Estructura y organización espacial del sector eléctrico: el subsector eoloeléctrico en México	73
Estructura y organización espacial del sector eléctrico en México.	
La energía eólica en el contexto nacional	73
Importancia económica del sector energético nacional: el contexto histórico	73
Estructura del sector eléctrico nacional	82
Evolución del sector eléctrico en México por tipos de centrales	88
Distribución geográfica de la producción del sector eléctrico por región y tipo de tecnología	93
Estructura territorial del sector eléctrico en México	101
Características del sector eléctrico, consumo y demanda regional de electricidad por tipo de usuario y entidad federativa	107
La energía eoloeléctrica en México en el contexto del desarrollo de las energías renovables	115
Aptitud natural y potencial regional para la generación de energía eólica en México	116
Evolución del subsector de energía eoloeléctrica en México	124
Participación del subsector eoloeléctrico en la generación eléctrica nacional. Estructura actual y distribución geográfica	138
Perspectivas del subsector eoloeléctrico en la generación eléctrica nacional en el contexto de las energías renovables	150
3 Características físico-geográficas y socioeconómicas del corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez: estructura actual del sector eléctrico regional	157
Características físico-geográficas de la zona en estudio.	
Potencial natural para la generación eoloeléctrica	157
Medio físico-geográfico de la zona de estudio	163
Áreas con potencial natural para la instalación de plantas eoloeléctricas	166

Características socioeconómicas de la zona de estudio	171
Características demográficas y socioeconómicas de la población	172
Principales actividades económicas de la zona de estudio	184
Estructura actual del sector eléctrico regional	186
Estructura de la capacidad instalada para la generación eléctrica regional	186
Generación y consumo regional de energía eléctrica	193
Permisos para la generación de energía eléctrica	201
Evolución regional de la demanda de electricidad y perspectivas futuras	210
Transmisión y transformación de energía eléctrica del sector privado	
Infraestructura de apoyo al sector eléctrico regional	213
Principales factores que influyen en el sector de la energía de Baja California	224
4 El desarrollo de la industria de la energía eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez	
El caso del Parque Eólico Energía Sierra Juárez	229
Evolución de la capacidad instalada para la generación eoloelectrica en la región de estudio	
Proyectos de inversión existentes y sus objetivos	229
Evolución, características y configuración espacial de los parques eoloelectricos	231
Análisis territorial de la industria de energía eólica en el CEEM. El caso Energía Sierra Juárez	242
Estrategias metodológicas	243
Estructura del sistema territorial del proyecto Energía Sierra Juárez	246
Área de influencia territorial del parque eólico	278

Abastecimiento regional y transfronterizo estratégico la conformación de un polo energético	280
Diagnóstico del sistema territorial. Efectos de la presencia de la industria de energía eólica: una síntesis	283
Funcionamiento del sistema territorial de la industria eólica	285
Principales efectos territoriales	287
Análisis FODA para la industria eólica en el CEEM y en particular para el proyecto Energía Sierra Juárez	295
Modelo territorial de la industria eólica. El caso Energía Sierra Juárez y el triángulo eoloeléctrico transfronterizo	298
Consideraciones finales	305
Anexos	315
Referencias bibliograficas	337

Introducción

Esta tesis está dirigida a analizar las relaciones socioeconómicas e improntas espaciales producto de la presencia de la industria de generación de energía eólica en el espacio geográfico que alberga al corredor económico Ensenada-Mexicali (CEEM) y Sierra Juárez.

Se aborda un estudio de caso del Parque Eólico Energía Sierra Juárez por ser el primero transfronterizo entre México y Estados Unidos que presenta una interacción espacial importante, así como características que demandan analizarse de manera particular sin dejar de lado el sistema territorial que lo acoge. Por ello, en esta investigación el estudio de caso fue considerado con dos objetivos: analizarlo a profundidad y desarrollar una metodología para abordar este tipo de características particulares.

En 2003 el Gobierno del Estado de Baja California encargó al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (Cisese) realizar un estudio sobre “Zonas potencialmente productoras de energía eléctrica eólica en Baja California”. La Rumorosa fue seleccionada como una de las localidades potenciales, por su cercanía con Mexicali y a la red de transmisión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que pasa por ese sitio (ProMéxico 2012). Actualmente, el Centro de Investigación en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) tiene a su cargo gran parte de la investigación científica del ramo energético; en el CIE se estudian diversos problemas relacionados con la energía con un enfoque multidisciplinario, en particular con las fuentes renovables, realizando investigación científica y tecnológica (CIE 2010, 25).

En general, las energías renovables, su tecnología e impacto se han convertido en temas centrales de estudio en el marco de la reflexión sobre la industria

energética desde diferentes perspectivas disciplinarias. Las investigaciones realizadas en torno a estos temas se han enfocado en la capacidad real y potencial de los países en desarrollo para dirigir, financiar, difundir y utilizar la investigación, y los avances relacionados con la generación de energías renovables, así como en la búsqueda y desarrollo de nuevas tecnologías. Sin embargo, poco se ha hecho respecto al análisis geográfico de los patrones espaciales que está adoptando la industria de energía eólica, su dinámica territorial y la articulación socioeconómica que guarda con el territorio en las distintas escalas.

La necesidad de profundizar en el conocimiento de la dinámica del sistema territorial y el impacto socioeconómico de la industria de energía eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez se debe a que, como efecto de la economía global y la apertura económica que se ha suscitado, las ciudades fronterizas del norte del país y, en particular las de Baja California, han experimentado un crecimiento económico muy notable en los últimos decenios como resultado de la dinámica industrial; ello ha ido aparejado a un aumento en el crecimiento demográfico y a la demanda de energía que ha motivado el fortalecimiento de la infraestructura de generación y distribución de la misma con sistemas tradicionales, pero también ha propiciado el crecimiento de la inversión privada en infraestructura para la generación de energías renovables, particularmente la eólica, que complementa las fuentes tradicionales. Sin embargo, hasta el momento no existen estudios que busquen comprender las interrelaciones que el sistema energético establece con los sistemas social, ambiental, económico y político, a escala local y regional, siendo la estructura económica y política fundamental para entenderlo.

Por ello, los resultados de esta investigación, en general, permiten aportar información desde una perspectiva que logra develar las dinámicas e imprints territoriales producto de la presencia de la industria de energía eólica en el espacio geográfico del CEEM, a partir de la caracterización de su potencial para la generación eléctrica por medio del viento y de la evolución de la tecnología, que han permitido el aprovechamiento de dicho recurso con base en el binomio “potencial del recurso natural/empresa e industria” en su articulación con el sistema territorial.

Si bien los recursos fósiles son hoy día las fuentes energéticas más importantes, la crisis petrolera mundial ha impulsado la búsqueda de otras fuentes energéticas alternas para poder contrarrestar los efectos causados por la dependencia de las energías fósiles. Asimismo, dado que la extracción de dichos recursos está siendo cada vez más criticada por su impacto al medio ambiente, se busca sustituirlos a través de la investigación tecnológica por nuevos sistemas de producción de energía; ello ha dado como resultado que se ponga la mirada en zonas con potencial para generar energías renovables que, al mismo tiempo, posean una dinámica de crecimiento económico importante. Puesto que el sector de las energías renovables está constituido por todas las formas de energía que se renuevan en forma continua, y ya que México es un país cuya economía y base energética están sustentadas principalmente por el petróleo, se requiere de un cambio de paradigma energético.

En este sentido, a partir de 1998, México abrió sus puertas a la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, considerando el potencial natural y de mercado del cual es poseedor; actualmente, México cuenta con una capacidad total instalada de 16 047 MW para la generación de electricidad a partir de energías renovables; sin embargo, se estima que para el 2028, dicha capacidad se incremente en 19 761 MW, de los cuales se calcula que las fuentes de energía eólica e hidráulica tendrán la mayor participación, con 59 % y 21 %, respectivamente (ProMéxico 2015).

Para el caso particular de la energía eólica, considerando la cartera actual de proyectos eólicos, en 2015 México contó con un potencial de producción de energía eólica de alrededor de 10 000 MW de clase I y II. El mayor potencial de desarrollo al 2015 se concentra en los estados de Oaxaca, con 3 103.75 MW, y Baja California, con 568.8 MW de capacidad autorizada. Esto evidencia el notable crecimiento que tendrá esta industria energética y la necesidad del desarrollo tecnológico paralelo para cubrir la creciente demanda (CRE 2015).

Según la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (U. S. Agency for International Development), el mayor potencial para la exportación de energía eólica en México se encuentra en el mercado californiano, ya que, al menos actualmente, en Texas el nivel de demanda es prácticamente inexistente, dado que ya ha alcanzado sus metas de producción con

base en fuentes de energía renovables. Del lado mexicano, el estado de Baja California muestra el mayor potencial de exportación en el corto plazo, tanto por su cercanía al mercado californiano, como por sus importantes recursos eólicos y los proyectos en curso.

Es por ello que a partir de 1998, el Estado ha otorgado permisos a particulares con ese fin. Aunado a lo anterior, la red de energía eléctrica de Baja California no forma parte del Sistema Interconectado Nacional administrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), sino que constituye un sistema independiente, el cual está vinculado a la red eléctrica de California mediante interconexiones en dos localidades: la Rosarita en Mexicali y Mesa de Otay en Tijuana, en donde se lleva a cabo la importación y exportación de electricidad. En Baja California, los sectores industriales y residenciales son los más importantes usuarios de electricidad, seguidos del sector comercial, de riego y de alumbrado público (Quintero et al. 2005, 289).

Por lo que, una vez que se conoce que la industria eólica tiene una injerencia importante en el CEEM, la hipótesis de trabajo sostiene que:

La dinámica territorial de la industria de energía eólica y su impronta a lo largo del corredor económico Ensenada-Mexicali y parte de la Sierra Juárez ha fomentado un polo de desarrollo eléctrico-económico en el que el servicio eléctrico y los vientos dominantes son materializados para su exportación, debido a la existencia de un potencial eólico significativo, una normatividad jurídica que permite la participación privada en las actividades de generación eléctrica, la cercanía con el mercado californiano y su elevada demanda de energías renovables, así como al crecimiento de inversiones para proyectos futuros en la región.

Con base en lo anterior, el objetivo general de esta investigación es interpretar el sistema territorial de la industria de la energía eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez, a partir de 1998, para valorar cómo dicha industria se ha articulado espacialmente con el entorno socioeconómico local y regional, estableciendo vínculos e interacciones a nivel internacional, principalmente con Estados Unidos. Los objetivos particulares son los siguientes:

- Examinar los postulados teóricos y conceptuales de la geografía de los energéticos y de la electricidad, la teoría general de sistemas y la estructura territorial haciendo un énfasis particular en el sistema territorial.
- Localizar las fuentes de energía y las centrales eléctricas de las que depende la demanda energética social, la económica regional y la internacional fronteriza, así como el peso actual de la industria de energía eólica en ese contexto.
- Interpretar el marco normativo de las políticas públicas y sus instrumentos relacionados con la producción y abastecimiento de energía eólica, con base en el contexto del sistema de energía nacional, así como del marco regulatorio.
- Evaluar las características físicas del área de estudio y su aptitud para la generación de energía eólica, con el fin de determinar la manera en la que el medio ambiente, los recursos naturales, el desarrollo económico y el entorno social funcionan como componentes interdependientes en el marco de un sistema de producción y distribución de energía renovable con un fuerte impacto territorial a nivel local y regional.
- Elaborar un marco teórico crítico con el objetivo de presentar un apartado especial que enmarque los desafíos y las oportunidades que se exteriorizan en el ámbito de la cooperación energético-ambiental en América del Norte, particularmente en lo que respecta a Estados Unidos y México.
- Demostrar que la red eléctrica es reveladora de problemas sociales, políticos, económicos, la cual configura el territorio, y que no funciona simplemente como un medio para transportar energía eléctrica.
- Valorar qué relaciones existen entre la industria de energía eólica y las actividades económicas fronterizas, examinar cómo está creciendo su capacidad instalada y de qué manera esta industria compite en la generación de electricidad con la CFE.
- Contrastar hasta qué punto la presencia de los nuevos sistemas energéticos son una respuesta a las necesidades de la población, la economía local y regional, así como precisar si la percepción de la población

es positiva en cuanto al beneficio social y económico que estas nuevas energías ofrecen.

- Establecer las asociaciones o vínculos espaciales entre la ubicación de la infraestructura de generación de energía eólica y los nichos de mercado, con el fin de valorar si el emplazamiento de dicha infraestructura, apoyado por la presencia del recurso eólico, tiene un carácter geoestratégico en relación con el mercado.

La estructura de esta investigación consta de cuatro apartados cuyo contenido se describe a continuación.

En el capítulo uno se abordan los principales postulados teórico-conceptuales acerca de la estructura y el sistema territorial, en este caso de una actividad económica, a partir de su concepción como un sistema de relaciones en el espacio; al mismo tiempo, se hace lo propio con relación al tema de la energía eólica como el objeto de este estudio y se realiza una revisión sobre el estado del arte aplicado a los estudios geográficos acerca del tema a nivel nacional e internacional.

El capítulo dos esboza la estructura y organización espacial del sector eléctrico en México, así como la importancia económica del sector energético a nivel nacional, partiendo de un contexto histórico para de ahí señalar la evolución de la estructura territorial del sector eléctrico nacional. Por un lado, presenta las características del sector eléctrico, la distribución espacial de la infraestructura y su producción, así como el comportamiento del consumo y demanda regional-estatal de electricidad por tipo de usuario y tipo de tecnología. Por otro lado, aborda a la energía eólica en México en el contexto del desarrollo sostenible y del marco jurídico de las energías renovables, evidenciando la aptitud natural y el potencial regional para la generación de energía eólica que existe en México, la evolución que ha tenido el subsector de energía eléctrica a lo largo del tiempo y el crecimiento esperado de los proyectos de energía renovables, particularmente de energía eólica.

En el capítulo tres se presenta la región de estudio del corredor económico Ensenada-Mexicali identificando sus características físico-geográficas y socioeconómicas, así como su aptitud para la generación de energía eólica.

A la vez, se explica la estructura e infraestructura actual del sector eléctrico regional haciendo un énfasis en las características del servicio privado de electricidad para, posteriormente, definir los factores que influyen en el sector de la energía de Baja California.

Finalmente, en el capítulo cuatro se presenta la evolución, características y configuración espacial de los parques eólicos y su implantación en el CEEM y Sierra Juárez, así como los resultados de la evaluación del sistema territorial de la energía eólica para el estudio de caso específico del primer proyecto eólico transfronterizo con mayor envergadura. Por medio de tres etapas metodológicas se identifican primeramente las características de los componentes territoriales o subsistemas; en la fase dos se expone el funcionamiento del sistema territorial del Parque Eólico Energía Sierra Juárez, para contrastar en la última fase los resultados de las dos primeras fases con el fin de develar de forma sintética, a través de una matriz FODA y un modelo territorial, el reconocimiento de la percepción de la población, las relaciones de los subsistemas y la imagen externa que adopta el sistema territorio del parque eólico.

1

Marco teórico-conceptual: el enfoque geográfico y los estudios sobre la energía. El caso de la energía eólica

El presente capítulo aborda los principales postulados teórico-conceptuales acerca de la estructura y el sistema territorial, en este caso, de una actividad económica, a partir de su concepción como un sistema de relaciones en el espacio; al mismo tiempo, hace lo propio con relación al tema de la energía eólica como el objeto de este estudio y realiza una revisión sobre el estado del arte acerca del tema a nivel nacional e internacional. Para ello, en un primer apartado se exponen las premisas más importantes sobre la teoría de la estructura, la dinámica territorial y la teoría general de sistemas, como base para comprender el territorio y sus componentes como un sistema; también se aborda el marco epistemológico de los conceptos de espacio, territorio, territorialidad, mercantilización de la naturaleza, sostenibilidad y energía renovable. Todo lo anterior, bajo el posicionamiento teórico de la geografía crítica que concibe al espacio como un *espacio social*, el cual se identifica como aquel que hace a la naturaleza un componente inseparable de la propia existencia humana y que se confunde con ella.¹ En un segundo apartado, se presentan como antecedentes de esta investigación los principales enfoques con que se han abordado los estudios sobre la energía eólica basados en la producción bibliográfica existente, principalmente en México, así como la literatura con enfoque geográfico de carácter internacional.

¹ J. Ortega Valcárcel, *Los horizontes de la geografía. Teoría de la geografía* (Barcelona: Ariel Geografía, 2000).

Geografía, dinámica territorial y sistemas energéticos

Es necesario precisar las posiciones conceptuales sobre la dinámica territorial dentro de la teoría de la geografía, ya que el análisis del espacio y sus componentes desde la perspectiva geográfica implica comprender sus transformaciones y su evolución a través del tiempo, como es el objetivo de la presente investigación, con el fin de obtener un conocimiento más amplio y cercano a la realidad de fenómenos involucrados en procesos dialécticos que se reflejan en desigualdades materiales y contradicciones territoriales. Asimismo, esta investigación se inserta dentro de los estudios de la geografía de la energía en el contexto de los cambios que ésta ha experimentado en el escenario global, de manera que la dialéctica de la globalización ayuda a explicar la multidimensionalidad de la transición energética y su comportamiento y efectos en el territorio, vistos desde un enfoque sistémico.

Espacio, territorio y dinámica territorial

La conceptualización sobre la dinámica territorial parte de la reflexión acerca del espacio, en un sentido general, y del territorio, de manera particular, como un espacio acotado; ambos constituyen el objeto de estudio de la geografía. Para Milton Santos (1990, 165) el espacio es un objeto real en evolución permanente, que es a la vez forma y contenido. El espacio ostenta una inercia dinámica que se manifiesta, por un lado, en su tendencia a reproducir la estructura social que le dio origen, y por otro lado, en el hecho de que se impone a esta estructura como un intermediario ineludible, que así como puede mantener el objetivo inicial, lo puede alterar e incluso redireccionar. Por sus cualidades funcionales, es decir, la distribución geográfica de los objetos, el espacio se puede considerar como un reflejo de la sociedad; pero por sus cualidades sistémicas, esto es, por las condiciones espaciales preexistentes, el espacio también puede considerarse como una instancia activa con la capacidad de condicionar, más no de determinar, la evolución de las estructuras sociales (Santos 1990,160).

El espacio, como categoría geográfica, expresa una serie de procesos sociales históricamente localizados en los que se relacionan, no sin contradicciones, diferentes elementos constituyentes, como son los hombres, las empresas, las instituciones, el medio ecológico y las infraestructuras (Santos 1986). Estos elementos son en todo momento variables y, en su permanente interacción, crean estructuras, las cuales se articulan en dimensiones cada vez mayores hasta configurar propiamente al espacio como totalidad o sistema, durante una temporalidad determinada. Agrega Santos (1997) que los objetos del espacio geográfico contemporáneo no son simples colecciones, sino sistemas que surgen a partir de un comando único y que parecen estar dotados de una intencionalidad que puede ser mercantil o simbólica.

En este tenor, Smith (2006) menciona que el espacio social, relativo debe ser entendido como una producción-disposición de objetos que tiene como fundamento la interacción entre el hombre y los demás elementos de la naturaleza.² Así, se establece una relación fundada en capacidades inherentes a la transformación o alteración de los hechos naturales por parte de los seres humanos. El espacio social tendría un fundamento físico, pero su dinámica se aleja y contrapone a la causalidad de la naturaleza, siendo ahora direccionada por la capacidad de transformación de dicha naturaleza humanizada (Peral 2012, 31).

Del concepto de *espacio* se desprende el de *territorio*, término que se define como un espacio acotado o delimitado por el hombre a partir de un criterio determinado; constituye un fragmento del espacio, considerado como la totalidad. El concepto de análisis territorial es indispensable para la comprensión de la estructura actual de la formación socioespacial de la industria de energía eólica en un territorio determinado. Dicho análisis parte de las siguientes consideraciones: “Toda relación social tiene ocurrencia en el territorio y se expresa como territorialidad” (Montañez y Delgado 1998, 122). El territorio es el escenario de las relaciones sociales y no solamente el marco

² La electricidad es el único energético secundario, es decir, puede producirse a partir de diversas fuentes naturales, como el agua, petróleo, carbón, radiación solar, viento y uranio, considerados como los energéticos primarios.

espacial que delimita el dominio soberano de un Estado; el territorio es un espacio de poder, de gestión y de dominio del Estado, de individuos, grupos, organizaciones, empresas locales, nacionales y multinacionales. En ese marco, el territorio es una construcción social y su conocimiento implica el entendimiento del proceso de producción³ (Montañez y Delgado 1998, 122).

Partiendo del principio de Raffestin (1980, 144), en el que el territorio es una construcción a partir del espacio geográfico y el espacio es anterior al territorio, se puede aseverar que las transformaciones en el espacio ocurren debido a las relaciones sociales en el proceso mismo de producción. Los elementos naturales también transforman al espacio, aun cuando son las relaciones sociales y, por ende, las relaciones económicas las que impactan con mayor intensidad. Los sistemas objetos se entienden como los elementos naturales y los objetos sociales, o los objetos producidos por medio de las relaciones sociales, que modifican y transforman la naturaleza. Por esta razón, los sistemas de acciones y los sistemas de objetos son inseparables y es posible analizar las distintas intensidades que tienen sus movimientos. La técnica y la tecnología dinamizan los sistemas de acciones, impactando la naturaleza con mayor intensidad (Mançano 2011).

La formación de territorios es siempre una fragmentación del espacio. Los seres humanos necesitan construir espacios y territorios que garanticen su existencia (Gottmann 1973). Los territorios pueden ser vistos de diversas formas por sujetos diferentes; para ello, una consideración más amplia para el concepto de *territorio* es el principio de multidimensionalidad. Cuando se ignoran los distintos tipos de territorios se pierde la multiescalaridad, porque éstos se organizan en diversas escalas geográficas, desde lo local hasta lo internacional (Mançano 2011).

Así, es necesario indicar el alcance conceptual de los términos *territorio*, *territorialidad* y *desterritorialización* para así llegar a un acercamiento teórico del concepto de *dinámica territorial*. Geiger (1994, 233-246) refiere al territorio como una extensión terrestre delimitada que incluye una relación de

³ La energía, considerada un factor esencial de la producción, ocupa su lugar dentro del campo de la geográfica económica y, por ende, del análisis del territorio.

poder⁴o posesión por parte de un individuo o un grupo social. Contiene límites de soberanía, propiedad, apropiación, disciplina, vigilancia y jurisdicción. Por su parte, Montañez (1998, 198) conceptualiza a la territorialidad como “el grado de control de una determinada porción de espacio geográfico por una persona, un grupo social, un grupo étnico, una compañía multinacional, un Estado o un bloque de Estados”. También, se refiere al “conjunto de prácticas y sus expresiones materiales y simbólicas capaces de garantizar la apropiación y permanencia de un determinado territorio por un determinado agente social o Estado, los diferentes grupos sociales y las empresas” (Lobato Corrêa 1996, 252).

Asimismo, agrega Montañez (1998, 125) que la desterritorialización se refiere al “proceso de pérdida del territorio derivado de los conflictos de poder entre los distintos agentes territoriales. Una empresa puede expandir su territorio a costa de la desterritorialización total o parcial de otra”.

Con base en los anteriores conceptos, se puede definir a la dinámica territorial como los cambios que experimenta un espacio geográfico determinado a través del tiempo; un territorio se estructura y desestructura constantemente y no lo hace por medio de las relaciones (estructuras), sino a través de procesos (sistemas) que dinamizan el espacio.⁵ Los sistemas territoriales, desde un punto

⁴ Relaciones de poder: “Cuando el espacio geo-natural es poblado por grupos humanos, tiene que satisfacer las necesidades vitales: alimentación, vestido y vivienda; y el único medio para conseguirlo es la actividad productiva. Su campo de acción es el espacio geográfico, que le ofrece los recursos naturales para llevar a cabo la producción, le funciona como territorio soporte. La transformación de la naturaleza se lleva a cabo principalmente a través de las instancias de producción, las cuales permiten a la humanidad reproducirse. Cuando una sociedad produce una cantidad mayor que la necesaria para reproducirse, hay un plusvalor, naturaleza transformada con trabajo excedentario. El plusvalor cuando es social se convierte en excedente productivo. La presencia de éste propicia las relaciones de poder en busca de apropiación. El poder es un mecanismo de dominio que se enmarca en las instituciones políticas e ideológicas para sostenerse y reproducirse ampliamente. La estructura del espacio es guiada por las relaciones de poder” (Arellanes 1996).

⁵ Las estructuras espaciales tienen que ver con los patrones de distribución que adoptan los elementos en un espacio determinado; los procesos que ocurren a través del tiempo, reflejan la dinámica espacial y se asocian con el concepto de organización espacial (es la suma de estructuras espaciales a través del tiempo); y las relaciones reflejan el

de vista estricto, no tienen límites espaciales. Si por necesidad del análisis se requiere delimitar una cierta parte del espacio, no se debe, sin embargo, imaginar que el análisis se circunscribe a esa escala geográfica; al contrario, la escala de estudio sobrepasa dicha escala natural como resultado de las interacciones que ese espacio tiene con otros espacios a diferentes escalas. Los procesos que experimentan los sistemas territoriales y sus funciones no son tan evidentes, pero son los que transforman dinámicamente el espacio a través del tiempo (Lacoste 1977; Santos 1986; Sánchez 1991). Pero antes de profundizar en los sistemas territoriales o en el espacio como un sistema, es importante explicar el concepto de sistema, en el marco de la teoría de la cual surgió.

El enfoque sistémico aplicado a los estudios geográficos

El espacio no se puede concebir como una yuxtaposición de áreas extensas, sino como el campo de acción de flujos de todo orden, y son estas fuerzas las que se integran en la medida en la que se combinan para traducirse en una cierta organización espacial. Por esta razón, el territorio, más que un escenario, es un sistema.

a) Teoría general de sistemas

La teoría general de sistemas (TGS) es un método de aproximación y entendimiento científico que tiene como eje principal la comprensión de las múltiples interacciones de sus componentes como condición necesaria para explicar y predecir el comportamiento de un fenómeno bajo estudio (McNeill y Freiburger 1993). Esta teoría se le atribuye a Ludwig von Bertalanffy, y surgió

funcionamiento del espacio, porque implican flujos, movilidad; por eso se dice que la geografía estudia la estructura, organización y funcionamiento de los sistemas espaciales, entendidos éstos como la suma de todos sus componentes (natural, social, económico y político) y sus interrelaciones o interacciones, entre ellos o con otros sistemas espaciales a otras escala.

ante la imposibilidad de explicar los procesos sociales y biológicos desde el clásico enfoque analítico-reduccionista, considerando la incompatibilidad entre los principios mecánico-causales que lo sustentan y la complejidad de los sistemas naturales (Arnold y Rodríguez 1990).

Por su parte, Sarabia (1995) menciona que como contraparte al enfoque reduccionista, la teoría general de sistemas plantea que dos sistemas compuestos por los mismos elementos pueden evolucionar en forma diferente, debido a que:

1. Existe mutua dependencia entre los componentes, por lo que si un componente “A” se relaciona con uno “B”, éste genera un cambio en “A”, que nuevamente responderá modificándolo y, por lo regular, la magnitud y el sentido de muchas de las relaciones entre los componentes de un sistema resultan poco evidentes y poco predecibles.
2. Los sistemas no son cerrados, sino que están abiertos a las influencias del contexto, que pueden alterar las relaciones entre los componentes.
3. Como consecuencia de los dos puntos anteriores, el sistema siempre reaccionará globalmente, y el efecto total de ese cambio se presentará como un ajuste de todo el sistema, difícil de predecir y de explicar.

A partir de este planteamiento se muestra cómo la teoría general de sistemas reconoce y aborda la naturaleza orgánica e impredecible de los sistemas, lo cual la hace indispensable para abordar la complejidad y multiescalaridad espacial y temporal. Cabe destacar que el concepto de sistema como conjunto de elementos y sus interacciones no impone los límites de análisis. De esta manera, un sistema bajo estudio puede recibir influencias “externas” que, a su vez, son resultado de la evolución de otros sistemas. Analizado desde una perspectiva más amplia, ambos sistemas se comportan como subsistemas de un gran sistema denominado por los teóricos de la materia como suprasistema o macrosistema. Estas relaciones pueden ser tales que abarquen al universo en su totalidad (Concha y Marian 2012).

b) El territorio como sistema

El sistema territorial⁶ es el conjunto de todos los elementos y procesos, naturales y artificiales, existentes en el territorio. La formación de un sistema territorial de acuerdo con Alejandro Gómez y Domingo Gómez (2013, 30) es consustancial al proceso evolutivo del hombre, constituyendo un sistema que se va complicando con la evolución histórica (figura 1.1).

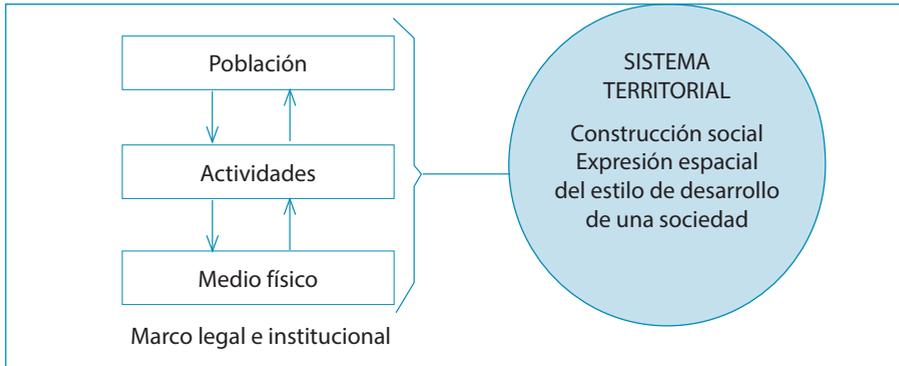
Es así como la sustancia del territorio se conforma de tres elementos: la estructura, el funcionamiento, y la imagen que transmite al exterior. La estructura se manifiesta en las componentes del sistema; el funcionamiento, en los flujos que circulan por los canales de relación que dan funcionalidad al sistema; y ambos se manifiestan en la imagen que la población percibe, de forma polisensorial y subjetiva, del paisaje. A estas tres también se le suma una cuarta, de diferente naturaleza, pero también consustancial a los sistemas: el tiempo, o evolución temporal del sistema.

En este tenor, los componentes del sistema territorial son:

- El medio físico, también denominado territorio y recursos naturales.
- La población y sus actividades de producción, consumo y relación social.
- El poblamiento o configuración espacial de los asentamientos humanos e infraestructuras de relación.
- El marco legal e institucional, que administra las reglas de funcionamiento.

⁶ El análisis territorial se orienta a comprender el modelo territorial, es decir, la expresión simplificada del sistema constituido por las características naturales, los procesos económicos, sociales, culturales y ambientales y sus repercusiones territoriales. Este análisis es parte sustancial del diagnóstico territorial: interpretación de dicho modelo a la luz de su trayectoria histórica y de su evolución previsible si no se interviene, expresado en términos de problemas y oportunidades actuales potenciales (Gómez y Gómez 2013, 3).

Figura 1.1
El sistema territorial



Fuente: Elaboración propia con base en Gómez y Gómez (2013).

A su vez, cada uno de los subsistemas queda configurado por un universo de relaciones entre elementos y procesos más simples. El funcionamiento del sistema está definido por las relaciones: del sistema con el exterior; de los sistemas correspondientes a diferentes niveles territoriales; y de los componentes internos al propio sistema: de las actividades con el medio físico y entre sí, de éste con el sistema de asentamientos, y de ambos con los canales de relación que dan funcionalidad al sistema; y todo ello con el marco legal e institucional.

La imagen externa en que se manifiesta el sistema territorial conforma la base paisajística, “elemento objetivo cuya percepción polisensorial y subjetiva son los observadores potenciales (locales y foráneos)”, así como el tiempo, es decir, “la forma en que evoluciona el sistema y los mecanismos de control que le permiten a las circunstancias variables estar en constante cambio” (Gómez y Gómez 2013, 32).

El análisis geográfico de los sistemas energéticos: la energía eléctrica

El análisis de la inserción social de la industria de generación de electricidad, desde una perspectiva geográfica, requiere, por un lado, de su articulación

dentro de un sistema de conceptos propios de la geografía, y por el otro, precisa considerar que el mundo está experimentando una nueva transición energética que consiste en la pérdida de la participación de los hidrocarburos y su sustitución por fuentes alternativas de energía. En ese marco, la industria de generación de energía eléctrica y las actividades asociadas de distribución y consumo deben ser vistas, en términos geográficos, como un macrosistema técnico que existe como red.

El papel de las energías renovables como energías alternativas se ha matizado, y han tomado fuerza en el discurso los aspectos ambientales y la demanda social, actuando como impulsores en el desarrollo de una nueva etapa en la integración de las energías renovables en la vida cotidiana (Escobar 2014, 2).

De esta forma, hoy en día se está tomando conciencia de los graves problemas derivados del uso insostenible de la energía y del modelo de concentración basado en el petróleo y en los combustibles fósiles como fuentes de energía baratas y casi inagotables, y a ello se contraponen, cada vez más, un nuevo modelo energético que parte de las siguientes premisas: la diversificación en las fuentes, la racionalización, la eficiencia, el ahorro en el consumo energético, la disminución de los impactos del cambio climático y el respeto al medio ambiente (Escobar 2014, 2). Resulta difícil concebir las energías renovables olvidando la perspectiva ambiental en la que nacen y se desarrollan. Sin embargo, en ocasiones esta visión tiende a olvidarse, provocando el rechazo social y la incompreensión hacia una actitud que antepone esquemas de desarrollo con un carácter exclusivamente economicista frente a otros más técnicos y ambientales.

Desde una perspectiva social, las energías renovables tienen y deben tener una importante posición de cara al futuro. En numerosas ocasiones, es la demanda social, a través de la difusión de la tecnología y de la preocupación ambiental, la que promueve el desarrollo de estas fuentes. A la par, la acción motora sobre el desarrollo tecnológico, económico y la mejora del empleo son importantes incentivos para su desarrollo. Legislación, medio ambiente, recursos naturales, desarrollo económico y social son variables con una fuerte impronta territorial y geográfica. Por ello, la integración de las energías renovables no sólo debe enfocarse desde un punto de vista técnico, sino también desde la

comprensión del sistema energético como una actividad económica con una importante presencia territorial (Escobar 2014, 3).

a) Geografía económica y energía

En este apartado se pretenden sistematizar los conocimientos que unen los campos de la geografía y de la energía, de forma tal que se pueda dar respuesta a una triple preocupación: por un lado, nutrir el marco teórico conceptual dentro de esta rama de la geografía económica; contribuir al conocimiento territorial de la planificación energética y a la integración de las energías renovables y, por otro, aportar las herramientas necesarias para incluir ese conocimiento en proyectos activos de integración y ordenamiento territorial.

La geografía de la energía tiene como objetivo el análisis de la estructura, organización y funcionamiento de las actividades de producción, distribución y consumo de la energía en un territorio, lo cual incluye, por tanto, la identificación de la distribución de sus fuentes, de sus clases y de sus usos en la economía social y el sistema de relaciones que se generan a partir de ello. Sin embargo, no puede limitarse a la provisión de datos, sino que debe entregar información con sentido crítico, para lo cual registra también las características de las tecnologías empleadas. No obstante, “la tecnología es una forma social de relación con la naturaleza, y la intervención del factor social hace de esta rama de la geografía humana y, por ende, de la geografía económica, algo muy dinámico” (Marticorena 1993, 169), toda vez que la generación de energía no es un fin en sí misma, sino un insumo intermedio para la producción industrial, los servicios públicos y domésticos, y el comercio.

Cabe aclarar que las fuentes de energía están presentes en la naturaleza; por consiguiente, en la mayoría de los elementos naturales, la energía está contenida en una manera tal que su extracción resultaría sumamente costosa, salvo algunas excepciones. “Los componentes naturales llamados combustibles, en cambio, son aquellos que permiten una extracción menos costosa de la energía que almacenan; de este tipo de materiales los hay minerales y biológicos. En otros casos, las fuentes de energía pueden presentarse de una manera

más directa y libre en la naturaleza, como son las de origen termal, el viento, la radiación del sol y la energía de las mareas” (Marticorena 1993, 169).

b) Espacio geográfico y energía eléctrica

Retomando las ideas de Milton Santos (2000, 54), el espacio geográfico “está formado por un conjunto indisoluble, solidario y también contradictorio, de sistemas de objetos y sistemas de acciones, no considerados aisladamente, sino como el contexto único en el que se realiza la historia”. Lo que significa que “los sistemas de objetos condicionan la forma en la que se dan las acciones y, por otro lado, el sistema de acciones lleva a la creación de objetos nuevos o se realiza sobre objetos preexistentes”. Así, los objetos “pueden nacer predestinados a un cierto tipo de acciones”, pero “son las acciones las que, en último término, definen los objetos, dándoles un sentido”, en donde “objetos y acciones son inseparables y hacen del espacio geográfico un ‘hibrido’ entre naturaleza y sociedad (Santos 2000, 55-86).

Pierre George (1980, 42) define que “sobre el plano propiamente del espacio funcional se pueden distinguir tres tipos de relaciones entre la producción y el consumo de la electricidad: 1) la producción en el lugar de consumo; 2) el consumo en el lugar de la producción, y 3) el transporte de la energía eléctrica desde el lugar de producción hasta el lugar de consumo”.⁷

Con base en lo anterior, se propone el estudio de la técnica como un proceso que hace posible reconocer empíricamente la unidad entre tiempo y espacio. “Los sistemas técnicos comprenden formas de producir energía, bienes y servicios...” (Santos 2000, 27). Bajo este enfoque, el pensamiento de Milton Santos aporta elementos para situar a la energía eléctrica en un contexto

⁷ Desde el punto de vista del costo de la energía, la fórmula más económica es la segunda. La producción en el lugar de consumo requiere el transporte del material energético desde el lugar de su producción (extracción) hasta el del abastecimiento de los usuarios. “El transporte de la corriente es tanto más costosa cuanto más grande sea la distancia debido al precio del kilómetro de cable y a la pérdida en el recorrido” (George 1980, 42).

geográfico integrador. La energía eléctrica constituye un macrosistema técnico, es decir, uno de los “sistemas técnicos sin los cuales los otros sistemas técnicos no funcionarían (Santos 2000, 150).

La condición de macrosistema indica una distinción jerárquica al interior del conjunto técnico. Se ve como un macrosistema ya que cumple una función general, en este caso, la provisión de energía en forma de electricidad, requerida por todos los otros sistemas técnicos que desempeñan funciones específicas, para lo que se requiere de relaciones de complementariedad, interdependencia y compatibilidad estructural entre los mismos. Las primeras de estas relaciones se dan internamente en el macrosistema energético, debido al hecho de que, teóricamente, cualquier desplazamiento de materia (fuente) puede ser convertido en electricidad (forma; Furlan 2010, 7).

Como corolario de lo anterior, “el macrosistema eléctrico representa un ejemplo de un conjunto de redes. Estas redes pueden ser tanto técnicas como sociales; son materiales pero también están vivas; son estables y, al mismo tiempo, dinámicas por el movimiento que imprimen en la sociedad; son concentradoras y dispersoras; integran y desintegran” (Santos 2000, 234-235). Resulta muy oportuna la propuesta de Jorge Blanco (2009, 1285), ya que menciona a las redes técnicas como un conjunto de objetos que son al mismo tiempo concreciones y portadoras de proyectos. Las redes son, así, la secuencia no lineal de actores, lugares, objetos técnicos y tiempo que conforman un espacio relativo y son el vehículo de articulaciones y tensiones que obligan a “repensar las miradas sobre el territorio” (Blanco 2009, 1291). Por lo tanto, “las redes pueden así estar al servicio tanto de los procesos sociales como de los procesos que los desestructuran” (Haesbaert 2004, 213).

c) Geografía de la energía

Adriano Furlan (2010) realiza un análisis acerca del concepto de geografía de la energía y de cómo éste ha tenido muy poca evolución, pese a los grandes

cambios en los que está enmarcado su objeto de estudio. Por ello, un reconocimiento de este tipo ayuda a comprometer las premisas teóricas de esta rama de la geografía económica con la medida de complejidad que exige la comprensión del mundo de hoy.

Ya no es posible sostener definiciones tales como que “en una geografía de la energía se deberá tener en cuenta, no sólo la distribución de las fuentes de ésta, sino también las diferenciaciones regionales, que proceden, por una parte, del desigual desarrollo de la economía industrial, es decir, de las nuevas fuentes de energía, y por otra parte, de la variedad de los sistemas que asocian en proporciones diversas el empleo de sus principales aplicaciones industriales” (George 1952, 13), o que “la geografía de la energía es el estudio de la distribución de las fuentes de energía, de la transmisión de los productos energéticos y de la energía y de su consumo” (George 1991, 1:212). Aunque publicados con casi cuarenta años de diferencia, sorprende la similitud de ambas definiciones, ergo, el nulo desarrollo teórico de este campo (al menos en la mirada de Pierre George).

La distribución (localización) de las fuentes o las diferenciaciones regionales de su utilización no pueden más que incorporarse al estudio de la geografía de la energía como momentos preliminares de la descripción, pero nunca agotar su campo de temas. Lamentablemente, tampoco fueron incorporadas las temáticas energéticas sistemáticamente en las agendas de otras subdisciplinas geográficas, como la geografía urbana o la geografía cultural, lo que probablemente hubiera impulsado el redescubrimiento de la energía en la geografía. Desde entonces, la energía, siendo considerada un factor esencial de la producción, ocupa su lugar dentro del campo de la geografía económica.

No obstante, una gran reconversión se halla en los estudios de geopolítica de la energía, sobre todo en la última década y al calor de los episodios de la invasión a Irak. Pero este subcampo, de excepcional importancia, dado que instala a la energía en tanto objeto de poder en la centralidad, representa una parcelación, a veces insidiosa, de las relaciones geográficas de la energía. Por ejemplo, restringe apriorísticamente la escala de análisis al plano internacional y se focaliza, por lo tanto, en los “actores fuertes” (Estados, grandes empresas, organismos multilaterales, entre otros), dejando sin explicar una enorme

cantidad de hechos y relaciones que contienen en su definición la inserción social de la energía (Furlan 2010, 3).

Un subcampo de la geografía de la energía es la geografía de la electricidad, en donde se debe tener en cuenta que la electricidad no es una fuente (energía primaria), sino una forma que requiere fuentes de energía para ser generada (energía secundaria; Furlan 2010, 3).

d) Planificación de la energía

Cada una de las fuentes de energía va asociada con una metodología de evaluación y un desarrollo tecnológico, marcos institucionales y requerimientos normativos de explotación, comercialización y consumo peculiares. Marticorena (1993, 170) menciona que para no extraviarse en este complicado proceso, toda forma de explotación, transformación, distribución y consumo de energía debería realizarse bajo un principio básico:

producir energía para servir al hombre, tanto como ser social (o agente económico) o como individuo. Las soluciones técnicas en la producción de energía responden a la voluntad de atender una demanda social lo menos desprovista posible de las interferencias utilitarias de los productores y lo más cerca posible de las necesidades reales de los consumidores.

Es por ello que el objetivo básico de la planificación energética es la satisfacción de la demanda prevista del modo más económico y seguro posible (Domínguez 2002, 31). Saiz (1988) menciona que dentro de la planificación energética general, la expresión de los objetivos a escala regional, así como el análisis de las características y necesidades de los sistemas energéticos regionales contribuye a alcanzar las metas de la planificación energética nacional. “Sea cual sea su escala, la planificación energética debe de incluir aspectos tales como el análisis del estado inicial tanto respecto a los datos con los que se cuenta como al balance energético del área objeto de planificación, la especificación

cuantitativa de los fines que se persiguen y las estrategias y acciones para conseguir dichos objetivos”.

En el análisis del estado inicial se trata de plasmar y estructurar los conocimientos de la realidad de la que se parte. Incluye una descripción general de la zona considerada y de su entorno, incluyendo también los aspectos socio-económicos, ambientales y energéticos. En concreto, debe incluir información sobre el medio inerte, el medio biológico, los recursos energéticos, población y hábitat, infraestructuras, marco legal, organismos relacionados y planes o programas en los que quede englobada la región. Es decir, en un caso ideal, todos los subsistemas que componen al sistema territorial.

Estos datos deben estar suficientemente detallados para que se pueda derivar información de ellos; por ejemplo, no bastará conocer los recursos energéticos de la región, sino que se deberá poder calcular su costo de explotación. La necesidad de un conocimiento tan exhaustivo del área de estudio se debe a las grandes interrelaciones que el sistema energético presenta con los sistemas social, ambiental y económico, siendo la estructura económica fundamental para entenderlo (Saiz 1988, 32).

Por su parte, Boyler (1996, 415) señala que “para prever el estado del sistema energético en un futuro determinado se deben establecer varios modelos hipotéticos de desarrollo futuro de la sociedad denominados escenarios”. La consideración de un escenario concreto permitirá determinar, dentro de un marco de coherencia, cuestiones fundamentales para el sistema energético como las tecnologías disponibles, el crecimiento económico, los precios de combustibles y los cambios en los modelos de consumo.

Finalmente, la aplicación de estas premisas al análisis del sistema eléctrico indica que en toda explicación geográfica deben considerarse siempre las relaciones de conjunto, ya que sin éstas, la geografía no encontraría la forma de atribuirle valor a los hechos. Junto a esta visión es necesario tener en cuenta, tal y como lo señala Adriano Furlan (2010, 8), que la geografía eléctrica por sí sola “no explica nada”, pero preñada de sentido geográfico refrenda la indisolubilidad del conjunto de los objetos y las acciones que se dan como situación en el lugar.

Enfoque sistémico aplicado a procesos productivos. El caso de la energía eólica

Es indudable que para desarrollar cualquier actividad antrópica vinculada con la satisfacción de las necesidades existe una dependencia hacia los recursos naturales. Particularmente, “los sistemas productivos tienen una intrínseca relación con el suprasistema natural, puesto que consumen grandes volúmenes de materia, energía y generan cantidades proporcionales de residuos” (Concha y Marian 2012). La aplicación del enfoque sistémico a los procesos productivos implica un análisis exhaustivo de los flujos de materia y energía al interior del sistema productivo propiamente dicho, y los *inputs* externos, ante la búsqueda de relaciones no lineales entre componentes. Asimismo, el enfoque sistémico exige reconocer el estrecho vínculo que existe entre los subsistemas físico-natural, económico y social, en la búsqueda de análisis y soluciones integrales (Fjerbaek et al. 2010).

La dinámica territorial de la industria de energía eólica constituye un problema complejo en el que están involucrados el medio físico-biológico, la tecnología, la producción, la organización social, la economía y la política. Dichas situaciones se caracterizan por la confluencia de múltiples procesos cuyas interrelaciones componen la estructura de un sistema que funciona como una totalidad organizada, la cual se denomina sistema complejo (García 1994).

La “complejidad” de un sistema no está únicamente determinada por la heterogeneidad de los elementos, o subsistemas, que lo componen y cuya naturaleza los sitúa normalmente dentro del dominio de diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Además de la heterogeneidad, la característica determinante de un sistema complejo es la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos elementos dentro del sistema total” (García 1994, 86).

En lo que respecta al contenido y los objetos de estudios en un sistema complejo se encuentran dos objetivos claramente definidos. El primer objetivo de un estudio integral es obtener un diagnóstico del funcionamiento del sistema. Para ello es necesario analizar cada uno de los componentes o subsis-

temas y la función que desempeñan dentro del mismo, así como su armonización o desarmonía en el comportamiento general del sistema. El segundo objetivo y, la principal motivación de los estudios, es incidir sobre el sistema. Por lo tanto, los sistemas complejos se comportan como “totalidades” compuestas por subsistemas (García 1994).

Al analizar los espacios no podemos separar los sistemas, los objetos y las acciones que se complementan con el movimiento de la vida, en el cual las relaciones sociales producen los espacios y éstos, a su vez, las relaciones sociales. Desde esta perspectiva, el microsistema energético es un sistema abierto puesto que el espacio y las relaciones sociales están en pleno cambio en el tiempo, construyendo la historia (Mançano 2011). Este movimiento continuo es un proceso de producción de espacio y de territorios.

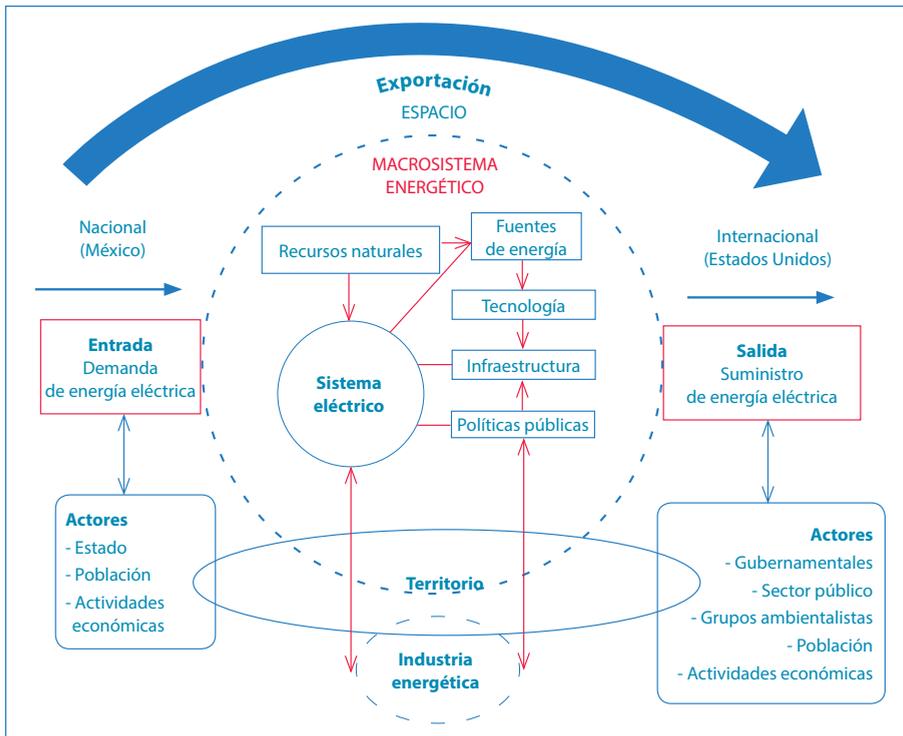
El fin de ver a la industria de energía eólica como un sistema complejo recae en evitar, en lo posible, parcializar el estudio y perder contacto con el problema original, de manera tal que a través de estas bases epistemológicas se pueda adquirir una perspectiva más amplia para interpretar una realidad compleja. Ningún proyecto de investigación parte de cero, y es por ello que para la construcción del sistema se elabora un modelo general que representa la realidad que se quiere estudiar (figura 1.2) y, de manera particular, para el caso de estudio, se genera un modelo sistémico de la industria de energía eólica en México (figura 1.3) en el que la relación entre función y estructura son la clave para la comprensión del fenómeno y de su funcionamiento.

Admitiendo la complejidad de las cuestiones energéticas, existe la necesidad de interpretar las múltiples relaciones existentes para llegar a proponer alternativas y soluciones a los problemas en este sector. Así, se considera a la industria de la energía eólica como un conjunto de subsistemas con sus múltiples interrelaciones, interdependencias, interconexiones e interacciones. En este sentido, la articulación entre las disciplinas comienza en el mismo punto de partida de la investigación, a través de un marco epistémico común. Sin ello, no es posible lograr un estudio sistémico que conduzca a un diagnóstico integrado y a una formulación compartida de políticas alternativas (García 1994), esto es lo que se representa en la figura 1.4 como explicación interdisciplinaria.

A partir de estas esquematizaciones, inicia el proceso que conduce a la definición del sistema objeto de estudio; desde esta óptica, este sistema no es sólo un conjunto de elementos caracterizado por su estructura; este primer acercamiento se eslabona con lo mencionado por García (1994, 100) en el que recalca que “un sistema sólo estará definido cuando se haya identificado un número suficiente de relaciones entre los elementos del sistema, que permitan vincularlos con referencia al funcionamiento del conjunto en su totalidad”.

De esta manera, se hace evidente que para abordar a la industria de energía eólica en su dinámica dentro del sistema territorial es necesario recurrir a una articulación de las diversas disciplinas involucradas, a fin de obtener una visión integrada de la complejidad del problema a estudiar, pero, en virtud de que el estudio se desarrollará desde la perspectiva geográfica, se destaca el

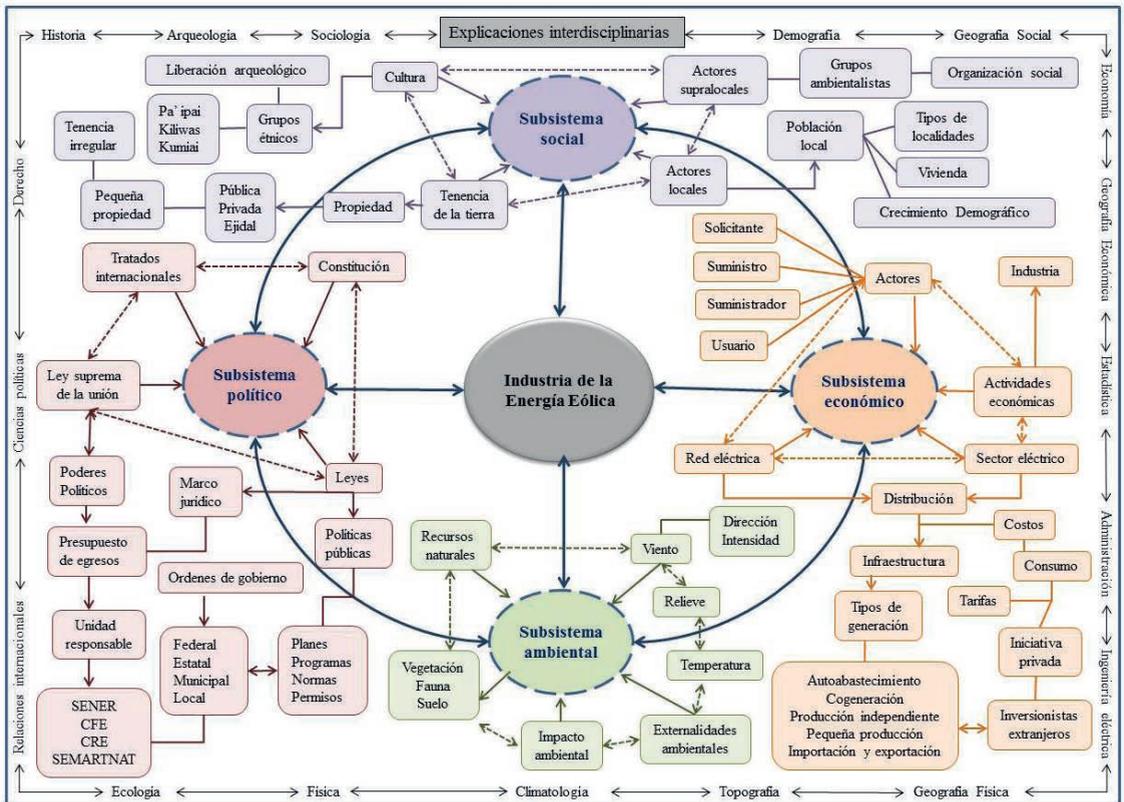
Figura 1.2
Modelo conceptual del macrosistema energético



Fuente: Elaboración propia con base en Arnold y Rodríguez, (1990); McNeill y Freiberg (1993); García (1994); Sarabia (1995).

análisis de cada subsistema desde el enfoque de las distintas ramas de la geografía: física, social, económica y política. Desde la perspectiva del estudio de un sistema territorial complejo, se aborda a la industria de energía eólica debido a la necesidad de lograr una síntesis integradora de los elemento de análisis desde la perspectiva territorial.

Figura 1.3
Modelo sistémico territorial de la industria de energía eólica en México



Fuente: Elaboración propia con base en Arnold y Rodríguez, (1990); McNeill y Freiburger (1993); García (1994); Sarabia (1995).

Las fuentes de energía y la evolución histórica de su aprovechamiento. La energía en el contexto de la globalización

La evolución energética, a nivel global, esboza una serie de problemas complejos, de gran alcance y con implicaciones de largo plazo. A partir de la década de los setenta se desató una crisis petrolera y se vislumbró, como consecuencia, la llegada de una era de transición en la generación, el suministro, la transformación y la utilización de la energía. Es así que, por consecuencia del proceso de globalización económica, en los últimos treinta años se han presenciado cambios estructurales profundos en la política económica de los países, con el objetivo de impulsar la apertura de sus fronteras al comercio exterior y a la inversión extranjera, así como la privatización de las empresas estatales (Monteforte 1991; Sánchez-Salazar et al. 2007).

Clasificación de las fuentes de energía

Las fuentes de energía⁸ pueden clasificarse de diversas formas, los criterios dependen del objeto de la clasificación. Una manera es con base en la causa que origina la energía; en ella, las fuentes de energía se agrupan según su origen. Se puede distinguir entre aquellas fuentes de energía cuyo origen está en el núcleo y corteza terrestre y, aquellas cuyo origen está fuera de estas zonas (Puig y Corominas 1990, 150-151).

Teniendo en cuenta su carácter, las energías se clasifican en dos grandes grupos: “permanentes y temporales, también conocidas como renovables y no renovables” (figura 1.4; Puig y Corominas 1990, 151). “Las fuentes de energía provenientes de recursos no renovables se encuentran limitadas, y sus reservas

⁸ Castells (2012, 14) señala la importancia de no confundir fuentes de energía con formas de energía. Las fuentes energéticas representan el lugar de donde se puede obtener la energía.

Figura 1.4
Clasificación de las fuentes de energía

Fuentes de energía	No renovables	<p>Carbón: Combustible fósil producido por la acumulación de vegetales que, a causa de variaciones de presión y temperatura, han sufrido un proceso de mineralización y carbonización.</p> <p>Petróleo: Combustible fósil formado principalmente por hidrocarburos, provenientes de la descomposición anóxica de los restos de organismos vivos.</p> <p>Gas natural: Combustible de origen común al petróleo, formado principalmente por metano.</p> <p>Nuclear. Proviene de las reacciones nucleares o de la desintegración de los átomos.</p>
	Renovables	<p>Hidráulica: Obtenida a partir de la energía contenida en el agua aprovechando el flujo generado por la gravedad en las presas.</p> <p>Solar: Proviene directamente del Sol en forma de radiación electromagnética, pudiendo transformarse en calor (energía solar térmica) o en electricidad (energía solar fotovoltaica).</p> <p>Eólica: Producida por la fuerza del viento. Debido a su naturaleza dispersa e intermitente sólo puede aprovecharse en zonas concretas.</p> <p>Biomasa: Se obtiene de los compuestos orgánicos a partir de cultivos energéticos, residuos forestales, entre otros.</p> <p>Geotérmica: Se basa en el calor que se transmite por conducción desde el interior de la Tierra hasta la superficie.</p>

Fuente: Elaboración propia con base en Castells (2012, 14-15).

disminuyen a medida que se consumen, mientras que las fuentes que provienen de recursos renovables son inagotables” (Castells 2012, 14-15).

Asimismo, existe una clasificación geográfica de las “energías nuevas” planteada por Pierre George (1980, 76) en la cual se pueden distinguir entre “energías de remplazo”, que sirven de revelo a los sistemas clásicos sin modificar el emplazamiento; “energías de complemento”, movilizadas en las mismas regiones pre-industrializadas y vertidas en la red de distribución general; “energías de desarrollo” que permiten acelerar la “revolución verde” y asegurar un desarrollo industrial específico de nuevo tipo de países en vías de desarrollo

y; “energías de traspaso” que necesitan inversiones industriales en las regiones y zonas privilegiadas para la producción de energías nuevas. En el caso particular de la explotación del viento para obtención de energía este emplazamiento se puede considerar dentro de las los cuatro tipos de energía, dentro de dicha clasificación, según sea su expresión territorial.

Evolución histórica del aprovechamiento de las fuentes de energía

Hasta la Revolución Industrial, las fuentes de energía más utilizadas por el hombre eran de carácter renovable, el aprovechamiento de la biomasa para su combustión, la canalización de la fuerza de los ríos, el dominio de la fuerza del viento, entre otras.

Tanto el descubrimiento del fuego como su dominio desempeñaron un papel primordial en la prehistoria y también en el propio proceso de la humanización. El fuego principió la utilización de la madera como fuente de energía térmica irremplazable para la humanidad durante miles de años (Pizarro 2004, 9).

La utilización de la biomasa como una fuente de energía básica persistió hasta la Revolución Industrial. La segunda de las grandes fuentes de energía renovable es la que proviene de la fuerza de los ríos, cuyo dominio hizo posible la evolución de la agricultura y la ganadería; la energía proporcionada por los ríos se utilizaba para la molienda del grano, pero también para romper cortezas, martillar metales y soplar los fuelles de las herrerías. Los molinos fueron el cimiento de la protoindustrialización, el inicio de nuevos métodos de producción y consumo (Pizarro 2004, 9).

Es con el dominio del viento cuando la humanidad controla un tipo de energía independiente de los límites geográficos y jurídicos de los ríos. Ya en la antigüedad, el viento abre una extensa red de rutas comerciales a través del mar, sobre todo en el Mediterráneo, y permite el desarrollo de civilizaciones que no basan el mismo en su localización junto a grandes ríos, como en el caso de Egipto, sino en las costas. Atenas es el primer ejemplo de una ciudad

que no disponía de recursos naturales para el abastecimiento de sus necesidades y que dependía de los suministros externos, elemento que justifica en buena parte el desarrollo comercial griego en el mar Mediterráneo; tal fue la importancia del viento para este pueblo, que lo identificaron en la personificación de Eolo. Roma adquiere e integra los avances técnicos de los griegos en la navegación y aprovecha de manera intensiva la energía del viento del Mediterráneo a través del establecimiento de una red de rutas marítimas y terrestres (Pizarro 2004, 10).

Fue también el dominio de los vientos en el mar una de las fuerzas impulsoras de los descubrimientos geográficos del Renacimiento. La energía del viento transportaba a los hombres a través de los mares y daba lugar a abundantes mitos románticos y a especulaciones científicas. Así, se creía que eran los vientos los que movían el firmamento de este a oeste. En la antigua Grecia, los cuatro vientos principales, Boreas (norte), Notos (sur), Euros (este) y Zephyrus (oeste) eran hijos de Eolo. Los cartógrafos holandeses de finales del siglo XVI y principios del XVII retoman estas leyendas y simbolizan a los vientos en sus mapas con figuras soplando “benévola o furiosamente” dependiendo del viento al que representaban (Pizarro 2004, 11).

Ya en tierra, los documentos que recogen la existencia de los molinos de viento en el medievo europeo datan su aparición a finales del siglo XII en las orillas del Canal de la Mancha. A diferencia de los molinos de agua, sus costos de construcción eran menores, además de que el aire no pertenecía a nadie. De alguna manera, la libertad para el establecimiento de los molinos de viento supuso una brecha en el poder de los señores medievales y permitió el crecimiento de los centros urbanos (Pizarro 2004, 12).

El modelo energético basado exclusivamente en las energías renovables cesó en los siglos XVI y XVII, con las crisis energéticas debidas al crecimiento de población, al lento pero imparable aumento del precio de la madera, cada vez más escasa para atender las necesidades energéticas de las grandes ciudades, y a la baja movilidad de las energías conocidas. Es así que la sociedad vuelve sus ojos al carbón, ya conocido como fuente de energía, pero hasta entonces despreciado porque se consideraba nocivo para la salud por su suciedad y malos

olores. Éste fue uno de los primeros pasos para la utilización de las energías fósiles como soporte de la evolución de la sociedad (Pizarro 2004, 13).

Durante miles de años, los seres humanos no requirieron más que de la propia motricidad de su cuerpo, de las fuerzas naturales externas y de métodos simples de concentración de la energía y de conversión de sus formas. Pero la formación del capitalismo industrial, con las innovaciones destinadas al perfeccionamiento de los medios de producción fomentó una era de sucesivos saltos tecnológicos en el manejo de la energía (Furlan 2010, 3).

El episodio de la utilización de las fuentes de energía industrial es extremadamente corto, de apenas dos siglos. En el siglo XVIII, la Revolución Industrial se basó en la utilización del carbón, produciéndose una primera diferenciación geográfica entre los países que disponían de recursos hulle-ros y, a la vez, de las condiciones necesarias para el establecimiento de una estructura para su explotación, y aquéllos que estaban desprovistos ya sea de recursos carboníferos, como del aparato financiero, social y material indispensable para su movilización. La combinación de la presencia de yacimientos hulle-ros y la creación de una sociedad económica y técnica susceptible de poderlos utilizar, dio lugar a la Revolución Industrial de la Europa del noroeste (George 1980, 58).

De acuerdo con George (1952, 10-11), se puede decir que la energización moderna, por su capacidad liberadora de las fuerzas productivas, tiene sus inicios con la invención de la máquina de vapor diseñada por Denis Papin. Es preciso mencionar, sin caer en un determinismo tecnológico, que el hecho fundamental de la Revolución Industrial contribuye a explicar la razón de muchas manifestaciones perdurables del espacio que forman parte de las configuraciones territoriales del presente, aun cuando en muchos de los casos hayan dejado de ejecutar la función específica para las que fueron creadas en un pasado.

A decir de Mumford (1979, 597, 608), los agentes generadores de la Ciudad industrial fueron la mina, la fábrica y el ferrocarril. La máquina de vapor modificó la escala de la aglomeración e hizo posible una mayor concentración de industrias, así como de trabajadores. De igual forma, el emplazamiento de los ríos funcionó como factor de localización para que las fábricas textiles

podieran aprovechar su energía hidráulica, la localización del carbón condicionó la instalación de nuevas industrias en las cercanías de los yacimientos (Mumford 1979, 609).

Entre 1860 y la Primera Guerra Mundial, el carbón desplazó definitivamente a la madera como combustible fundamental. El desarrollo de la electricidad en el ámbito industrial facilitó la distribución de la energía y dio la posibilidad de utilizar la electricidad en cantidades muy diversas, regulables, a conveniencia de los usuarios, y con un mejor rendimiento para ciertos usos (George 1952, 52). El cambio en la etapa productiva de la circulación de la energía fue crucial, pues las líneas de transmisión eléctrica permitieron el replazo paulatino del carbón como fuente motriz del ferrocarril.

Después de la Segunda Guerra Mundial surgió la energía nuclear, la cual ha tenido varios inconvenientes en su desarrollo y expansión a nivel mundial, debido a que las plantas nucleoelectricas resultan mucho más costosas, además de la preocupación por la proliferación de las armas atómicas, de los desechos radiactivos y el riesgo de accidentes (Martínez 1998, 13).

El carbón comenzó a escasear en Europa; se encareció debido a la evolución social que ha acompañado a la evolución económica. Nuevos descubrimientos técnicos introdujeron los hidrocarburos en el mecanismo técnico de los países industriales, imponiéndose particularmente en el ramo del transporte (George 1980, 60).

Entre ambas guerras mundiales el petróleo sustituyó al carbón como principal energético, situación que se acentuó en la posguerra (Furlan 2010, 4). En ese tenor, Pierre George (1980, 59) señala que en el siglo XIX se creó una “nueva geografía del mundo”, sobre la base de un sistema energético de poder creador sin precedentes, que ha permitido elaborar el “sueño de un dominio planetario”. Cualquier transformación de productos o creación de un sistema de transporte de grandes dimensiones estaba relacionado con la presencia y la explotación del carbón.

A decir de Pierre George (1980, 60), entre las dos guerras mundiales se construyó otra geografía de la energía que se impulsó después de la Segunda Guerra Mundial. Se basa en un sistema de relaciones que se ha convertido en exclusivo para la economía europea y la japonesa, entre países industrializados,

inicialmente basados en la utilización del carbón y los países productores de petróleo barato.

Durante los años ochenta y principios de los noventa del siglo xx se desarrollaron dos sucesos que marcaron un cambio de rumbo en la evolución de la industria eléctrica: en primer lugar, la amplia difusión en la aplicación de la tecnología de los ciclos combinados en la industria eléctrica y el empleo del gas natural por sus ventajas competitivas, mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental, frente a otros combustibles tradicionalmente utilizados como el gasóleo y el carbón; en segundo lugar, el impulso de políticas dirigidas a desencadenar y consolidar procesos de liberación y desregulación del sector energético en países desarrollados y en desarrollo, con el fin de facilitar su apertura a la inversión extranjera y los procesos de integración regional, en el marco de la globalización económica (Sener 2008).

Para el siglo xx, el mundo se había dividido en dos sectores de impacto geográfico bien definido: por un lado, el de los países industrializados, colectores y transformadores de materias primas y, por otro, el de los países que proporcionan dichas materias y consumen los productos industriales. El potencial natural y el poder político se acoplaron espacialmente con la producción de carbón. Inmediatamente, la energía eléctrica vino a ensanchar las márgenes geográficas de los países carboníferos y el dominio de la economía industrial, gracias sobre todo al potencial de los Alpes que integró a Suiza e Italia del Norte al mundo industrial. Así, los países se encontraron al servicio del “mundo industrial” representado por Europa Occidental, Estados Unidos y más recientemente, Japón y China (George 1980, 609).

Los profundos cambios en el medio geográfico producto de las formaciones espaciales de la “fase carbonera del capitalismo industrial” se expresaron en el espacio a través de la construcción de infraestructuras, la urbanización y la expansión del comercio, entre otros procesos. La evidencia más plausible de las formas espaciales, desde el punto de vista de la energía, está relacionada a un nuevo salto de tecnificación definido por la explotación de los hidrocarburos y la proliferación de los usos de la electricidad.

Las propiedades de los hidrocarburos resultaron superiores a los demostrados por el carbón, y las formas de energía domesticadas hasta entonces

e introducidas en los sistemas sociales. Bajo este tenor, para Pierre George (1980, 51-54) las tendencias progresivas en la economía energética se presentan como

reducción hasta el infinito del tiempo de movilización, divisibilidad infinita de la energía consumible, aligeramiento de la fuente de energía respecto de la potencia desplegada, creciente independencia de la aplicación de la energía respecto del espacio geográfico, crecimiento del importe total de las inversiones movilizadoras y la reducción del precio de coste de la energía desarrollada y elevación del nivel de tecnicidad de las industrias productoras.

Por su parte, Guadagni (1985, 32) comenta que fue hasta los inicios del siglo xx, con el desarrollo del motor de combustión interna, que el petróleo desplazó rápidamente al carbón, en tanto que el gas natural comenzó a competir con el petróleo en la década de 1930. Alrededor de 1890, la electricidad comenzó una acelerada expansión, y a inicios del siglo xx gran parte de las urbes tenían ya servicios públicos de electricidad.

En un primer momento, los núcleos de consumo estaban aislados energéticamente unos de otros. Las primeras grandes compañías eléctricas controlaban pequeñas redes locales. Debido a la necesidad de obtener economías de escala, optimizar el diseño y la utilización de las distintas centrales y planificar a una escala más elevada las necesidades energéticas, se comenzó a conectar los distintos núcleos urbanos con redes regionales y nacionales de transporte y distribución de energía. Con todo esto, se avanzó en la flexibilidad y seguridad del sistema para hacer frente a situaciones de crisis (Pizarro 2004, 15).

Furlan (2010, 5) hace hincapié en que con el nuevo patrón de energización moderna del siglo xx, el mundo occidental transita hacia un nuevo proceso de urbanización, manifestado en la expansión suburbana de ciudades existentes; en el nacimiento de nuevas aglomeraciones vinculadas a las localizaciones de los espacios de extracción o industrialización de los hidrocarburos junto a la implantación de nuevas infraestructuras, tales como carreteras, puertos, oleoductos, centrales y líneas de transmisión eléctrica, entre otros; en la densificación de la electrificación urbana y el aumento en la electrificación

de áreas rurales, lo cual les posibilita asimilar rasgos propios del modo de vida urbano y mejorar el nivel de vida de la población; en la paulatina desfuncionalización en el sistema regional de las localidades carboníferas a medida que dicho recurso es sustituido por el suministro de petróleo y gas; en la erradicación de localidades ribereñas por la inundación de las áreas ocupadas por los embalses para los grandes proyectos hidroeléctricos, entre otras.

En síntesis, las energías renovables, a lo largo de la historia y hasta entrado el siglo XIX, han cubierto las necesidades energéticas del hombre. Sólo en los últimos cien años han sido superadas en primera instancia por el uso del carbón, y a partir de 1950 por el petróleo y en menor medida por el gas natural, mientras que la energía nuclear aun cubre una parte insignificante del consumo mundial (Santamarta 2004). Sin embargo, la crisis energética que irrumpió en la primera década del siglo XXI manifestó sin lugar a dudas los elevados precios del petróleo, sumados a los avances en la conciencia ecológica universal y en la construcción de acuerdos internacionales sobre el cambio climático global provocados por los gases de efecto invernadero (GEI), derivados de la quema de hidrocarburos. Estos hechos han traído consigo estímulos y recursos para la investigación en energías limpias, que minimicen la emisión de GEI, así como un crecimiento exponencial de las inversiones mundiales en la producción de energías renovables (Calva 2012).

Se puede decir que las civilizaciones, a través de la historia, han buscado satisfacer sus necesidades energéticas de diversas formas y con distintos grados de intensidad y extensión, condicionadas por múltiples factores, como las condiciones climáticas locales, el modelo económico dominante, las actividades económicas, estilos de desarrollo y disponibilidad de recursos naturales.

Por lo anterior, resulta muy oportuna la idea de De Jorge y Fioriti (1997, 154) al señalar que las transformaciones del medio geográfico, en este caso las relacionadas a la energía, nunca son únicamente morfológicas. El uso de las nuevas energías y la multiplicación de aplicaciones tecnológicas que comienzan a tener mayor auge, principalmente, en el campo de la electrónica, genera rápidamente una invasión de objetos técnicos en el medio geográfico que transforman las propias prácticas y relaciones sociales. “Todas las cosas y acciones tienen un componente de energía” (De Jorge y Fioriti 1997, 154).

Globalización, desarrollo tecnológico y energía

La globalización⁹ constituye una fuerza fundamental de la multidimensionalidad, de la originalidad y de las particularidades con las que se manifiesta la transición energética contemporánea en el territorio. Globalización, medio técnico-científico-informacional, transición energética y territorio constituyen un marco interpretativo para los estudios de la geografía de la energía, de manera tal que el término de *globalización* se aborda para hacer referencia a la etapa actual en la evolución histórica del capitalismo. Por lo tanto, temas como el grado de desarrollo de las fuerzas productivas y de las relaciones de producción, la concentración de la riqueza, el deterioro del ambiente, el neoliberalismo, la desposesión, los desequilibrios regionales, entre otros, están contenidos y sintetizados en la idea de globalización (Furlan 2010, 2).

Según Marta Harnecker (1999, 128-131), la globalización hace referencia a “una nueva fase de internacionalización¹⁰ del capital” en la que éste es “capaz de funcionar como una unidad en tiempo real a escala planetaria [...] gracias a la nueva infraestructura proporcionada por las tecnologías de la información y la comunicación”, de modo que es el mismo proceso de producción el que se internacionaliza. Sin embargo, la globalización no debe considerarse “una unidad indiferenciada, sino una creación de patrones de actividades y relaciones capitalistas planetarias geográficamente articulados” (Harvey 2007b, 426).

La supervivencia del modo de producción capitalista se basa en la continua vitalidad de la circulación del capital (Harvey 2007b, 333), pero por su propia naturaleza, este tipo de circulación es inestable y el capitalismo tiende inevitablemente a generar crisis de sobreacumulación (Harvey 2007b, 336). Esto sucedió a partir de la década de 1970, cuando se produjo un proceso de

⁹ La globalización es cualitativamente diferente del proceso de internacionalización. No sólo tiene que ver con la extensión (internacional) geográfica de la actividad económica, sino también con la integración funcional de esa dispersión internacional de las actividades (Dicken 1998, 5).

¹⁰ La internacionalización es la simple extensión internacional de las actividades económicas nacionales. Es esencialmente un proceso cuantitativo que lleva a un patrón geográfico más extensivo de la actividad económica (Dicken 1998, 5).

reestructuración¹¹ capitalista generado por la crisis (Castells 1995; Soja 2008). Por su parte, Castells (1995, 23-24) agrega que estos procesos de reestructuración no consisten en simples mecanismos de adaptación, sino que se trata de procesos políticamente determinados, puestos en práctica por gobiernos y organizaciones, que alteran las reglas del sistema social, al mismo tiempo que mantienen su lógica fundamental.

La reestructuración del capitalismo no se impuso uniformemente, sino que expresó la dialéctica de la globalización. A decir de David Harvey (2007b), la globalización del capital renovó los mecanismos de acumulación por desposesión para liberar activos y estimular las áreas de inversión, de manera que convirtió a las privatizaciones en el principal de sus instrumentos. Esto implicó, en consecuencia, profundizar la mercantilización en el circuito de bienes y servicios. En algunos casos, el grado de penetración del capital extranjero concentrado en los sectores productivos abiertos a la privatización fue evidente. Harvey (2007b, 26) señala que en la medida en la que los flujos financieros han rebasado la posibilidad de establecer una relación estrictamente nacional, el Estado ha regalado mucha capacidad de regular los mecanismos de asignación y competencia, lo cual genera “una autonomía sin precedentes del capital dinero con respecto a los circuitos de la producción material”.

Estos cambios hubiesen seguido otra dirección sin la base técnico-material. A partir de esta idea, Milton Santos (2000, 198:201) ve al “medio técnico-científico-informacional”¹² como la profunda interacción entre la ciencia y la técnica que hace que los objetos técnicos más destacados tiendan a ser, al mismo tiempo, técnicos e informacionales, lo cual les atribuye una intencionalidad extrema. No obstante, la información no está únicamente en los objetos

¹¹ Por reestructuración se entiende al “proceso mediante el cual los modos de producción transforman sus medios organizativos para llegar a realizar los principios estructurales inalterables de su operación” (Castells 1995, 35). Esos procesos son “intentos de restablecer las condiciones necesarias para una nueva expansión económica acelerada” (Soja 2008, 169).

¹² Milton Santos (2000, 202) denomina *medio técnico-científico-informacional*, al medio geográfico del periodo actual que comienza a formarse en los años setenta del siglo pasado y que representa la “cara geográfica de la globalización”.

técnicos, sino que es necesaria también la acción realizada sobre las cosas. Por ello, “cuanto más técnicamente contemporáneos son los objetos, más se subordinan a las lógicas globales” (Santos 2000, 202); tal es el caso de la mayoría de las energías renovables que utilizan una tecnología cada vez más avanzada para la generación de energía eléctrica, de una manera más eficaz, con un supuesto menor impacto al medio ambiente y con mejores rendimientos. Así, se identifica con mayor claridad la relación entre objetos modernos y actores hegemónicos.

La lógica hegemónica del orden global promueve la imperiosa flexibilidad. Sin embargo, la geografía de los flujos depende de la geografía de los fijos y, por lo tanto, los sistemas técnicos especializados de la globalización terminan provocando mayor fijación, mayor rigidez y mayor exclusividad (Santos 2000, 215). “Frente al endurecimiento de los sistemas técnicos surgen nuevas normas que buscan la flexibilidad de los sistemas organizacionales para alcanzar la fluidez necesaria de la modernización” (Silveira 1996, 46). El espacio geográfico se vuelve un “espacio de la racionalidad” y es la técnica, tal como hoy se da, una técnica informacional, la que le imprime al espacio la capacidad de volverse un campo de acción instrumental. La integración de los mercados y el control centralizado de los flujos del capitalismo global se encuentra en relación de interdependencia con el desarrollo tecnológico aplicado a todas las áreas de la producción (Silveira 1996, 247-249).

Junto a esta visión, es necesario tener en cuenta, tal y como Silveira (1996, 46) señala, que “en el medio geográfico actual, los lugares son más o menos jerarquizados según la cantidad de los objetos que abrigan y su papel en el funcionamiento de las redes”. Por su parte, Santos (2000, 261) explica que para un mismo bien o servicio, se implantan diversos modos de producción, distintas modalidades de intercambio y múltiples formas de distribución y de consumo, según niveles de capital, trabajo, información y de organización. A partir de la racionalidad hegemónica, se instalan paralelamente contra-racionalidades en las áreas menos modernas. “El medio técnico-científico-tecnológico es soporte y resultado de la circulación del capital en la globalización”. Sin embargo, el comando que ejercen las leyes del capital sobre el conjunto de estas creaciones “hipertecnificadas” hace que su distribución y densidad no se

presenten de manera uniforme en el espacio y que las combinaciones resultantes dependan de la dialéctica a través del microsistema técnico de la energía eléctrica (Furlan 2010, 13).

Ante este escenario de la globalización, resulta necesario reconocer sus orígenes en la conformación del pensamiento científico moderno, en la forja de la razón económica y en el ascenso del capitalismo mercantil hacia su actual fase “ecológica global”. En este sentido, la actual globalización económica se presenta como una etapa más “desarrollada” (un “estado superior”) del proceso de acumulación e internacionalización del capital (Leff 2005, 2).

La complejidad sistémica de los problemas energéticos, y los cambios en el contexto de la energía y la tecnología han aumentado la incertidumbre en cuanto a la naturaleza y dirección de las transiciones energéticas en proceso. La organización de los sectores energéticos, la definición de políticas energéticas y su instrumentación, la investigación y desarrollo experimental en esta área, lidian ahora con relaciones más complejas. Al mismo tiempo, y por otra parte, surgen otras cuestiones críticas en relación con las implicaciones socioeconómicas, políticas y ambientales de los patrones de producción y consumo energético (Monteforte 1991, 6).

El territorio y la mercantilización de la naturaleza

El espacio como objeto de la geografía debe ser contemplado y abordado desde un punto de vista social, incluso en sus elementos físicos como parte de su aparente constitución “natural”, debido a que la visión humana de estos elementos al verlos como recursos solo puede ser parcial e incompleta, antropocéntrica y con las consecuencias que esto conlleva.

Para efectos de este análisis, cabe aclarar que el concepto de *recursos naturales* es de orden social, pues este carácter lo adquieren los elementos del medio natural gracias al hombre, que es quien se apropia de ellos y define la utilidad y el aprovechamiento de los mismos, además de que éstos forman parte del espacio que se produce socialmente. No se trata, pues, de objetos o productos opuesto al sujeto social, que es quien se apropia de ellos y los explota;

no se puede separar o deslindar el espacio geográfico como solo un espacio físico que posee el recurso natural; se necesita vincularlo con la sociedad y el territorio como la materialización de la existencia humana (Ortega 2000).

Por lo anterior, el vínculo entre naturaleza y sociedad representa la clave de la construcción del concepto de *espacio social* y el fundamento de la legitimación de la propia objetividad del conocimiento como valedor de éste (Ortega 2000, 548). Tal como Marx (1980) señalaba: “Toda producción es apropiación de la naturaleza por el individuo en el marco y por el intermedio de una forma de sociedad determinada”; por lo tanto, el espacio geográfico surge en el acto mismo de la producción que integra sociedad y naturaleza en un determinado territorio; esto, como parte de una visión antropocéntrica de la realidad.

El predominio ideológico del neoliberalismo se sustentó y se sustenta aún hoy en las ideas económicas del paradigma neoclásico. Perry Anderson (2003) afirma que el neoliberalismo es la proyección a lo económico de una filosofía política individualista, opuesta a la intromisión del Estado en la vida social más allá de estrechos límites. “Dicha mirada economicista es un evento cultural que envuelve hegemonía”. Williams define a la hegemonía como “un cuerpo de prácticas y expectativas en relación con la totalidad de la vida: nuestros sentidos y dosis de energía, las percepciones definidas que tenemos de nosotros mismos y de nuestro mundo... [La hegemonía] es una ‘cultura’, pero una cultura que debe ser considerada asimismo como la vivida dominación y subordinación de clases particulares” (Williams 2000, 131-132).

Los discursos oficiales de carácter ambientalista hablan de la necesidad de buscar alternativas para el abastecimiento energético, cuyas características deben ser de bajo impacto ambiental y que replacen en lo posible el uso de fuentes fósiles. Es ahí donde también entran en juego las ventajas comparativas que la naturaleza ofrece, y por tanto ésta entra a formar parte del mercado como una variable importante. Se convierte en mercancía (Zapata 2015, 2).

De acuerdo con Forcinito (2010), el paradigma neoclásico plantea la naturalización del orden de cosas inherente al sistema capitalista, como las instituciones mercado y Estado-nación; la centralidad del sistema de precios del mercado competitivo para la asignación eficiente de recursos; la resolución

armónica de los conflictos por parte del mercado gracias a la libertad de elección individual (soberanía del consumidor); la sociedad como suma de los comportamientos individuales (individualismo metodológico) y la negación de una sociedad dividida en clases; la idea de individuos concebidos atomísticamente y portadores de una racionalidad utilitarista (*Homo economicus*) y la determinación del carácter técnico (y no social o vinculado a la estructura de poder) de la distribución del ingreso entre los factores de producción.

Desde la mirada neoclásica, la naturaleza (y sus recursos como el viento) conforma un conjunto de mercancías que pueden ser comercializadas en mercados específicos. La distinción que efectúa Polanyi (1977) en torno a las mercancías reales y ficticias cuestiona la concepción de la tierra como mercancía (ya que no ha sido producida para la venta). El concepto de tierra que utiliza es amplio “y no comprende meramente la superficie geográfica en cuestión, sino también las ventajas de su clima, su situación y su riqueza mineral” (Polanyi 1977, 408) Desde la mirada neoclásica se considera, además, que la tierra constituye un factor de la producción o un insumo.

A lo largo de la historia, la naturaleza y el ambiente han sufrido los impactos de las distintas formas de producción y usos que las civilizaciones les han dado. Las características que asumió la producción capitalista en las últimas décadas se ha acentuado en un proceso de degradación y sobreexplotación a escala planetaria de los ecosistemas, de sus organismos vivos y los elementos inertes. Es decir, la ficción “ha sometido el destino del hombre y de la naturaleza al juego de un autómatas que se mueve por sus propias normas y se rige por sus propias leyes” (Marx 1980, 31).

Por su parte, O’Connor (1993) señala el hecho de que la economía afirma el sentido del mundo en la producción; la naturaleza es vista como una cosa, desnaturalizada de su complejidad ecológica y convertida en materia prima de un proceso económico; los recursos naturales se vuelven simples objetos para la explotación del capital. En la era de la “economía ecologizada” la naturaleza deja de ser un objeto del proceso de trabajo para ser codificada en términos del capital. Lo anterior no le devuelve el ser a la naturaleza, sino que la transforma en una forma del capital, capital natural, generalizando y ampliando las formas de valorización económica de la naturaleza.

Es en este sentido que Leff (2005, 2), con base en Jalée (1968), menciona que junto con las formas ancestrales de explotación intensiva que caracterizaron al “pillaje del tercer mundo”, hoy se promueve una explotación “conservacionista” de la naturaleza. La biodiversidad aparece no sólo como una multiplicidad de formas de vida, sino como zonas de reservas de naturaleza —territorios y hábitat de esa diversidad biológica y cultural—, que hoy están siendo valorizados por su riqueza genética, sus recursos ecoturísticos y su función como colectores de carbono.

La nueva geopolítica de la sustentabilidad se configura en el contexto de una globalización económica que, al tiempo que lleva a la desnaturalización de la naturaleza —la transgénesis que invade y transmuta tecnológicamente la vida—, con el discurso del desarrollo sostenible promueve una estrategia de apropiación que busca “naturalizar” —dar carta de naturalización— a la mercantilización de la naturaleza.¹³ En esa perversión de “lo natural” se juegan las controversias entre la “economización” de la naturaleza y la “ecologización” de la economía. A esta muerte de la naturaleza sobrevive lo “sobrenatural” del orden simbólico en la resignificación política y cultural de la naturaleza (Leff 2005, 3).

La globalización del mundo bajo la lógica del valor económico y los designios de mercado lleva a disolver la materialidad y los soportes simbólicos del proceso productivo. En este sentido, el nuevo “orden ecológico”, regido por la recodificación de la naturaleza como “capital natural”, resulta un verdadero “modelo de simulación”, una ficción de la realidad. Por esta razón, el neoliberalismo económico pretende liberar las potencialidades de la naturaleza montándolas en la rueda de la fortuna de la circularidad económica. La naturaleza

¹³ Lo que en este apartado se denomina *mercantilización de la naturaleza* se refiere a una perspectiva que toma los conceptos, instrumentos y formas de análisis de la economía contemporánea, en especial aquellos de la economía neoclásica, y los aplica a la Naturaleza y la gestión ambiental. En el uso más extendido en América Latina, ese proceso está asociado a la expansión de las ideas del libre mercado de la escuela austríaca liderada por F. von Hayek (en muchos lugares llamada ‘neoliberal’). Bajo esa opción la Naturaleza y los recursos naturales son considerados mercancías que deben ser ingresadas al mercado, y ese mercado ofrece el mejor contexto para determinar la marcha del desarrollo (Gudynas 1995, 149).

es lanzada a la esfera de simulación de la economía, transustantivada en capital (Leff 2005, 3).

En ese marco, Gudynas (1995, 150) afirma que la conservación de la naturaleza como capital natural determina múltiples problemas, comenzando por el propio esfuerzo de valoración de ese capital, que está sujeto a amplias ambigüedades. Se mercantilizan los recursos naturales concibiéndolos como una forma de capital; enseguida se asigna un precio, que en esos casos corresponden a las ganancias obtenidas vendiendo esos recursos naturales, o lo que es lo mismo, perdiendo parte de ese acervo. El precio de los recursos naturales expresa a su vez que hay una disponibilidad a pagar por su apropiación y uso, que en varios casos pasa por la destrucción de áreas naturales, y donde incluso la introducción de medidas mitigación y manejo del impacto ambiental con la consiguiente reducción de las ganancias puede hacer fracasar un emprendimiento. En ese contexto, las metas de conservación no están incluidas, y de hecho, si se las introduce en su propia naturaleza, implican una regulación social.

Es innegable que la naturaleza no puede ser valorada únicamente en una escala de precios, y que sobre ella se pueden adjudicar diferentes tipos de valores (ecológicos, estéticos, culturales y otros, además de los económicos). Consecuentemente, es más correcto considerar a la naturaleza como un patrimonio antes que como un capital.

Desarrollo sostenible y energía en un contexto geográfico

Al abordar el estudio de las energías renovables, indudablemente emanan dos conceptos que son inherentes a ellas: *desarrollo sustentable* y *desarrollo sostenible*; sin embargo, su diferencia no está clara y muchas veces se utilizan indistintamente.

La nueva geopolítica de la sustentabilidad se configura en el contexto de la globalización económica, bajo el discurso del desarrollo sostenible, promoviendo una estrategia de aprobación que busca “naturalizar” la mercantilización de la naturaleza a través de la desnaturalización de la naturaleza, la transgénesis, la invasión y “trasformando tecnológicamente la vida” (Leff

2005, 3). Y debido a que los recursos naturales, principalmente agua y energía, el territorio y la biodiversidad son los soportes sobre los que se basa el desarrollo de las actividades humanas, la dependencia de éstos es evidente, en tanto que si los recursos se agotan, el desarrollo de las actividades se paraliza.

Concepto de desarrollo sostenible

Se afirma cada vez más que la humanidad está entrando de lleno en la crisis civilizatoria, cuyo núcleo está constituido por la crisis ambiental (Beraud 2009). José M. Mateo (2012, 2) afirma que las explicaciones y las posibles soluciones a la crisis civilizatoria son diversas y que las culpas se diluyen en una moral industrialista y consumista que abarca a todo el mundo por igual. Las soluciones, como la “nueva Revolución Verde”, proclamada por Sarkozy y Al Gore, se dirigen a llevar a cabo modificaciones en la operatividad del sistema capitalista, el cual se mantiene intacto. Es bajo estas mismas ideas que James O’Connor (1993, 68) plantea que “las perspectivas para alguna clase de socialismo ecológico no son buenas”.

En los últimos quince años han aumentado las preocupaciones por las consecuencias de un cambio climático en el planeta, que dé lugar a una situación aún más complicada (Mateo 2012, 18). Es por ello, que a raíz de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, surgió la concepción de “desarrollo sostenible” como una nueva matriz discursiva, que fue un punto de inflexión en el debate académico y político entre las nociones de medio ambiente y desarrollo (Carrizosa 2005). La concepción de desarrollo sostenible forma parte de un proyecto más general que es la institucionalización de la problemática ambiental, el cual, según Mateo (2012, 2), constituye un metarrelato, un principio universal aceptado por los gobiernos y el aparato de las Naciones Unidas. La idea del desarrollo sostenible es además un campo polinucleado de poder, una idea reguladora de otras concepciones y el elemento protagónico de la estrategia de la institucionalización de la problemática ambiental.

La concepción de *desarrollo* constituye una herencia de la noción de progreso y surge a partir de la Segunda Guerra Mundial; sin embargo, en los primeros momentos de su formulación teórica la noción de desarrollo fue considerada, fundamentalmente, como sinónimo de crecimiento económico.¹⁴ El soporte ambiental y la dimensión social se examinaban principalmente como “externalidades”. Los proyectos, la teoría y la ideología del desarrollo fueron incorporados a la práctica económica y política. Su aplicación, no obstante, condujo a dos resultados evidentes: por una parte, un proceso de desigualdad social acompañado de inequidad y el surgimiento de una amplia gama de problemas sociales; y por otra, un creciente proceso de degradación ambiental que repercutió en la pérdida de la capacidad productiva y de las condiciones de vida de diferentes territorios (Mateo 2012, 23).

Desde la perspectiva microeconómica, dada una base de recursos, una función tecnológica, de producción y un patrón de consumo, existen formas críticas de utilización de los recursos y del medio natural que no pueden sostenerse en el mediano y largo plazo (BM 2013). Sin embargo, la ambigüedad y la escasa aplicabilidad de la definición más comúnmente utilizada de “desarrollo sostenible”¹⁵ no ayudan demasiado a eliminar la permanencia de las

¹⁴ “El desafío esencial del desarrollo económico es asegurar trabajo productivo y una mejor calidad de vida para la gente, lo cual requiere el incremento de la productividad y de los ingresos de la población. La meta de elevación del bienestar humano debe incorporar un proceso de desarrollo diferente, que incluya un tipo de crecimiento económico capaz de eliminar la pobreza y de integrar las preocupaciones sociales y ambientales. El medio ambiente es una de las tres dimensiones básicas que componen el desarrollo. Buscar la sostenibilidad del desarrollo, conduce a replantear los modelos de producir y consumir, los estilos de vida y la integración ambiental con que se realiza todo ello. Las necesidades de innovación en lo económico y en social han de orientarse dar respuesta al reto de la sostenibilidad...” (Delgadillo y Albuquerque 2010, 13).

¹⁵ Ésta es la definición del Informe Brundtland. Con base en dicho informe, desarrollo sostenible es “el proceso que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo 1988, 67). Esta afirmación no define el concepto de *necesidades* ni sus implicaciones, ni mucho menos la desigual forma como dichas necesidades son atendidas, además de que el enfoque es sumamente antropocentrista.

prácticas insostenibles de producción y consumo (Delgadillo y Albuquerque 2010, 13).

En los últimos años, la concepción de *desarrollo sostenible* ha experimentado un proceso de ajuste, cuyo sentido predominante se sitúa en lo económico. En otras palabras, se está desvirtuando la idea original del desarrollo sostenible y su fundamento ambiental, al tratar de “pintar de verde” el capitalismo para hacerlo ecológico (Mateo 2012, 19). Desde los años ochenta del siglo xx, la construcción del desarrollo sostenible se asociaba a una dependencia de toda organización económica a la sostenibilidad ambiental y a la equidad en el desarrollo social. El objetivo era construir una sociedad establecida sobre nuevas bases: asociación en vez de competencia; planificación democrática de la economía en vez de comercio y lucro; trabajo, energía y recursos para satisfacción de toda la población y no para lujo de unos pocos (Mateo 2012, 20).

Cabe señalar que, según Sepúlveda y Richards (1996), la construcción de la concepción del desarrollo sostenible ha pasado por cuatro etapas fundamentales: la fase de preocupación por la problemática ambiental, la de conceptualización, la de institucionalización, y la fase de implantación práctica o gestión.

La esencia misma de la definición de desarrollo se ha ido modificando con base en varios cambios conceptuales, como el hecho de concebir el desarrollo desde una posición sistémica, considerando una propiedad emergente el territorio como sistema regional complejo y altamente organizado, que en realidad constituye un espacio de poder. Así, el desarrollo del sistema que se asuma o se analice estará relacionado con los aspectos siguientes: 1) la articulación de las estructuras de diferentes sistemas en un territorio; 2) las potencialidades del sistema y los procesos que acontecen en él, y 3) los objetivos o propósitos que se pretenda alcanzar (Mateo 2012, 25).

La visión sistémica se considera la más acertada, ya que además de aceptar el desarrollo y la evolución de la biosfera a partir de la teoría general de sistemas; la considera como una prioridad de la dinámica sistémica. La sostenibilidad ambiental, con base en esta visión, es posible sólo mediante una consideración de la actividad antrópica que busque preservar el ciclo de la vida sobre la Tierra. Se asume el desarrollo como una categoría conceptual

que está relacionada con todas las esferas de la sociedad y es multidimensional. Es preciso señalar que por *desarrollo* no se entiende sólo el estado final de un sistema, sino más bien un proceso, una transición para obtener grados de sostenibilidad creciente, el cual deberá ser administrado por un proyecto que trascienda y abarque los aspectos naturales, económicos, sociales y políticos (Mateo 2012, 29-30).

El desarrollo se consideraría así como “la facultad del sistema para generar una red compleja en la cual se definan, distingan y especialicen las funciones, de un modo más eficaz y eficiente, para la cohesión, la adaptabilidad y la subsistencia del conjunto” (Mateo 2012, 30). En el sentido de enriquecer la noción de sostenibilidad, Ángel Maya (2005) aclara que al referirse a un sistema, existen dos acepciones importantes del término.¹⁶ De esta manera, el elemento fundamental en esta concepción es la de sustentabilidad y sostenibilidad del desarrollo,¹⁷ consideradas como propiedades de los sistemas visibles, en un determinado contexto espacial y temporal.

Geografía y desarrollo sostenible: la dimensión espacial de la sostenibilidad

En la mayoría de las ocasiones, al hablar de sostenibilidad o desarrollo sostenible, el espacio de referencia es considerado como algo homogéneo, amorfo y sin contenido. Es así que cuando se habla de adecuar o moldear las sociedades

¹⁶ 1) Sostenible: “Algo que tiene que ser sostenido. Son los sistemas en desequilibrio, que necesitan de un ingreso permanente de flujos de energía, materia e información, y de un proceso de transformación y artificialización” (Maya 2005, 30).

2) Sustentable: “Lo que se sostiene por sí mismo, y que necesita de esfuerzos encaminados a lograr el equilibrio de un sistema” (Maya 2005, 30).

¹⁷ La sostenibilidad del desarrollo “se considera como la capacidad del territorio, del ecosistema humano y del conjunto de los sistemas ambientales, económicos y socio-culturales, involucrados en el proceso de desarrollo, de garantizar su funcionamiento, eficacia y eficiencia, de tal forma que se puedan movilizar las potencialidades sobre las cuales se basa dicho proceso y se satisfagan las necesidades individuales y sociales” (Mateo 2012, 31).

al medio ambiente no se tienen en cuenta los principios ecológicos y pocas veces, o peor aún, nunca, los geográficos (Mateo 2012, 43).

La geografía ofrece una perspectiva territorial de la sostenibilidad, indispensable en su análisis y determinante en su aplicación. Lo territorial actúa como campo aglutinador de todas las dimensiones que concurren en la sostenibilidad (ecológica, económica, social, política, ética) a través de un elemento de referencia espacial: el territorio. Un territorio viene definido por su singularidad geográfica, producto de una serie de rasgos físico-ambientales y de las interacciones entre distintos grupos sociales y su entorno. A su vez, el territorio, como escenario de políticas y estrategias de desarrollo, es “el campo privilegiado para la aplicación del concepto de sostenibilidad (Toro 2007, 176).

Es precisamente la espacialidad, es decir, la manifestación diferenciada de los patrones de organización de las diversas partes del planeta Tierra, y a su vez su integración jerárquica y funcional, el factor que permite entender la manera en la que la sostenibilidad emerge, a partir de la “articulación compleja de contextos políticos, económicos, sociales y culturales, sobre la base de una organización natural de partida” (Mateo 2012, 20). Es decir, se trata de articular las perspectivas territoriales y espaciales a diferentes escalas: local, nacional, regional y global.

De esta manera, el territorio actuaría como factor diversificador de los objetivos de la sostenibilidad y llenaría de contenido y matices la concreción y ambigüedades que guarda el desarrollo sostenible cuando se le presenta como un proyecto global y universal. Es así que un territorio organizado es una condición básica del desarrollo, pero un territorio organizado de manera sostenible requiere de la presencia de actores y procesos que incorporen una conducta ética y socialmente compatible con actos políticos y económicos favorables a un modelo de vida sostenible y con expectativas de futuro. Por lo tanto, se debe hacer hincapié en que un territorio es competitivo cuando está organizado de manera sistémica (Delgadillo y Alburquerque 2010, 15).

a) Principios geográficos de la sostenibilidad ambiental

Para considerar que un proceso es sostenible, se debe partir de la premisa de que los espacios en los cuales se llevan a cabo los procesos de desarrollo sean íntegros, funcionales, complejos y diversos, es decir, que reflejen las características propias de la espacialidad o del lugar en que se encuentran (Ab Saber 2006).

Alekseev (2008) coincide con Riabshikov (1972) al apuntar que los factores geográficos regulan los mecanismos de la formación e incorporación de la sostenibilidad ambiental a los procesos de desarrollo, sobre la base de la organización territorial y de las características de la formación de los espacios y paisajes culturales (Serrano 1991). José M. Mateo (2012, 38) propone, con base en Diakonov y Romanova (2006), principios geográficos de la sostenibilidad ambiental.

Asimismo, señala que respecto a la manera en que el espacio permite incorporar la sostenibilidad ambiental a los procesos de desarrollo, se deben tener en cuenta elementos como: individualidad, vitalidad, acceso a los recursos y servicios, sentido coherente, adecuación y gobernabilidad (Mateo 2012, 38).

Tal como lo plantea Mateo (2012, 37), puede afirmarse que el patrón de la asimilación, ocupación y uso de los espacios manifiesta de manera clara un determinado nivel de sostenibilidad. Así, la dimensión espacial en el proceso de desarrollo se convierte no sólo en una revelación de la optimización del proceso, sino también en un requisito para la construcción del desarrollo sostenible. La formación de territorios en los cuales los espacios y paisajes formados son armónicos, coherentes y singulares es una condición fundamental en el proceso de construcción del desarrollo sostenible, por lo que la dimensión espacial representa una clara expresión de la articulación de las diversas dimensiones de este desarrollo, en particular las dimensiones ambiental, económica, política, social y cultural.

b) Teoría geográfica de la sostenibilidad ambiental

La teoría geográfica se define como un sistema de conocimientos que deben explicar una determinada porción del mundo; para ello se establecen las características, propiedades y regularidades de la manifestación de las diferentes categorías geográficas en las diversas partes del planeta Tierra. Es decir, la teoría geográfica parte del conocimiento espacial concreto que se generaliza a través de comparaciones, la búsqueda de analogías geográficas y la elaboración de leyes y regularidades de carácter general basadas en este conocimiento concreto (Sposito 2004).

Con base en lo anterior, el geógrafo cubano José M. Mateo (2012), a lo largo de su investigación “La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina”, propone ideas para una teoría de la sostenibilidad ambiental basadas en los siguientes preceptos:

- Es un sistema de formulaciones que surgen de la geografía y se aplican al campo ambiental.
- Es una teoría descriptiva, basada en datos empíricos y que se sustenta en el conocimiento de una parte del globo terráqueo.
- Es una teoría fundamentada en el pensamiento dialéctico y sistémico.
- Constituye uno de los elementos esenciales de la reflexión geográfica, aplicable a todo el paradigma ambientalista y sostenibilista.

Las ideas que propone para elaborar una teoría geográfica sobre la sostenibilidad ambiental, se sustentan en los siguientes planteamientos básicos:

- Las diferentes acepciones del concepto de desarrollo y en particular, los elementos fundamentales de la teoría del desarrollo sostenible.
- El aporte de la geografía al pensamiento ambiental y sostenibilista.
- El uso del conocimiento y el pensamiento geográfico en la elaboración y la construcción de la teoría sobre la sostenibilidad y el desarrollo sostenible, que genera la sostenibilidad y la sustentabilidad como emergencias sistémicas.

Es importante considerar que, en la actualidad, casi todos los documentos estudios y planes que alardean de recoger ideas o acciones a favor del desarrollo sostenible incorporan en sus trabajos la definición que ofrece el Informe Brundtland (Saiz 1988, 67) sobre tal término. En este contexto, es muy oportuno el planteamiento que Jiménez (2000, 106) hace al señalar tres “principios básicos y generales en los que la sostenibilidad económica ha de converger con la sostenibilidad ecológica”:

- *Conservación de la naturaleza*, como condición previa para un mejor uso de los recursos naturales y de los ecosistemas, manteniendo sus procesos vitales, su diversidad, su fertilidad y su productividad.
- *Capacidad de carga*, como propiedad de los ecosistemas que marcaría el límite cuantitativo de éstos para soportar una determinada presión humana (uso de recursos y generación de contaminación), donde influyen factores como la cantidad y densidad de población, el nivel de vida y la tecnología.
- *Resiliencia*, como capacidad de los sistemas naturales para soportar y recuperarse de determinados impactos, cambios bruscos y esfuerzos.

Una de las aportaciones más destacadas en el campo de la sostenibilidad es la formulación de las denominadas “*leyes de sostenibilidad*”, por Hermann Daly, las cuales definen de manera más concreta los criterios operativos que han de guiar un uso sostenible de los recursos y sumideros ambientales (Xercavins et al. 2005, 77):

- Para una fuente no renovable combustible fósil, elementos minerales de elevada pureza, etcétera, la tasa sostenible de explotación o uso no puede ser superior que la tasa a la cual una fuente renovable, usada en forma sostenible, puede sustituir el elemento no renovable (“principio de amortización”). De tal manera que parte de los beneficios derivados de la explotación de los no renovables se inviertan en investigación y tecnologías para el desarrollo de energías o materiales alternativos.

- Para una fuente renovable tierra, aire, bosque, pesca, etcétera el ritmo o la tasa sostenible de explotación no puede ser superior que la tasa de regeneración. No hay ninguna restricción para las fuentes continuas (p. e. la energía del sol).
- Para un elemento contaminador, la tasa sostenible de emisión no puede ser superior que la tasa a la cual el elemento contaminado puede ser reciclado, absorbido o esterilizado por el medio ambiente. Los ciclos vitales son un tipo de mecanismo de reciclaje y deberíamos enviar los residuos a una velocidad menor a la que estos ciclos son capaces de depurar.

Energía y desarrollo sostenible

Existe una correlación, casi lineal, entre grado de desarrollo y consumo de energía por habitante. Lo cual es lógico si se toma en cuenta que el desarrollo económico de un país se relaciona con sus capacidades productivas; globalmente, la distribución del consumo de energía se revela de manera desigual debido a que en la sociedad moderna la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar. En la sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de ésta; no obstante, este escenario irá cambiando de forma drástica, ya que serán precisamente los países en vías de desarrollo los que experimentarán con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías (Castells 2012).

La energía tiene relaciones profundas con las tres dimensiones de la sostenibilidad, por lo que la sostenibilidad energética, según J. Pérez (2003, 4), es entendida como la producción y consumo de energía “de manera que soporte el desarrollo humano en sus dimensiones social, económica y medioambiental”. Los servicios que la energía proporciona contribuyen a satisfacer múltiples necesidades básicas como el suministro de agua potable, la iluminación, la salud, la capacidad de producir, transportar y procesar alimentos, la movilidad o el acceso a la información, de forma que el acceso a un cierto volumen de formas avanzadas de energía, como la electricidad o los combustibles líquidos

y gaseosos facilitan la cobertura de ciertas necesidades. La seguridad del abastecimiento energético y el precio de la energía son factores cruciales para el desarrollo económico. Por otro lado, ya es evidente que muchas de las formas de producción y consumo pueden reducir la sostenibilidad medioambiental.

El informe mundial de la energía (World Energy Outlook 2000) muestra la visión global de los aspectos de la energía y menciona textualmente lo siguiente:

- Aunque no parece haber límites físicos en el suministro mundial de energía durante al menos los próximos cincuenta años, el sistema energético actual es insostenible por consideraciones de equidad así como por problemas medioambientales, económicos y geopolíticos que tienen implicaciones de muy largo plazo. Entre los aspectos de la falta de sostenibilidad deben incluirse los tres siguientes:
- Los combustibles avanzados y la electricidad no son universalmente accesibles, lo que constituye una desigualdad que tiene implicaciones morales, políticas y prácticas en un mundo cada vez más globalizado.
- El sistema energético actual no es lo suficientemente fiable o asequible económicamente como para soportar un crecimiento económico generalizado. La productividad de un tercio de la humanidad está seriamente comprometida por la falta de acceso a las formas avanzadas de energía y tal vez otro tercio sufre penalidades económicas e inseguridad a causa de un suministro energético poco fiable.
- Los impactos negativos —tanto a nivel local, como regional y global—, de la producción y del uso de la energía amenazan la salud y el bienestar de la generación actual y de las futuras.

Por lo tanto, con base en dicho informe, son tres los factores que condicionan la sostenibilidad del modelo energético: la disponibilidad de recursos para hacer frente a la demanda de energía, el impacto ambiental ocasionado por los medios utilizados para suministro y consumo, y la enorme falta de equidad en el acceso a este elemento imprescindible para el desarrollo humano en la actualidad.

A partir de este planteamiento se puede retomar a Rigoberto García (2014), quien menciona la existencia de una controversia en relación con la producción, uso y consumo energético. Puesto que, por un lado, se le relaciona positivamente con el desarrollo económico y social, y por el otro, de forma negativa con la determinación de diversos impactos ambientales, por lo que la disyuntiva sería qué tan posible es que exista un equilibrio en estos dos aspectos. Para explicar la relación entre la energía, el desarrollo y el medio ambiente, se considera su correspondencia con el mismo desarrollo, una relación entre la energía, la teoría de la desmaterialización¹⁸ y por último, la sostenibilidad energética.

Antecedentes de investigación sobre la energía eólica desde la perspectiva geográfica

A partir de finales del siglo xx y lo que va de este siglo, se ha intensificado la producción bibliográfica sobre energía eólica y energías renovables en México; desde diversos enfoques disciplinares han surgido investigaciones y estudios relacionados con el tema, y prueba de lo anterior es el conjunto de asuntos temáticos y enfoques, con sus respectivos autores, que se presenta en el cuadro 1.1.

La estrategia metodológica que se siguió para la elaboración del cuadro que presenta los estudios de la energía eólica y energías renovables en México fue la indagación en literatura científica, como artículos de revistas, libros, fuentes en la web, aquellas investigaciones que tuvieran como eje temático la energía eólica o las energías renovables, además de consultar tesis a nivel licenciatura, maestría y doctorado, buscando los mismos ejes temáticos; finalmente, se hizo una selección, con base en un criterio personal, de las obras que podrían nutrir y darle solidez y ejemplos aplicables a la zona de estudio.

¹⁸ La desmaterialización, según García (2010), es definida como una disminución del uso de materiales y energía, incitando a la búsqueda de una sustentabilidad energética, entendida ésta como el aporte del sector energético para el logro del desarrollo sustentable.

Con respecto a los antecedentes de trabajos con enfoque geográfico, que es el que más importancia tiene para esta investigación, México cuenta con pocos estudios desde esta perspectiva, como el trabajo realizado por Sánchez-Salazar y Palacio (2007) publicado en la revista *Estudios Geográficos* del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC; España) sobre la inversión española en electricidad en México, así como algunas tesis profesionales referente a la energía (seis); sobre el tema de las energías renovables son menos abundantes, mientras que las relacionadas con la energía eólica son escasas (una). Es por ello que también se citan estudios elaborados en España y Estados Unidos principalmente, países que a principios de este siglo han apostado a las energías renovables y que, por lo tanto, reflejan en su producción científica importantes y considerables aportaciones en la materia. No obstante, en el ámbito de producción cartográfica, el Instituto de Geografía de la UNAM, ha encabezado la producción de mapas con diversas temáticas relacionadas a la energía, publicados en atlas nacionales y regionales, dentro del grupo de trabajo de geografía de los energéticos, así como también los que ha elaborado la Secretaría de Energía (Sener), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) y el Instituto de Energías Renovables (IER-UNAM).

Desde la perspectiva institucional, existen un sinnúmero de proyectos e investigaciones relacionadas con el objeto de estudio, de tal manera que se definió un criterio que acotara aquellas investigaciones referidas a temáticas directamente relacionadas con las que se abordan en este estudio; dicho criterio fue considerar aquellos proyectos y trabajos que recibieron financiamiento directo por parte de dichas instituciones.

Cabe señalar que no se consideraron todos los temas que se engloban desde el enfoque institucional; sin embargo, los planes de desarrollo y lo que concierne a las políticas públicas y al marco jurídico-normativo referente a las energías renovables, y en particular a la energía eólica, se retomaron en un apartado especial de esta investigación debido a su importancia para el entendimiento más amplio de la problemática a estudiar.

Con base en lo anterior, la producción bibliográfica internacional y nacional sobre las energías renovables y, en particular, sobre la energía eólica se ha centrado preferentemente en los siguientes aspectos: la distribución territorial

de la potencia instalada, el desarrollo de la industria eólica, las políticas de fomento de las energías renovables y dentro de éstas la eólica, y el impacto de los aerogeneradores sobre el paisaje, así como la relación entre las energías renovables y la sustentabilidad.

Espejo (2004) es autor del primer estudio geográfico de la energía eólica en España; en él analiza las características que definen a este sector, desde la distribución territorial de los vientos como recurso imprescindible para su aprovechamiento, hasta los impactos que sobre el medio ambiente provoca esta actividad. Para el caso de México, se identificaron dos trabajos de carácter geográfico; en el primero de ellos, Adame (1990) brinda un panorama general sobre el uso de las fuentes de energía no convencionales, en el contexto mundial y en la República mexicana en particular, así como de la importancia de los recursos energéticos en el ámbito del capital energético mundial. Maya (2005) analiza la factibilidad para el desarrollo de centrales eoloelectricas bajo una visión sustentable a fin de contribuir al desarrollo de las comunidades.

Por otro lado, Sánchez Salazar et al. (2007), en su trabajo titulado “La inversión española en el sector energético mexicano y su proyección territorial en el marco de las políticas económicas neoliberales”, analizan el proceso de apertura del sector energético mexicano a la inversión privada, como parte de las medidas tendentes a la liberalización de la economía nacional, en el marco de la globalización económica; identifican las modalidades de inversión privada autorizadas por la ley hasta el momento en los subsectores eléctricos, en donde también incluyen el subsector eoloelectrico.

Lo anteriormente expuesto evidencia la escasez de producción intelectual sobre la energía eólica en México desde un enfoque geográfico. No sucede así con otras ciencias, tales como la ingeniería en sus diferentes ramas, la economía, el derecho, la arquitectura, la biología, que han incrementado su producción científica sobre las energías renovables, particularmente sobre la energía eólica.

Cuadro 1.1
Estudios relacionados con la energía eólica y las energías renovables en México

ENFOQUE	ASUNTOS TEMÁTICOS TRATADOS	AUTORES
Geografía	<p><i>Literatura nacional</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso, importancia y desarrollo de las fuentes de energía no convencionales • Análisis geográfico de los energéticos convencionales en México: hidrocarburos y electricidad • Generación de electricidad a través de sistemas eoloeléctricos y desarrollo sustentable • Inversión española en el sector energético mexicano y su proyección territorial en el marco de las políticas económicas neoliberales <p><i>Cartografía sobre México:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura y generación de electricidad por tipos de centrales y entidades federativas, 1989 • Energía: producción, consumo, y recursos potenciales, 1989 • Viento y su comportamiento meteorológico • Zonas con potencial eólico • Importancia y evolución histórica del sector energético nacional • Infraestructura y generación bruta de energía eléctrica por central eléctrica y entidad federativa • Consumo de energía eléctrica por zonas • Explorador en línea de recursos renovables 	<p>Adame (1990); Martínez (1998); Maya (2005); Sánchez-Salazar et al. (2007)</p> <p>Sánchez-Salazar (1990); Sánchez-Salazar et.al. (1990); Vidal y Matías (1990); Pérez (1990)</p> <p>Sánchez-Salazar y Casado (2007)</p> <p>Sener y IIE (2010)</p>

Cuadro 1.1 (continuación)
Estudios relacionados con la energía eólica y las energías renovables en México

ENFOQUE	ASUNTOS TEMÁTICOS TRATADOS	AUTORES
Geografía	<p><i>Literatura internacional (Iberoamérica):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Energías renovables y planificación energética en España • Distribución territorial de la potencia instalada en España • Desarrollo de la industria eólica • Políticas de fomento de las energías renovables • Impacto de los aerogeneradores sobre el paisaje • Impacto de los aerogeneradores marinos • Energías renovables y paisaje • Los paisajes de la energía eólica, percepción social y gestión • Perspectivas de desarrollo, ordenación territorial y paisaje de la energía eólica • Energías renovables y paisajes. Incidencia de los parques eólicos en el paisaje • Energía eólica, usos de suelo y paisajes de poder en un mundo globalizado • Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático 	<p>Azcárate y Mingorance (1996); M. Pasqualetti, Paul Gipe y Robert W. Righther (2002); Domínguez, F. (2002); Espejo, C. (2004); Pérez, B., Requejo J. y Ballesteros C. (2007); Frolova (2010); Baraja y Herrero (2010); Frolova, M. (2010); Pérez, B. (2010); IPCC (2011) Vidal, F. (2014)</p>
Economía y Derecho	<ul style="list-style-type: none"> • Efectos de la política energética, y las formas de enfrentar los dilemas de la generación de energía. • Rentabilidad económica de la producción de energía eléctrica renovable. • Desarrollo del sector energético, transición energética y fuentes alternas de energía. • Perspectivas financieras de la modernización eléctrica. • Políticas públicas de la transición energética. 	<p>Martínez, A., A. Bayod y M. Pérez (2002); Calva, J. L. (2007); Saxe, J. (2009); Simón et al. (2009); Quezada, S. (2011); F.A. Dieck (2012); Martínez, E. (2013)</p>

Cuadro 1.1 (continuación)
Estudios relacionados con la energía eólica y las energías renovables en México

ENFOQUE	ASUNTOS TEMÁTICOS TRATADOS	AUTORES
Economía y Derecho	<ul style="list-style-type: none"> • Economía energética, reglamentación y leyes • Crítica hacia las fuentes renovables y su privatización • Energía eólica. Tecnología y desarrollo regional endógeno 	
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Sustentabilidad ambiental de la producción de energía • Energía y ecología • Aspectos ambientales de la energía eólica • La energía eólica en Baja California y Baja California y el futuro de las renovables: una visión multidisciplinaria 	Quintanilla, A. y Fischer, D. (2003); Esteve, M (2008); González, Muñoz y Ortega (2011)
Institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo urbano sustentable • Iniciativas para el desarrollo de las energías renovables en México (energía eólica) • Promoción de energías renovables. • Estudios de potencial (atlas) • Prospectiva del sector eléctrico • Balance nacional de energía • Panorama general de la industria y fomento a la inversión extranjera • Energías renovables y desarrollo sustentable • Zonas de aprovechamiento para la generación eoloelectrónica • Potencial de exportación de energía eólica de México a Estados Unidos 	Gutiérrez, J. (2001); Luengo, M. y M. Oven (2009); Sener (2010); Semarnat (2012); CONUEE (2012); ProMéxico (2013); Sener (2012); CRE (1995-2015),
Técnico o privado	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis técnico y económico de la energía eólica • Técnicas de aprovechamiento de energía eólica • Potencial de exportación de energía eólica de México a Estados Unidos • Energía eólica y participación en la Red Eléctrica Nacional 	Castañeda, Arlem (2008); USAID (2009); Suárez, P. (2010); AMDEE (2012); Bañuelos, F. (2011); Acosta y Kirat (2013); Martínez, E., (2013); García, N. (2013)

Cuadro 1.1 (continuación)
Estudios relacionados con la energía eólica y las energías renovables en México

ENFOQUE	ASUNTOS TEMÁTICOS TRATADOS	AUTORES
Técnico o privado	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de electricidad a partir de energías renovables y la participación de las empresas privadas • Análisis técnico-económico de escenarios de energías renovables para generación de electricidad, 2035 	
Académico	<ul style="list-style-type: none"> • Energía renovable y competitividad regional • Futuro de las energías renovables • Integración de la energía eólica • Mecanismos de mitigación y costos de la energía eólica • Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloelectrónica • Energía eléctrica en Baja California y futuro de las energías renovables. Visión multidisciplinaria 	Borja, D. A. et.al. (1998); Quintanilla A. y Fischer D. (2003); IEE (2013); Sener-IEE (2010); Quintanilla et al. (2003).

Fuente: Elaboración propia con base en los autores referidos en el cuadro.

2

Estructura y organización espacial del sector eléctrico El subsector eoloeléctrico en México

Estructura y organización espacial del sector eléctrico en México. La energía eólica en el contexto nacional

En los últimos treinta años, el desarrollo del sector eléctrico mexicano ha enfrentado cambios estructurales que han traído consigo una mayor participación de la inversión privada nacional y extranjera bajo diferentes esquemas. “Estos cambios se ven reflejados en distintos aspectos relacionados con la estructura de la industria eléctrica y su organización, así como también en la geografía de la producción de electricidad” (Sánchez, Casado y Saavedra 2004, 1). De la misma manera, este sector ha estado vinculado con la crisis económica, la deuda externa acumulada a principios de los años ochenta y los cambios en la política económica interna, resultado de los acuerdos con el Fondo Monetario Internacional, así como con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte y la inserción del país en el proceso de globalización económica mundial.

Importancia económica del sector energético a nivel nacional: el contexto histórico

El sector energético es un eslabón esencial de las cadenas productivas y un importante motor del desarrollo económico de México; la producción y distribución de la energía tienen una importancia estratégica, dicho sector constituye el sustento y el motor de la economía (Calva 2012; Sánchez Salazar et al. 2004). En este sentido, resulta muy acertada la idea planteada por Viqueira

(2003), donde señala que el sector eléctrico puede convertirse en el detonador de otras ramas de la economía, al apoyar el surgimiento y desarrollo de la industria nacional de fabricación de equipo y material para ser utilizado en las instalaciones de generación, transmisión y transformación de la electricidad.

La producción y el consumo de energía eléctrica están determinados por dos características específicas derivadas de su propia naturaleza: la primera consiste en la imposibilidad de su almacenamiento en grandes cantidades, por lo que debe ser generada y distribuida en el momento en que se produce su demanda; la segunda es el incremento del precio del transporte o distribución, que es directamente proporcional a la distancia a recorrer entre las centrales generadoras y los centros de consumo (George 1982; Campos y Quintanilla 1997).

Por su parte, Sánchez Salazar et al. (2003) mencionan que además de estas dos características existe un tercer aspecto fundamental a considerar, y es que para vincular geográficamente los sitios donde se produce la electricidad con aquellos donde se consume, se requiere que la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica estén integradas horizontalmente y funcionen como un sistema interconectado, de manera continua y coordinada, por lo que la industria eléctrica, por el carácter sistémico de su estructura y funcionamiento debe ser concebida y operada en forma integral y constituida como un monopolio natural (George, 1982; Campos y Quintanilla 1997, en Sánchez Salazar et al. 2003, 428).

Lo anterior, según Campos (2003), origina que las industrias eléctricas sean intensivas en capital, requieran de una planeación previa que considere el desarrollo industrial y social del país, y que sus inversiones tengan que ser anticipadas y pagadas a largo plazo. Por lo tanto, la energía es un bien fundamental, estratégico e imprescindible en donde la vida moderna sería imposible sin ella. El aparato productivo y los hogares dependen para su funcionamiento y desarrollo de energéticos suficientes, diversificados y económicos (Rodríguez, 2012).

Marco histórico

El desarrollo histórico del sector eléctrico en México se puede resumir en cinco etapas (cuadro 2.1): la primera, que va de fines del siglo XIX a 1910, se caracteriza por la inversión de capital mexicano principalmente, complementado por el extranjero. En la segunda, de 1910 a 1937, el capital mexicano se retira de la industria eléctrica y ésta queda a cargo de dos empresas extranjeras: Mexican Light and Power Company de Canadá y American and Foreign Power Company de Estados Unidos, las cuales sólo daban cobertura al 50% de la población (Sánchez et al. 2003, 428).

La tercera, de 1937 a 1960, se caracteriza por la creación de la empresa paraestatal Comisión Federal de Electricidad (CFE) para organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica y su coexistencia con las dos empresas extranjeras hasta que se decreta la nacionalización de la industria eléctrica en 1960. En la cuarta, de 1960 a 1992, la CFE obtiene la transferencia de las dos empresas extranjeras para su control, con lo que pasó a ejercer el monopolio integral del sector a partir de 1975; en este periodo, la CFE logra la expansión territorial de la infraestructura eléctrica de generación, transmisión y distribución, así como la integración de un sistema interconectado a partir de todos los sistemas aislados que incluye a todo el país¹⁹. Todo esto se consiguió gracias a una política expansiva de gasto e inversión para satisfacer el crecimiento de la demanda de la electricidad (Sánchez et al. 2003, 428).

Y finalmente, la quinta etapa de 1992 al presente, se caracteriza por la desaparición de la empresa estatal Luz y Fuerza del Centro (LyFC) que controlaba la distribución de electricidad en la región centro del país, y la gestación de una serie de modificaciones e iniciativas de ley, previas a la reforma energética, que prepararon el camino para facilitar el proceso de apertura paulatina del sector energético a la inversión privada nacional e internacional y, con ello, la desaparición de los monopolios estatales del sector energético

¹⁹ Salvo la península de Baja California, en donde se mantienen dos sistemas interdependientes.

(Sánchez et al. 2003). Al final, a través de las reformas constitucionales (de los artículos 25, 27 y 28 constitucionales) de diciembre de 2013 y la adecuación del marco regulatorio de leyes secundarias realizada en 2014, se concreta la reforma energética que abre la participación de la iniciativa privada en los subsectores de hidrocarburos y electricidad, beneficiando principalmente a las empresas de capital extranjero.

Como se observa en el cuadro 2.1, alrededor de 1879 nace la industria eléctrica en México con inversión nacional y posteriormente extranjera, lo que originó una segmentación del sector y poca eficiencia del servicio. Tras una serie de procesos políticos y económicos, en 1933 se nacionalizó dicha industria, y en 1937 se creó la CFE. En ese mismo año, el presidente Lázaro Cárdenas promulgó la ley en donde se indica que la CFE sería la empresa encargada de suministrar energía eléctrica a centros urbanos y algunas zonas rurales. Más tarde, en 1960 diferentes empresas tenían la concesión del ramo eléctrico, la cual compartían con la CFE; sin embargo, el 64% de la población mexicana no contaba con electricidad (Sener 1999; González, Muñoz y Ortega 2011).

A partir de la década de 1970, debido a los hallazgos petroleros en el territorio nacional, México desarrolló una estrategia de excesiva confianza y dependencia del petróleo, además de ser considerado, en esa época, como un recurso que parecía inagotable. Esta década fue escenario de un gran crecimiento de la industria eléctrica en México y significó a la vez un periodo de ruptura y violencia en el sindicalismo del ramo (Dieck 2012; De la Garza et al. 1994).

En la década de los ochenta disminuyó la inversión en CFE debido a las políticas neoliberales del presidente Miguel de la Madrid, y la presión de los programas de ajuste estructural impuestos por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial (Iglesias 2009, 472-475). Después de la crisis económica de 1982, México experimentó la caída en los precios del petróleo y adquirió un gran endeudamiento. Para negociar esta deuda, el país tuvo que realizar un acuerdo con el Fondo Monetario Internacional, y parte de este acuerdo consistió en la aplicación de políticas que garantizarían el crecimiento económico a través del libre mercado y así, se abrieron las puertas a la inversión extranjera (Iglesias 2009).

Cuadro 2.1
Desarrollo histórico del sector eléctrico en México

MODELO ECONÓMICO	ETAPA	AÑO	EVENTO
MODELO DE CRECIMIENTO HACIA AFUERA (primario-exportador)	Liberalismo y desarrollo de la industria eléctrica (fines del siglo XIX a 1910)	1879	Durante el Porfiriato se instala la primera planta termoeléctrica en León, Guanajuato, para proporcionar electricidad a una planta textil.
		1881	Inicia la instalación del alumbrado público residencial a cargo de Compañía Mexicana de Gas y Luz Eléctrica en la Ciudad de México.
		1889	Entra en operación la primera planta hidroeléctrica en Batopilas, Chihuahua.
		1898	Se instala la empresa extranjera The Light and Power Company, de origen canadiense, para alumbrar la zona centro del país.
		1903	Porfirio Díaz otorga la concesión de las caídas de las aguas de los ríos Tenango, Necaxa y Xaltapexutla para generar electricidad.
		1905	La planta hidroeléctrica Necaxa transmite energía eléctrica a la ciudad de México, mientras que compañías canadienses controlaban la Compañía Mexicana de Electricidad, Compañía Mexicana de Gas y Electricidad y Compañía Explotadora de las Fuerzas Eléctricas de San Ildefonso.
		1906	Compañías canadienses obtienen concesiones de Porfirio Díaz para generar electricidad en los estados de Puebla, Hidalgo, México y Michoacán.
MODELO DE CRECIMIENTO HACIA AFUERA (primario-exportador)	La transición hacia el Estado social (1910- 1937)	1911	Álvaro Obregón reorganiza de forma importante y trascendental la generación de electricidad.
		1933	El presidente sustituto Abelardo L. Rodríguez envía una iniciativa al Congreso para la creación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).
		1937	Durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas se inauguró y entró en operación la CFE.
MODELO DE CRECIMIENTO HACIA AFUERA (primario-exportador)	Desarrollo con inflación y corporativismo (1937- 1960)	1944	Da inicio un periodo de intensa actividad por parte de la CFE y la nueva Compañía Eléctrica de Chapala, S. A. de propiedad pública, que comienza a aportar el 66 % del aumento de energía para el servicio público.
		1949	El presidente Miguel Alemán expide un decreto indicando que CFE es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio.
		1960	La CFE aportaba el 54 % de la electricidad del país, la empresa canadiense The Mexican Light and Company 25 %, la estadounidense The American and Foreign Power Company, 12 % y otras compañías 9 por ciento.
MODELO DE CRECIMIENTO HACIA AFUERA (primario-exportador)	La nacionalización (1960-1992)	1960	El presidente Adolfo López Mateos nacionaliza la industria eléctrica.

Cuadro 2.1 (continuación)
Desarrollo histórico del sector eléctrico en México

MODELO ECONÓMICO	ETAPA	AÑO	EVENTO
MODELO DE CRECIMIENTO HACIA AFUERA (primario-exportador)	La nacionalización de la industria eléctrica (1960-1992)	1961	La CFE vendía el 25% de toda la energía producida. Aparecen los sistemas de transmisión: operación noroeste, noreste, norte, oriente, occidental y central.
		1962	El gobierno elimina los 168 juegos de tarifas, autorizadas para diferentes regiones de la República y se publican en el DOF las primeras tarifas de aplicación nacional, con las cuales se estableció un trato de igualdad entre los diferentes usuarios.
		1963	Se crea la compañía central de Luz y Fuerza del Centro, S. A. (LyFC).
		1972	Se autoriza a las compañías Fuerza de Toluca S. A., Luz y Fuerza de Pachuca S. A. y Mexicana Meridional de Fuerza S. A. a fusionarse con LyFC.
		1974	Se autoriza a LyFC a realizar todos los actos necesarios para su disolución y liquidación de los empleados de las empresas que se han fusionado.
		1982	Se venden activos de las paraestatales y el gobierno inicia la administración de las empresas paraestatales.
		1989	Reforman la ley del Servicio Público de Energía permitiendo al Ejecutivo Federal disponer de la construcción, estructura y funcionamiento del servicio de LyFC.
MODELO DE ECONOMÍA GLOBAL O NEOLIBERAL (apertura comercial)	Reformas y adecuaciones al Marco Regulatorio (1992-2014)	1992	Se reforma la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).
		1993	Se decreta la creación de la Comisión Reguladora de Energía.
		1994	Se firma el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, con lo que se incrementa la presión de Estados Unidos sobre México para continuar con la reforma eléctrica. Se expide un decreto mediante el cual LyFC es un órgano público y descentralizado.
		1995	Comienza a crecer la capacidad de generación eléctrica, a ritmos inferiores a la demanda de manera sostenida. Se reforma la Ley de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y se otorga a este órgano autonomía de gestión, así como capacidad técnica y administrativa en materia de gas natural y electricidad.
		1996	Se crea la Unidad de Promoción de Inversiones (UPI), con la función de brindar atención al sector privado para gestionar sus iniciativas y proyectos de generación de electricidad, transporte, distribución y almacenamiento de energéticos.
		1998	Se publica el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en Materia de Aportaciones, el cual amplía la participación privada en obra civil e instalación eléctrica para parques industriales, centros comerciales y desarrollos turísticos.

Cuadro 2.1 (continuación)
Desarrollo histórico del sector eléctrico en México

MODELO ECONÓMICO	ETAPA	AÑO	EVENTO
MODELO DE ECONOMÍA GLOBAL O NEOLIBERAL (apertura comercial)	Reformas y adecuaciones al marco regulatorio (1992-2014)	1999	Se inicia la reestructuración interna de la CFE. Se elabora un proyecto de reforma del sector eléctrico mexicano, que incluye las modificaciones a los artículos 27 y 28 constitucionales, que no fue aceptado por el Congreso.
		2000	Se dispara el crecimiento de la capacidad instalada de energía eléctrica de los productores independientes de energía (PIE) a una velocidad mayor que la capacidad instalada con recursos públicos por la CFE.
		2001	Presentación de dos proyectos de reforma eléctrica a las comisiones senatoriales dictaminadoras, que no fueron aprobados. El presidente Vicente Fox (200-2006) decreta unas adiciones al Reglamento de la LSPEE, las cuales declaró inválidas la Suprema Corte de Justicia.
		2002	Presentación de un proyecto de reforma eléctrica por el presidente Fox ante el Senado, el cual no fue aprobado.
		2008	Se aprueba la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, la cual prevé la creación de un fideicomiso que permitirá que las fuentes renovables aumenten.
		2009	Por decreto presidencial se extingue el organismo descentralizado LYFC.
		2011	El estado de Texas y el gobierno mexicano, a través de la CFE, determinan respaldar a este estado vecino con energía eléctrica, como consecuencia de las severas nevadas que se registraron en el sur de Estados Unidos las cuales provocaron trastornos serios a la infraestructura eléctrica.
		2012	Se reforma el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
		2013	Se presenta el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, el cual plantea objetivos específicos en materia de energía. El presidente Enrique Peña Nieto presenta la iniciativa de reforma constitucional de tres artículos, que fue aprobada en diciembre.
		2014	El presidente Enrique Peña Nieto envía la iniciativa de reforma de las leyes secundarias al poder legislativo, misma que fue aprobada en agosto. Se abroga la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y se expiden la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de Energía Geotérmica, asimismo, se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales.

Fuente: Elaboración propia con base en Viqueira (en Campos y Quintanilla 1997); Zarco (2003); Salazara Vargas (2002); Sánchez et al. (2004); Calva (2007); DOF (2008, 2009, 2012, 2013, 2014a); CNN Expansión (2011).

A partir del gobierno del presidente Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), se limitaron las inversiones para proyectos del sector eléctrico encaminadas al incremento y modernización de la infraestructura para generación, transmisión y distribución con recursos propios, con el fin de que se dieran las condiciones para iniciar una apertura “silenciosa” a la inversión privada nacional y extranjera del sector, favorecida por la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (Sánchez et al. 2003, 430).

El 22 de diciembre de 1975 se publicó la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LSPEE); según Rodríguez (1994, 35), esta ley “era congruente con los principios constitucionales, pues contenía la normatividad necesaria para prestar el servicio que garantizara la satisfacción de las necesidades colectivas, sujeta a los criterios de igualdad, regularidad y continuidad del servicio”. Sin embargo, dicha ley fue reformada en 1983, 1986, 1989, 1992, 1993, 1994, 1997, 2001 y 2012, hasta llegar a ser abrogada el 11 de agosto de 2014, como parte de las modificaciones estructurales de la reforma energética y por consiguiente, por decreto se expidieron la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica y se adicionaron y reformaron diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales.

Más tarde, en la década de los noventa, continuó la propuesta por parte del presidente Ernesto Zedillo para privatizar el sector eléctrico sin ningún logro. Esta década constituyó un parteaguas para la industria eléctrica a nivel mundial. Tanto en el sexenio de Salinas de Gortari (1988-1994) como en el de Ernesto Zedillo (1994-2000), se impulsó la reforma al sector eléctrico convirtiendo en política de Estado el fomento a la participación de la inversión privada en dicho sector. A su vez, el desarrollo de la tecnología permitió incorporar el proceso de ciclo combinado, que emplea gas natural como combustible, y que además de constituir un proceso más limpio ambientalmente hablando, en comparación con el uso de combustóleo o el carbón, va asociado a una alta eficiencia en la generación de energía eléctrica (González, Muñoz y Ortega 2011; Sánchez et al. 2003).

Las reformas de diciembre de 1992 a la LSPEE delimitaron con precisión las actividades que estarían a cargo del Estado y las que podrían realizar los particulares. Es así que la CFE continuaría siendo el organismo responsable

de la prestación del servicio público de energía; en caso de los particulares se preveía un control por parte de la actual Secretaría de Energía (Sener) y de la Comisión Reguladora de Energía, que garantizara el ejercicio de sus derechos y la no interferencia del Estado. Como consecuencia, en ese año se implementaron varios cambios que se enfocaron, principalmente, a que la inversión privada se canalizara hacia las plantas de generación de energía para que actuara como complemento de los recursos públicos destinados al crecimiento del sector eléctrico.

Después de la crisis financiera de 1994-1995, el gobierno federal ha mostrado disposición y facilidades para poner a México al servicio de las políticas de seguridad energética de Estados Unidos. Desde entonces, la plataforma de producción de crudo y otros energéticos es funcional a los intereses del país vecino (Rodríguez 2007, 25).

Durante la administración del presidente Vicente Fox (2000-2006), se elaboró el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, el cual consideraba la intervención de la inversión privada como complemento de la inversión pública en el suministro de insumos básicos para el desarrollo de la economía y el bienestar de la población. Entre estos insumos básicos se encuentra la electricidad y, muy ligada a ella, el gas natural, por ser el combustible más empleado en su modernización tecnológica (Sánchez et al. 2003, 430).

Las modificaciones a la LSPEE de 1992, a su Reglamento en 1993, 1997, 1998 y 2011, la creación de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) en 1995, el Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000, y la reforma energética 2013 establecen el marco legal bajo el cual puede darse la participación del capital privado que alude al Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018).²⁰ Dicha reforma es parte de un plan global geoestratégico

²⁰ El Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en la meta nacional “México Próspero”, plantea como objetivo “abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva, para fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica, así como el aprovechamiento de fuentes renovables mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas, lo cual implica el establecimiento de reglas claras que incentiven el desarrollo de un mercado competitivo” (PND 2013, 137).

de Estados Unidos para consolidar su dominio en la región mesoamericana mediante el Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central (Sepac). A su vez, el Grupo de Trabajo de Energía para América del Norte (GTEAN), creado en 2001 y encabezado por los tres secretarios de energía de los tres países, ha manifestado su interés por incrementar y consolidar las interconexiones transfronterizas de energía eléctrica y gas con México (Sánchez et al. 2003, 431).²¹

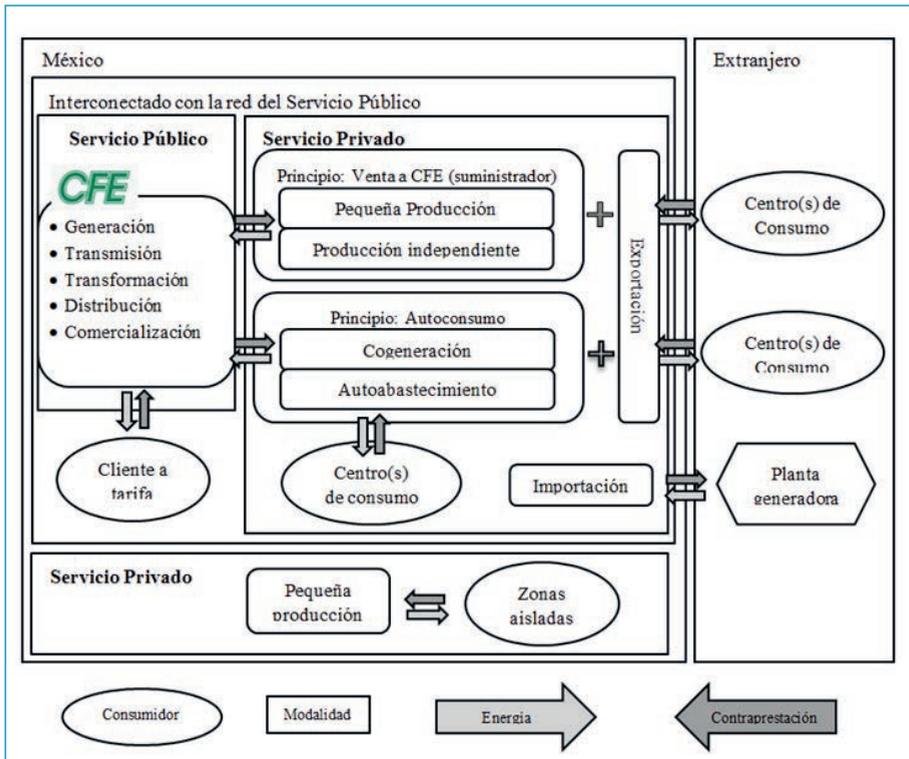
Hoy en día, el sistema capitalista mantiene la acumulación ensanchada del capital invirtiendo en varios sectores de actividades. En México, uno de los sectores en que gobierno y sector productivo, nacional e internacional han operado es en el de la energía, con base en los intereses capitalistas se han buscado formas de superar la crisis y competir en el mercado global (Zapata 2015).

Estructura del sector eléctrico nacional

México cuenta con una gran variedad de recursos naturales que favorecen el desarrollo de un alto número de actividades productivas, incluyendo aquellas relacionadas con la generación de energía a partir de dichos recursos. Las actividades productivas enfocadas a ello, particularmente aquellas que tiene que ver con la explotación de los hidrocarburos y la generación de energía eléctrica fueron los componentes más importantes del sector energético mexicano desde la década de 1930. Desde entonces, ambos rubros han tenido un papel determinante en el desarrollo del país. Según el INEGI (2014), el sector energético representa el 9.8 % del producto interno bruto (PIB) nacional por lo que las actividades asociadas a él se consideran muy importantes, ya que continúan siendo al día de hoy una de las fuentes principales de los ingresos públicos federales.

²¹ Actualmente existen nueve puntos geoestratégicos de interconexión eléctrica a lo largo de la frontera norte con Estados Unidos: dos en Baja California (Tijuana y Mexicali), dos en Chihuahua (El Paso-Ciudad Juárez), uno en Coahuila (Piedras Negras), y tres en Tamaulipas (Nuevo Laredo, la presa Falcón y Brownsville-Matamoros; Perfil Energético de América del Norte 2006).

Figura 2.1
Estructura del sector eléctrico



Fuente: Tomado de Sener (2013, 50).

i. Sector eléctrico (SE)

Este sector está integrado por un conjunto de actores, tanto públicos como privados, que intervienen en los procesos de generación, transmisión, distribución, comercialización y control operativo de la energía eléctrica (figura 2.1). El sector eléctrico tiene como finalidad suministrar energía eléctrica a los diversos sectores económicos del país. Las atribuciones de cada uno de los actores, sus interrelaciones, así como su operación vinculada se encuentran establecidas en el marco legal que regula la prestación del servicio público de energía eléctrica, la participación de privados y el comercio exterior (Sener 2013).

ii. El Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

Desde el punto de vista del destino final de la energía eléctrica generada, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por dos sectores: el público y el privado. El sector público se integra por la infraestructura de la CFE y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía (PIE), los cuales entregan la totalidad de su producción eléctrica a la CFE para suministro en el servicio público. Por otro lado, el sector privado agrupa las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios continuos, pequeña producción, importación y exportación (figura 2.1).

ii.1 Servicio público

Según lo determinado en la LSPEE (2012), corresponde a “toda actividad técnica destinada a satisfacer una necesidad de carácter general de manera uniforme y continua que sea permanentemente asegurada, regulada y controlada por los gobernantes, ya sea por medio de la administración pública, o bien mediante particulares facultados para ello por la autoridad competente, en beneficio indiscriminado de toda persona”. En este sentido, la planeación, generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica por parte de la CFE, así como la realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que requieran la planeación, ejecución, operación y mantenimiento del SEN, forman parte del servicio público.

ii.2 Servicio privado/permisionarios

Con base en lo establecido en la LSPEE (2012) y su reglamento, los procesos de generación de energía eléctrica pueden estar a cargo de actores de la iniciativa privada, los cuales cuentan con un permiso de autogeneración en alguna de las modalidades establecidas en dicha ley. Conocidos como permisionarios, estos particulares interactúan en el sector eléctrico con la CFE y en diversos esque-

mas, suministrando la demanda de sus socios vía importación o generación, o bien, generando para venta a CFE o para exportación.

Los permisos son “convenios para realizar actividades que pueden incluir la conducción, transformación y entrega de energía eléctrica de que se trate, según las particularidades de cada caso, así como el uso temporal de la red del SEN por parte de los permisionarios, previo convenio celebrado con la CFE, cuando ello no ponga en riesgo la prestación del servicio público ni se afecten derechos de terceros” (Sener 2013).

Las modalidades en las cuales los particulares pueden invertir en la generación e importación de energía eléctrica, están sujetas al previo otorgamiento de un permiso por la CRE (figura 2.2). Los permisos de autoabastecimiento se otorgan para la “utilización de la energía eléctrica con fines de autoconsumo, siempre y cuando dicha energía provenga de plantas destinadas a la satisfacción de las necesidades de personas físicas o morales”.

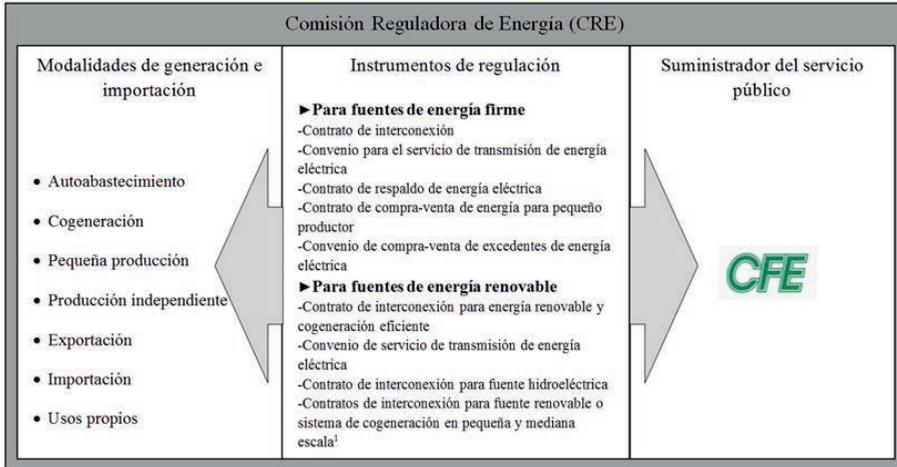
Los permisos de cogeneración se otorgan para “generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos”.²² La electricidad generada bajo esta modalidad es destinada a satisfacer las necesidades de establecimientos asociados a la cogeneración, siempre que se incrementen las eficiencias energética y económica de todo el proceso y que la primera sea mayor que la obtenida en plantas de generación convencionales. Tanto las modalidades de autoabastecimiento como la de cogeneración deben poner a disposición de la CFE sus excedentes de producción.

Los permisos de producción independiente se otorgan “para generar energía eléctrica destinada a su venta a la CFE, quedando ésta legalmente obligada a adquirirla en los términos y condiciones económicas que se convengan” (Sener 2013).

Los permisos de pequeña producción de energía eléctrica se otorgan para “generar no más de 30 MW, y la totalidad de la generación se destina para su venta a la CFE, en una ubicación determinada”. Alternativamente, considera

²² La cogeneración también abarca la energía térmica no aprovechada en los procesos que se utiliza para la producción directa o indirecta de energía eléctrica, o cuando se utilizan combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.

Figura 2.2
Modalidades de permisos e instrumentos de regulación



¹ Aplicable a proyectos con capacidad de hasta 0.5 MW, de los cuales no requieren permiso para generar energía eléctrica.

² Aplicables a los instrumentos de regulación para fuentes de energía firme, renovable, importación, valoración de externalidades ambientales y cogeneración eficiente.

Fuente: Tomado de Sener (2013, 58).

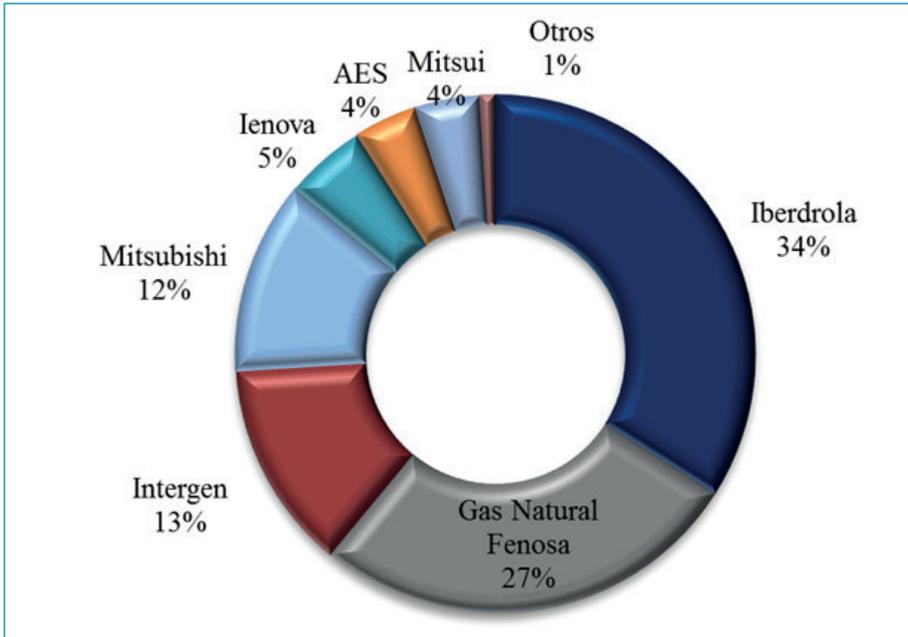
la electricidad destinada a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carecen de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos no excedan de 1 MW.

Los permisos de importación y exportación de energía eléctrica se otorgan con la finalidad de abastecer exclusivamente usos propios; pueden incluir la conducción, la transformación y la entrega de la energía eléctrica (Sener 2013).

Es importante señalar que dado que el Estado mantenía la exclusividad en la generación de electricidad para el servicio público, el sector privado, bajo este esquema, no podía vender electricidad a los usuarios en el mercado libre (Sánchez, Casado y Saavedra 2004), sin embargo, este candado se eliminó en las nueva Reforma Energética aprobada por el Congreso.

En la figura 2.3 se muestra la participación porcentual de la composición actual para generación de energía eléctrica por el sector privado, donde

Figura 2.3
Participación porcentual de la producción de energía del sector privado (pie)



Nota: Datos basados de capacidad instalada en MW; incluye exclusivamente la electricidad generada por el sector privado y excluye a la CFE.

Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2010).

se observar que dos principales empresas Iberdrola y Gas Natural Fenosa, de capital español, controlan el 61 % del total de la energía generada por los PIE. Ambas empresas españolas también son las primeras en obtener los permisos para generar energía eólica en México, según Comisión Reguladora de Energía (CRE 2012) y la Secretaría de Energía.

Iberdrola es la transnacional que tiene la mayor participación porcentual, con 34 % del total de toda la generación privada de energía. Le sigue Gas Natural con el 27 %, que durante el 2008 adquirió cuatro plantas generadoras de energía eléctrica, tres de la francesa EDF y una de Mitsubishi.

Evolución del sector eléctrico en México por tipos de centrales

Para entender la estructura y la organización del sector eléctrico en México, es importante considerar la composición de la matriz energética,²³ así como su evolución, puesto que la presencia de los recursos energéticos es una constante pero no así el uso de ellos.

En el Balance Nacional de Energía Eléctrica se describe la evolución de la oferta y la demanda del sector en los últimos doce años. La generación total de electricidad se ha incrementado 3.2 % anual, alcanzando 278 086 GWh en el año 2012, de los cuales el 94.2 % proviene del sector público y el restante 5.8 % servicios por particulares e importación.

Para la generación eléctrica, en el periodo de 2002-2012 destaca el crecimiento de tecnologías como el ciclo combinado con un 10.3 % de crecimiento anual y 7.6 % para combustión interna, en el caso de combustibles fósiles. Para las energías renovables, la tendencia del uso de energía eólica se ha incrementado a una tasa de 69.8 % en los últimos años, mientras que la solar fotovoltaica ha aumentado su participación al cubrir en 2012, 2.07 GWh del total.

Dentro de los usos y ventas totales nacionales, el sector industrial predomina, seguido del sector residencial. De esta manera, en un periodo de diez años (2002-2012) se ha dado un incremento general de 3.2 %, incluyendo la exportación. Cabe destacar que la exportación se ha incrementado a un ritmo de 12.5 %, menor en comparación con la importación a 15.1 % anual.

Capacidad instalada

La capacidad instalada de generación de energía eléctrica a diciembre de 2012 incluyendo exportación fue de 63 745 MW, 3.5 % mayor que la registrada en el año anterior. El 85.1 % de ese total correspondió al servicio público, de los

²³ La matriz energética se refiere a una representación cuantitativa de toda la energía disponible, en un determinado territorio, región, país, o continente para ser utilizada en los diversos procesos productivos.

Cuadro 2.2
Balance de energía eléctrica del Sistema Eléctrico Nacional, 2002-2012 (Gw)

Concepto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	tmca (%)
Generación total	203,767	210,154	218	228,270	235,471	243,522	247,369	246,838	256,402	272,901	278,086	3.2
Servicio Público Nacional	201,059	203,555	208,634	218,971	225,079	232,552	235,871	235,107	242,538	259,155	261,895	2.7
Termoeléctrica												
convencional	79,300	73,743	66,334	65,077	51,931	49,482	43,325	43,112	40,570	47,869	53,918	-3.8
Dual	13,879	13,859	7,915	14,275	13,875	13,375	6,883	12,299	10,649	11,547	11,214	-2.1
Ciclo combinado	44,765	55,047	72,267	73,381	91,064	102,674	107,830	113,900	115,865	119,300	119,300	10.3
Turboeas ¹	6,394	6,933	2,772	1,358	1,523	2,666	2,802	3,735	3,396	4,126	6,266	-0.2
Combustión interna ¹	555	751	610	780	854	1,139	1,234	1,241	1,242	1,131	1,150	7.6
Hidroelectrica	24,862	19,753	25,076	27,042	30,305	27,042	38,892	26,445	3,738	35,796	31,317	2.3
Carboelectrica	16,152	16,681	17,883	18,380	17,931	18,101	17,789	16,886	21,414	22,008	22,744	3.5
Nucleoelectrica	9,747	10,502	9,194	10,805	10,866	10,421	9,804	10,501	5,879	10,089	8,770	-1.1
Geotermoeléctrica	5,398	6,282	6,577	7,299	6,685	7,404	7,056	6,740	6,618	6,507	5,817	0.7
Eoloelectrica	7	5	6	5	45	248	255	249	166	106	1,398	69.8
Solar fotovoltaica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	n.a.
Importación	531	71	47	87	523	277	351	346	397	596	2,166	15.1
Servicio por particulares	2,176	6,528	9,112	9,212	9,869	10,693	11,147	11,386	13,467	13,150	14,025	20.5
Autoabastecimiento												
cogeneración y excedentes ²	2,176	6,528	9,112	9,212	9,869	10,693	11,147	11,386	13,467	11,150	14,025	20.5
Usos y ventas totales	203,767	210,154	217,792	228,270	235,471	243,522	247,369	246,838	256,402	272,902	278,086	3.2
Ventas nacionales sin												
exportación	160,203	160,384	163,509	169,757	175,371	180,469	183,913	182,518	187,814	202,226	207,711	2.6
Sector industrial	94,942	94,228	96,612	99,720	103,153	106,633	107,651	102,721	109,015	116,984	121,735	2.5
Sector residencial	39,032	39,861	40,733	42,531	44,835	47,451	47,451	49,407	49,407	52,505	52,771	3.1
Sector comercial	12,509	12,808	12,908	12,989	13,210	13,388	13,627	13,483	13,069	13,675	13,675	1.1
Sector agrícola	7,644	7,338	6,968	8,067	7,960	7,804	8,109	9,299	8,600	10,973	10,816	3.5
Sector servicios	6,076	6,149	6,288	6,450	6,596	6,809	6,074	7,723	7,723	8,089	8,388	3.3
Exportación	344	953	1,006	1,291	1,299	1,451	1,249	1,349	1,292	1,292	1,117	12.5
Pérdidas	30,920	33,084	34,901	37,418	39,600	40,504	41,409	42,452	44,252	45,602	44,050	3.6
Usos propios de generación												
transmisión y distribución	10,474	10,559	10,514	11,139	10,264	11,252	10,763	10,833	11,088	11,909	12,924	2.1
Autoabastecimiento a												
cargas remotas	1,827.0	5,174.0	7,862.0	8,665.0	8,937.0	9,846.0	9,832.0	9,786.0	11,899.0	11,871.0	12,283.0	21.0

¹ Incluye unidades fijas y móviles.
² Para autoabastecimiento remoto. En 2011 y 2012 incluye la energía entregada durante la fase de pruebas de las centrales Oaxaca I, II, III, IV y La Venta III (PIE).
³ Incluye porteo a exportación.
⁴ Incluye ajuste estadístico.
⁵ En los datos de 2004 y 2005 se incluye el porteo para exportación.
tmca=tasa media de crecimiento anual para el periodo 2002-2012.

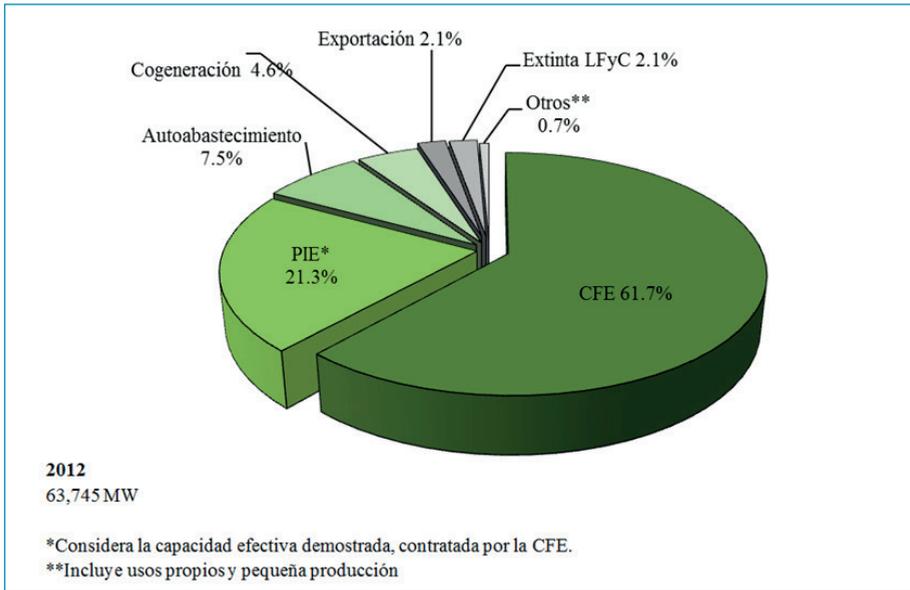
Fuente: Tomado de Sener (2013, 106).

cuales 39 362 MW corresponden a capacidad de CFE (61.7%), 13 616 MW a capacidad contratada mediante el esquema PIE (21.3%) y 1 334 MW a los activos de la extinta Luz y Fuerza del Centro (figura 2.4).

Permisarios

En 2012, la capacidad instalada para generación eléctrica por parte de los permisionarios sin considerar a los PIE fue de 9 432 MW, 2.8 % menor que lo registrado en el 2011. El autoabastecimiento incrementó su capacidad con 8.2 %,

Figura 2.4
Participación porcentual de la capacidad efectiva instalada nacional, 2012

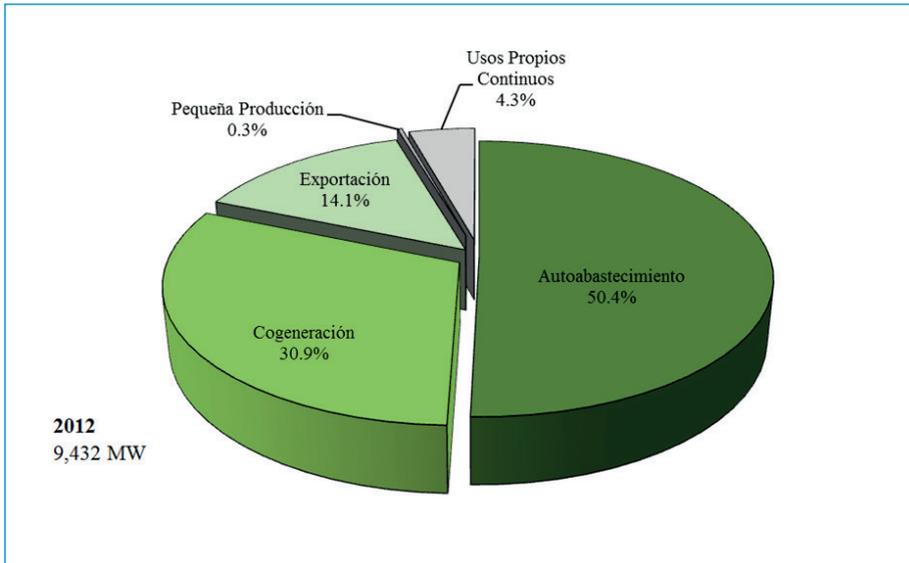


Fuente: Elaboración propia con base en (Sener 2013).

seguido de cogeneración con 1.3%. Sin embargo, los que figuran bajo la modalidad de usos propios continuos tuvieron una disminución en su capacidad instalada de 4.8%. La exportación y pequeña producción no tuvieron cambio, y se mantuvieron con 1 330.67 MW en conjunto. De esta manera, del total de capacidad por parte de los permisionarios de generación eléctrica sin considerar a los PIE, el autoabastecimiento concentró 50.4% (4 752.7 MW), la cogeneración 30.9% (2 914.4 MW), la exportación 14.1%, los usos propios continuos 4.3% y la pequeña producción 0.3%, composición que no ha variado en los últimos años (véase figura 2.5).

En el periodo 2002-2012, la capacidad instalada para generación eléctrica de permisionarios presentó una tasa media de crecimiento anual de 7.7. El registro de mayor crecimiento fue el de cogeneración con 9.9% en dicho periodo. Los permisionarios para usos propios registraron un decremento del 2.5% en promedio anual.

Figura 2.5
Participación porcentual de la capacidad
de generación eléctrica de permisionarios, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2013).

Servicio público

Durante el 2012, las diferentes adiciones, modificaciones y retiros de capacidad en el servicio público dieron como resultado un aumento en la capacidad instalada de 602.8 MW, 38.9% superior respecto a 2011. Destaca el estado de Oaxaca, en donde, por medio de la figura de los PIE, se adicionaron 510.9 MW de capacidad eólica; los años 2007 y 2012 han sido los más significativos en cuanto a la capacidad instalada de energía eólica se refiere, sobresaliendo estos años por un aumento de mucho más del doble en su capacidad instalada (cuadro 2.2).

En Michoacán se adicionaron 6.0 MW de nueva capacidad hidroeléctrica por medio de la puesta en marcha de la hidroeléctrica Zumpimito. En 2011 entró en operación el proyecto piloto de energía solar fotovoltaica con una capacidad de 1.0 MW en Santa Rosalía (Tres Vírgenes), Baja California Sur, buscando aprovechar la incidencia solar de esa región.

Figura 2.6
Regionalización estadística del mercado nacional de energía eléctrica



Fuente: Tomado de Sener (2013, 67).

En 2012, el porcentaje de participación en la capacidad de tecnologías que emplean fuentes fósiles como combustible fue de 72.6 %, equivalente a 38 550 MW; de este total, el ciclo combinado contribuyó con 18 029 MW, 33.9 % de capacidad instalada. A esta tecnología le siguen las plantas termoeléctricas convencionales con 22.4 % y las restantes con 16.2 % del total de capacidad instalada (cuadro 2.3).

En lo que respecta a la participación de tecnologías a partir fuentes no fósiles, éstas representaron 27.4 % de la capacidad instalada del servicio público. Destaca la tecnología hidroeléctrica con una participación de 11 544 MW al 2012, 21.8 %, del total de capacidad, lo que la ubica en tercera posición dentro de la participación por tipos de centrales. Las tecnologías geotermoeléctricas, eololéctricas, nuclear y solar fotovoltaica sumaron en conjunto 5.7 por ciento.

A *grosso modo* se muestra el balance de la energía eléctrica en México, sin embargo, con el fin de analizar de manera más detallada la capacidad instalada

regional y estadística, se utiliza la regionalización estadística del mercado nacional de energía eléctrica, la cual está organizada en cinco regiones, como se muestra en la figura 2.6. Estas regiones fueron establecidas por el Ejecutivo Federal con el fin de identificar y entender mejor el comportamiento regional de las ventas de energía eléctrica, por lo cual la Sener realiza sus estadísticas y prospectivas con base en esta regionalización.

Distribución geográfica de la producción del sector eléctrico por región y tipo de tecnología

Los análisis y datos por región de este apartado presentan la capacidad instalada, que es la potencia máxima que se puede obtener de centrales de generación de energía eléctrica sincronizadas al Sistema Eléctrico Nacional. Al mismo tiempo, se presentan datos de generación bruta de energía, que se refiere a la energía producida en las centrales eléctricas, considerando la energía utilizada en los usos propios de la central así como la cantidad de usuarios por región.

La disponibilidad de los recursos energéticos, infraestructura y ubicación respecto a los centros de demanda se presentan como factores que determinan la capacidad instalada del país y la distribución entre sus estados. A su vez, la infraestructura de la red eléctrica junto con la ubicación de las centrales se traducen como elementos que configuran la organización territorial de la industria eléctrica y que se ven reflejados de forma concreta en la producción, consumo y, por ende, en la capacidad instalada de este sector (figura 2.7).

Capacidad instalada y generación bruta de generación de energía eléctrica por región

En el año 2012, con base en la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027, la capacidad instalada fue de 53 114 MW, y la región con mayor capacidad fue la Sur-Sureste con 19 106 MW, seguido de la Noreste con 13 672 MW, la Centro

Occidente con 8 130 MW, la Noroeste con 6 912 MW y la región Centro con 5 292 MW (cuadro 2.3).

Por su parte, la generación bruta fue de 263 115.3 GWh. La región con mayor generación de este tipo fue la Noreste con el 34.3 % respecto a la capacidad bruta total, seguido de la Sur-Sureste con el 34.2 %. Del mismo modo, la capacidad instalada en el servicio público fue de 53 114.2 MW (cuadro 2.4); estas mismas regiones fueron las que tuvieron una mayor participación porcentual en cuanto a capacidad instalada se refiere; la región con mayor capacidad fue la Sur-Sureste con 36 %, seguido de la Noreste con 25.7 %. La región Centro-Occidente tuvo una generación bruta de 33 951.6 GWh, la Noroeste de 29 125.7 GWh, y la Centro 19 414.3 GWh; en este mismo orden, la capacidad instalada se presentó en las regiones mencionadas, con una participación porcentual de 15.3, 13.0 y 10.0 %, respectivamente.

Esto evidencia que en la mayoría de las regiones la generación bruta está estrechamente relacionada con la capacidad instalada, es decir, la disponibilidad del recurso energético, la infraestructura y su ubicación con respecto a los centros de demanda son factores que están ingiriendo en la generación de energía. No obstante, existen casos que cabe destacar, como la región Sur-Sureste y Noreste, en donde tanto su capacidad instalada como su generación bruta ha presentado una tasa de decrecimiento anual, aunque esta última en menor medida. A su vez, ambas regiones son las únicas que tuvieron una participación significativa en capacidad efectiva instalada regional del servicio público, por medio de tecnología eólica (cuadro 2.3).

Lo anterior se debe al proceso de transición energética en el periodo del 2002 al 2012, entre diversas fuentes de energía; tal es el caso de las termoelectricas convencionales y las centrales turbogás, que, particularmente para el caso de la región Noreste, están siendo sustituidas por centrales de ciclo combinado; y del incremento de las centrales de energía eólica en la región Sur-Sureste, estas centrales eólicas presentan una tasa de crecimiento media anual en su capacidad instalada de 13.6 %, respectivamente.

Noroeste

Esta región de una capacidad instalada de 6 205 MW que tenía en el 2002 presentó una tasa de crecimiento media anual de 1.1% respecto al 2012 al alcanzar 6 912 MW (cuadro 2.3). La tecnología con mayor participación en el 2012 fue la termoeléctrica convencional con 35.9% del total, seguida de ciclo combinado con 28.9%; turbogás y combustión interna participaron con 13.1% en conjunto. Las fuentes alternas o energías renovables tuvieron una participación de 8.04%, 581.6 MW y las hidroeléctricas con 941.2 MW, equivalente a 13.6% del total de capacidad instalada en esa región.

Para el periodo 2002-2012, en esta región las centrales de ciclo combinado tuvieron la mayor tasa de crecimiento con 10.5% anual, destacando las centrales PIE con un crecimiento más rápido del 15.4% de capacidad. En este periodo, las terminales de tecnología eólica tuvieron una tasa decreciente de 5.0%, reportándose, en el 2012, 0.6 MW de capacidad. También se adicionaron capacidades a esta región mediante terminales solares fotovoltaicas con 1 MW.

En cuanto a la generación bruta, esta región representa el 11.1% del total nacional; no obstante, posee la mayor generación de tres de las tecnologías con mayor participación en la generación bruta a nivel nacional, como son la de combustión interna que, con el 6.02% de participación porcentual regional, representa el 99.7% de la producción nacional; otras tecnologías que destacan en la región son la termoeléctrica con 28.7%, geotérmica con 14.6%, solar fotovoltaica con 0.03% y eólica con un 0.01%; esta última, aun con una participación porcentual regional mucho menor que las demás, pero con el 0.1% de participación nacional en este tipo de energía, es considerada la segunda región con mayor generación de energía eólica (figura 2.7).

La geotermia en la región representa el 66.2% del total de la generación bruta nacional y la tecnología fotovoltaica el 100%, ya que hasta el 2012 esta región es la única que contaba con proyectos de generación de energía eléctrica con esta tecnología, particularmente en el estado de Baja California.

Dentro de las principales centrales generadoras en la región sobresale la hidroeléctrica, la termoeléctrica y con una menor presencia, la geotérmica. Se presentaron decrementos en capacidades geotermoeléctricas en el estado

de Baja California en las plantas 3 y 4 por 75 MW, asociados a la declinación natural del yacimiento geotérmico (véase cuadro 2.4).

La red de líneas de transmisión en esta región, en general, sigue la misma configuración espacial que la de la red carretera, una red simple que va a lo largo de las zonas costeras y que no está interconectada con la Península de Baja California (figura 2.7).

Noreste

La región Noreste ha mantenido poco más de 13 000 MW de capacidad efectiva durante los últimos cuatro años. De esta capacidad, 61.9% corresponde a terminales de ciclo combinado, 19.0% a terminales carboeléctricas y 14.9% a termoeléctricas convencionales. Durante el periodo de 2002-2012, esta última tecnología presentó una tasa de decrecimiento anual de 3.1%; de igual forma, las capacidad de generación con tecnología turbogás presentó una tasa negativa de 6.1% en su capacidad efectiva para esta región (cuadro 2.3).

A nivel nacional esta región posee la mayor generación bruta con 90 390.2 GWh, lo que equivale al 34.4% del total nacional. Esta región tiene dos de las tecnologías para generación de energía eléctrica con la mayor generación bruta a nivel nacional: la tecnología de generación distribuida,²⁴ que a nivel nacional presenta un 81.3% y que el ciclo combinado que representa 50.1% de la generación bruta nacional. Por lo tanto, de la generación bruta en la región, la mayor parte se produce a través de centrales de ciclo combinado, 72.5%, mientras que el 19.9% procede de centrales carboeléctricas; los datos

²⁴ La Agencia Internacional de la Energía (IEA 2002) la define como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución, en baja tensión [40]. Asimismo, se asocia a tecnologías como motores, mini y microturbinas, pilas de combustible y energía solar. El esquema de generación distribuida puede darse en dos modalidades: mediante sistemas aislados en sitios remotos, donde aún no hay acceso al servicio convencional, y con sistemas interconectados a la red eléctrica, donde ésta se encuentra ya disponible.

anteriores están íntimamente relacionados con la vocación industrial del territorio de esta región y la existencia de una cuenca carbonífera (figura 2.7).

Las principales centrales generadoras son en su mayoría termoeléctricas y algunas hidroeléctricas, particularmente en la zona fronteriza. La red eléctrica tiene una configuración espacial radiocéntrica que está interconectada con las principales centrales generadoras.

Centro-Occidente

Para el 2012, la capacidad instalada en la región Centro-Occidente fue de 8 130 MW; del total en la región, destaca la participación de terminales hidroeléctricas cuya participación fue de 32.9%. En los últimos diez años, el crecimiento promedio anual para la región Centro-Occidente fue de 2.2%, donde las terminales de ciclo combinado han tenido un crecimiento de 10.7% en promedio anual. Cabe mencionar que centrales de fuentes renovables como las geotérmicas han presentado un incremento promedio de capacidad de 8.1% anual (cuadro 2.3).

En el 2012, esta región se ubicó como la segunda con más consumo de energía, con más de 45 000 GWh, y la tercera región con mayor generación bruta con una participación porcentual nacional del 12.9%. Pese a que en capacidad instalada destacan las centrales hidroeléctricas, en generación bruta destaca la participación de centrales de ciclo combinado, con 52.1%, las termoeléctricas contribuyen con el 24.01%, mientras que sólo 19.3% de la generación total corresponde a las centrales hidroeléctricas, pese a que en la región existen más centrales de este tipo que termoeléctricas o geotérmicas (figura 2.7). Esta región es la segunda en generación de energía geotérmica a pesar de ser la que cuenta con más plantas geotérmicas.

Centro

Por tres años consecutivos, esta región no tuvo variaciones de capacidad, por lo que se mantuvo en 5 291 MW. A nivel nacional, esta región participa con

10.0 % de la capacidad total, siendo la de menor capacidad instalada y es también la que presenta la menor tasa de crecimiento anual desde el año 2002 con 2.1 %. En esta región predominan las centrales de ciclo combinado, las cuales cubren 11.3 % de la capacidad; por su parte, las centrales geotérmicas participan con 4.8 %, turbogás con 2.8 % e hidroeléctricas con 0.6 %. Mientras tanto, las centrales termoeléctricas convencionales presentaron una tasa de decrecimiento anual de 0.8 % (cuadro 2.3)

Esta región es la más pequeña en cuanto a superficie y estados que abarca; durante el 2012, esta región participó con el 7.4 % de la generación bruta total del país, siendo la región con menor participación porcentual del país; no ocurre lo mismo con el consumo de electricidad, ya que ocupa el tercer lugar, con más de 45 000 gwh. Los dos tipos de centrales que más participan en la generación eléctrica son las de ciclo combinado con 40.1 % y las termoeléctricas con 37.6 % del total nacional. El 11.6 % de la generación bruta es producida por medio de centrales hidroeléctricas, mientras que el 7.54 % por medio de generación distribuida (figura 2.7). La mayor cantidad de centrales hidroeléctricas se encuentran en los límites de la región y están interconectadas con la red de tipo radiocéntrica que presenta esta región en su configuración espacial.

Sur-Sureste

A nivel nacional, esta región cuenta con la mayor capacidad instalada, 19 105.8 MW, lo que equivale a 36.0 % del total nacional. Como resultado de las adiciones de capacidad en Oaxaca por 510.9 MW y la repotenciación de las turbinas de vapor la central nucleoelectrica Laguna Verde por 245.1 MW, esta región presentó un incremento en su capacidad con respecto al año 2011 de 3.9 %. El 62 % provino de fuentes no fósiles, de las cuales las centrales hidroeléctricas tuvieron una capacidad instalada de 7 073.2 MW. En promedio, el crecimiento de esta región durante el periodo 2002-2012 ha presentado una tasa de crecimiento anual de 3.1 %, siendo las centrales de generación con base en energía eólica las de mayor crecimiento medio, con 76.8 % (cuadro 2.3).

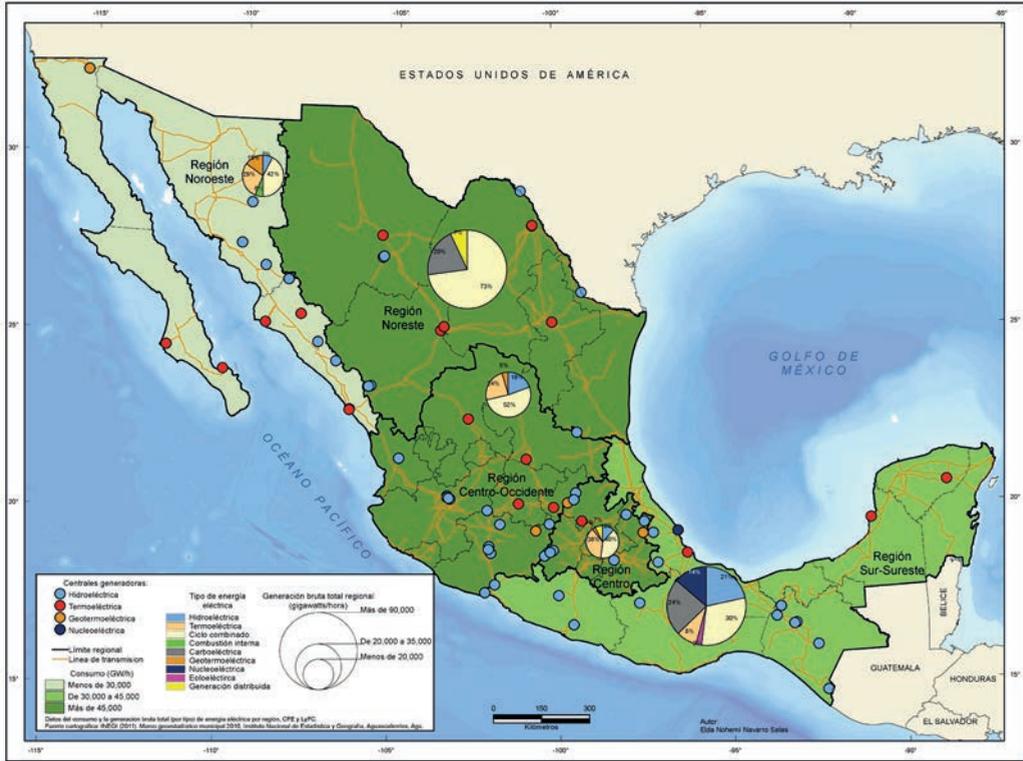
Cuadro 2.3
Evolución de la capacidad efectiva instalada del servicio público por región y tecnología, 2002-2012 (MW)

Región	2002	2012	tmca (%)
Total	41,177	53,114	2.6
Noroeste	6,205	6,912	1.1
Hidroeléctrica	941	941	0.0
Termoeléctrica com.	2,895	2,485	-1.5
Ciclo combinado	734	1,997	10.5
CFE	496	1,000	7.3
PIE	238	997	15.4
Turbogás	768	663	-1.5
Combustión intern.	137	244	6.0
Geotérmica	730	580	-2.3
Eólica	1	1	-5.0
Solar fotovoltaica	0	1	n.a.
Noreste	10,013	13,672	3.2
Hidroeléctrica	126	126	0.0
Termoeléctrica com.	2,789	2,036	-3.1
Ciclo combinado	3,659	8,465	8.7
CFE	1,973	2,420	2.1
PIE	1,687	6,046	13.6
Turbogás	839	445	-6.1
Carboeléctrica	2,600	2,600	0.0
Centro-Occidente	6,520	8,130	2.2
Hidroeléctrica	1,881	2,675	3.6
Termoeléctrica com.	3,466	2,550	-3.0
Ciclo combinado	810	2,240	10.7
CFE	218	610	10.8
PIE	592	1,630	10.7
Turbogás	275	473	5.6
Combustión intern.	1	1	1.7
Geotérmica	88	192	8.1
Centro	4,296	5,291	2.1
Hidroeléctrica	684	729	0.6
Termoeléctrica com.	2,474	2,280	-0.8
Ciclo combinado	489	1,420	11.3
CFE	489	1,420	11.3
Turbogás	623	822	2.8
Geotérmica	25	40	4.8
Sur- Sureste	14,140	19,106	3.1
Hidroeléctrica	5,976	7,073	3.1
Termoeléctrica com.	2,659	2,573	-0.3
Ciclo combinado	1,651	3,906	9.0
CFE	672	672	0
PIE	979	3,234	12.7
Turbogás	385	565	3.9
Combustión intern.	2	3	4.8
Dual	2,100	2,100	0.0
Carboeléctrica	0	678	n.a.
Eólica	2	597	76.8
CFE	2	86	45.7
PIE	0	511	n.a.
Nuclear	1,365	1,610	1.7
Plantas móviles¹	3	3	0.4

¹ Plantas de combustión interna móviles.
tmca= tasa media de crecimiento anual 2002-2012

Fuente: Tomado de Sener (2013, 82).

Figura 2.7
Consumo y generación bruta de energía eléctrica,
por región y tipo de tecnología, 2013



Fuente: INEGI (2011).

En el año 2012, los PIE participaron con cerca de los 511 mw del total de capacidad de fuente eólica. Las centrales de ciclo combinado ocupan la segunda posición con 9.0 % de crecimiento anual entre el 2002 y 2012. Mientras, las centrales termoeléctricas tuvieron un decrecimiento de 0.3 % a lo largo de este periodo.

A nivel nacional, es la segunda región con mayor generación bruta (90 233.5 gwh) y representa el 34.3 % del total nacional, pero sólo el 14.9 % del consumo nacional con 30 841.1 gwh. Esto evidencia que esta región, pese a su alta generación bruta, posee la menor cantidad de consumo a nivel nacional. Tiene la mayor aportación nacional de generación bruta mediante centrales

hidroeléctricas con el 63.3 % (19 324.2 GWh), a pesar de que esta tecnología sólo tiene una participación porcentual regional del 21.42 % de la generación bruta total regional; el mayor porcentaje de generación bruta, para la región Sur-Sureste, proviene de las centrales de ciclo combinado con el 30.3 %, una central carboeléctrica que aporta el 23.4 % de la generación bruta regional, mientras que el 13.62 % procede de una central nucleoelectrica (figura 2.7)

Esta región posee cuatro tipos de centrales eléctricas con la mayor participación porcentual de generación bruta a nivel nacional: dos de éstas, la nucleoelectrica y la eólica, participan con el 100 % y 99.9 % de la generación bruta nacional concentrada en la región, respectivamente. Por su parte, la carboeléctrica y el turbogás son las otras dos tecnologías de la región que representan el 54.04 y el 45.4 % de la generación bruta nacional.

Las líneas de transmisión se encuentran interconectadas a las ciudades principales y, por ende, a las plantas generadoras principales, por medio de una configuración espacial de red simple que sigue la lógica de la red carretera y que va a lo largo de la costa del golfo de México, con un eje troncal que cruza el estado de Chiapas de norte a sur.

Estructura territorial del sector eléctrico en México

a) Distribución espacial de la infraestructura para la transmisión de energía eléctrica, 2002-2012

La figura 2.8 muestra la distribución de las principales líneas de transmisión a lo largo del territorio mexicano, según capacidad de transmisión en kilowatts; en términos generales, la configuración de la red muestra una estructura espacial radial y concéntrica. Las líneas de transmisión se presentan en rojo, las de mayor tensión están aglomeradas en el centro del país y con un eje transversal hacia el norte; en este sentido, este tipo de líneas de transmisión se encuentran directamente relacionadas al suministro de las ciudades principales y de forma paralela, a la red carretera. Ambas penínsulas presentan líneas de transmisión con una tensión menor a 115 kilovoltios, y en particular, la península de Baja

California destaca por presentar dos sistemas independientes, uno al norte y otro al sur, con respecto al Sistema Interconectado que abarca el resto del país.

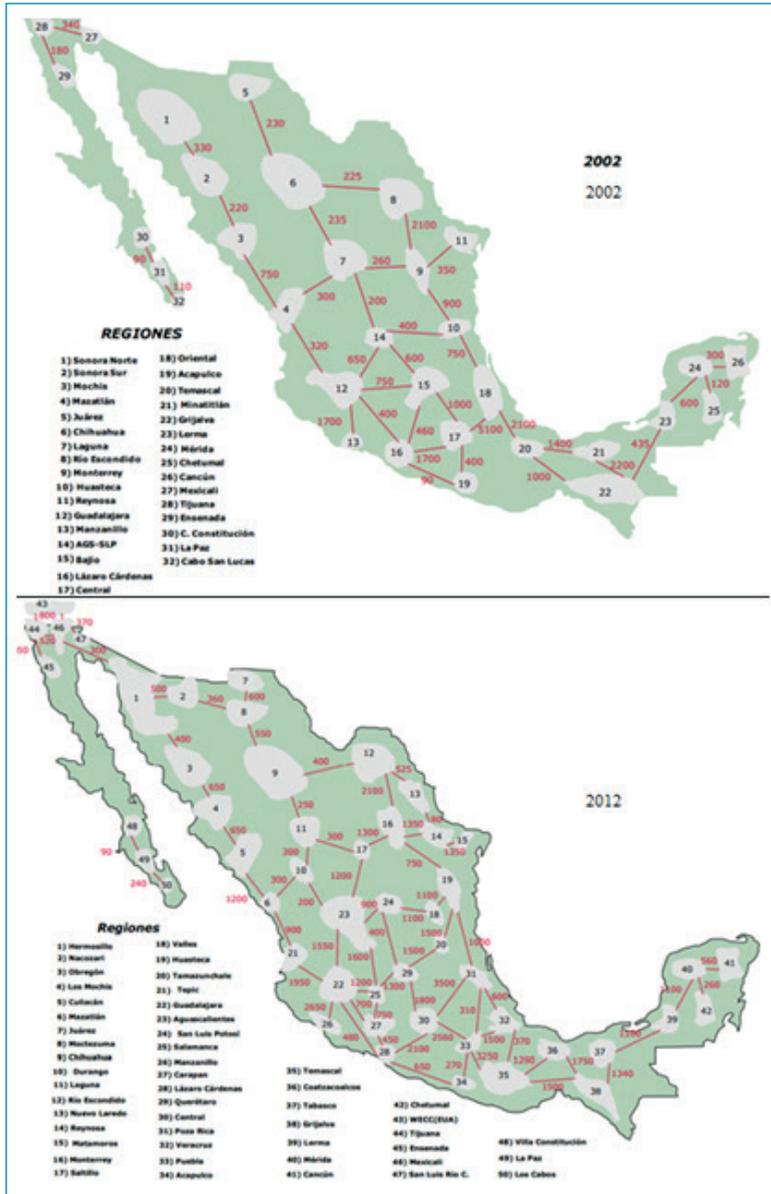
i. Estructura de la transmisión y distribución

La infraestructura de transmisión y distribución del SEN hace posible la transformación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica a lo largo de todo el país. Esta infraestructura es operada por áreas de control que mantienen la confiabilidad e integridad del sistema. Las áreas supervisan que la demanda de energía eléctrica esté balanceada en todo instante con la oferta de energía eléctrica (Sener 2006c). A su vez, y de acuerdo con la estructura de distribución del mercado eléctrico nacional antes mencionada, la red de transmisión y distribución de energía eléctrica del país se constituyó de dos partes, la correspondiente a la CFE y la correspondiente a la extinta LYFC, cuyas operaciones se focalizaban en la parte central del país.

De acuerdo con el Programa de Obras e Inversiones del sector Eléctrico (Poise 2008), la CFE cuenta con una red de transmisión troncal integrada por líneas de transmisión y subestaciones de potencia a muy alta tensión (400 kV y 230 kV), que permiten conducir grandes cantidades de energía entre regiones alejadas. Éstas se alimentan de las centrales generadoras y abastecen las redes de subtransmisión y las instalaciones de algunos usuarios industriales. Las redes de subtransmisión son de cobertura regional, utilizan líneas de alta tensión (69 kV a 161 kV), y se caracterizan por suministrar energía a redes de distribución en media tensión y a cargas de usuarios conectadas en alta tensión. Las redes de distribución en media y baja tensión suministran la energía transmitida en el rango de 2.4 kV a 34.5 kV dentro de zonas relativamente pequeñas; la red de la extinta LYFC incluye niveles de tensión de 6.6 kV a 400 kV y líneas subterráneas, además de líneas de distribución en baja tensión.

Entre el 2002 y 2012, la red se extendió 178 105 kilómetros con una tasa media de crecimiento anual de 2.4%, las líneas de 400 kV se expandieron en promedio anual 5.0%, 9 124 km de incremento durante esa década. Las líneas correspondientes a la extinta LYFC tuvieron el mayor aumento, equivalente a

Figura 2.8
Capacidad de transmisión entre regiones del SEN, 2002 y 2012 (mw)



Fuente: Tomado de Sener (2006, 2013).

56 422 km, lo cual correspondió a una tasa media de crecimiento anual de 11.0% durante el mismo periodo (véase figura 2.8).

La red eléctrica principal de transmisión se ha desarrollado tomando en cuenta la magnitud y dispersión geográfica de la demanda, así como la localización de las centrales generadoras. En ciertas áreas del país los centros de generación y consumo de electricidad se encuentran alejados entre sí, por lo cual su interconexión se ha realizado de manera gradual (2008).

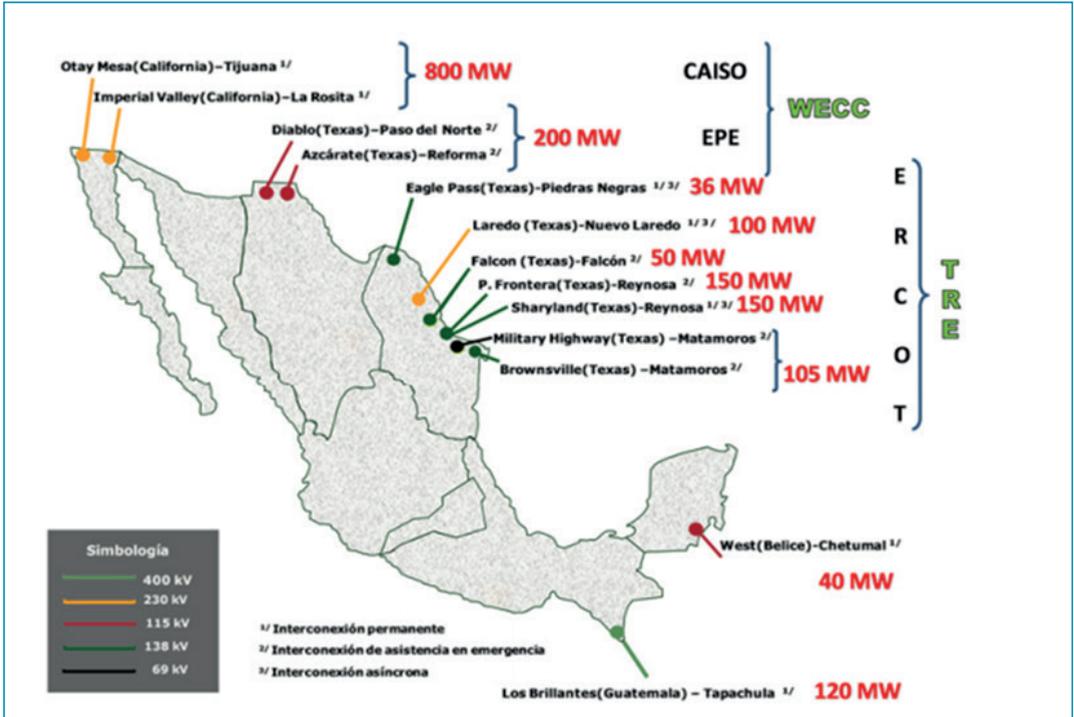
No obstante, aún es necesario facilitar el diseño, construcción y operación de las formas de transmisión y distribución de energía provenientes de fuentes renovables, con el fin de diversificar las principales fuentes de generación de energía. A su vez, se requiere una planeación más territorial, en el sentido de buscar una mayor cobertura y conectividad de la red eléctrica, sin dejar de lado a los estratos con menos recursos económicos.

ii) Interconexiones y comercio exterior de energía eléctrica

De las nueve áreas eléctricas del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) siete operan interconectadas de modo permanente y conforman el Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual cubre la mayor parte del territorio del país. Actualmente, sólo las regiones 7 y 8 que corresponden a los estados de Baja California y Baja California Sur operan de manera aislada del resto del sistema y entre ellos.

De esta manera, el SEN está interconectado a diferentes niveles de tensión con Estados Unidos, Belice y Guatemala con el fin de comercializar electricidad. En la frontera sur se encuentra una interconexión entre México y Belice, así como otra entre México y Guatemala (véase figura 2.9). El comercio de energía eléctrica en la frontera Norte se realiza por medio del SEN y dos consejos regionales de confiabilidad de Estados Unidos, que tienen contacto con la frontera y que operan mediante enlaces asíncronos. El Consejo de Coordinación Eléctrica del Oeste (WECC, Western Electricity Coordinating Council) abarca una superficie de aproximadamente 1.8 millones de millas cuadradas (4.7 millones de km²), por lo que es el más grande y diverso de

Figura 2.9
Enlaces e interconexiones internacionales, 2012 (mw)



Fuente: Tomado de Sener (2013, 104).

los consejos que integran a la Corporación Norteamericana de Confiabilidad Eléctrica (NERC, por sus siglas en inglés).

Es importante señalar que los mayores flujos de comercio exterior de energía eléctrica con Estados Unidos se realizan mediante las interconexiones SEN-WECC. El WECC se enlaza con el SEN en Baja California mediante dos subestaciones principales ubicadas en California (Otay Mesa e Imperial Valley) a través de una interconexión síncrona y permanente.

Los miembros del WECC en Estados Unidos están localizados en los estados de California, Arizona, Nuevo México y una pequeña parte de Texas; mientras que el sistema de la CFE que mantiene dichas interconexiones está

Cuadro 2.4 Comercio exterior de energía eléctrica (gwh), 2002-2012

Entidad Federativa	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Exportación											
Chiapas ¹	0	0	0	1	2	2	3	22	349	504	231
Baja California ²	164	765	770	1,037	1,072	1,211	1,197	984	830	600	643
Chihuahua ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
Tamaulipas ⁴	0	0	0	0	16	13	4	27	10	18	5
Quintana Roo ⁵	180	188	236	253	209	225	248	215	160	170	238
Total	344	953	1,006	1,291	1,299	1,451	1,452	1,249	1,348	1,292	1,117
Importación											
Baja California ²	311	45	39	75	514	266	340	280	221	261	341
Sonora ⁶	5	5	6	6	6	6	6	6	6	4	3
Chihuahua ⁷	189	21	2	6	3	3	3	3	3	59	278
Tamaulipas ⁴	26	0	0	0	1	3	3	57	168	269	1,517
Chiapas ¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	27
Total	531	71	47	87	523	277	351	346	397	596	2,166
Balanza Comercial	-187	882	959	1,204	776	1,174	1,102	904	951	696	-1049

¹ Guatemala
² San Diego Gas & Electric, Arizona Public Service, Imperial Irrigation District, Sempra Energy Trading y CAISO (EUA)
³ American Electric Power (AEP)(EUA)
⁴ American Electric Power (AEP) y Sharyland Utilities (SU), EUA.
⁵ Belze Electricity Limited (BEL)(Belice)
⁶ Trico Electric Cooperative, Inc. y Unisource Energy Services, EUA.
⁷ El Paso Electric Co. Rio Grande Electric Cooperative, Inc. Y American Electric Power (EUA)

Fuente: Tomado de Sener (2013, 10).

ubicado en Baja California, Sonora y Chihuahua. Las interconexiones entre ambos sistemas en Baja California hacen factible contar con una capacidad de 800 MW para líneas con un nivel de tensión de 230 kV, mismas que son operadas por California ISO (CAISO). Las subestaciones Diablo y Azcárate de Estados Unidos forman parte de una red del Oeste de Texas y Sur de Nuevo México que opera El Paso Electric Company (EPE), pero que también supervisa y evalúa el WECC.

Existe otra interconexión en Ciudad Juárez, Chihuahua, mediante las subestaciones Insurgentes y Riverena que se interconectan con dos subestaciones del lado estadounidense en El Paso, Texas. Esta interconexión es síncrona y opera sólo en situaciones de emergencia en un nivel de tensión de 115 kilovoltios (kV), con capacidad de transmisión de 200 MW (Poise 2008; Sener 2013).

En 2012, la energía eléctrica exportada se ubicó en 1 117 GWh, 13.5 % menos que el año 2011, mientras que la importación registró 2 166 GWh, incrementándose 1 570 GWh más que el año anterior. De esta manera, la balanza comercial de electricidad se ubicó con un saldo negativo de 1 049 GWh (véase

cuadro 2.4). En cuanto a las exportaciones, incluyendo el porteo,²⁵ el estado de Baja California registró el mayor flujo de energía con 643 GWh, equivalente al 57.6% del total. Por el lado de las importaciones, Tamaulipas, que es un importador histórico neto de electricidad, concentró el mayor flujo con 1 517 GWh, o 70% del total, el cual se ha incrementado a una tasa anual de 50.1% en el periodo 2002-2012.

Por otro lado, se tiene el proyecto de interconexión del área de Baja California al SIN, con el cual se podrían compartir recursos de generación del sistema para atender la demanda de punta en dicha área, además de atender transacciones de potencia y energía entre el SIN y el WECC en el área de California. Hasta ahora, el proyecto ha sido aplazado y la nueva fecha programada para el inicio de sus operaciones es 2015.

Características del sector eléctrico, consumo y demanda regional de electricidad por tipo de usuario y entidad federativa

El consumo nacional de electricidad²⁶ está compuesto por dos categorías cuya diferencia radica en el origen de la energía generada y el destino de la misma: 1) las ventas internas de energía eléctrica, las cuales consideran la energía entregada a los usuarios con recursos de generación del sector público, incluyendo a los productores independientes de energía, y 2) autogeneración, que incluye a los permisionarios de autoabastecimiento, cogeneración e importación de electricidad.

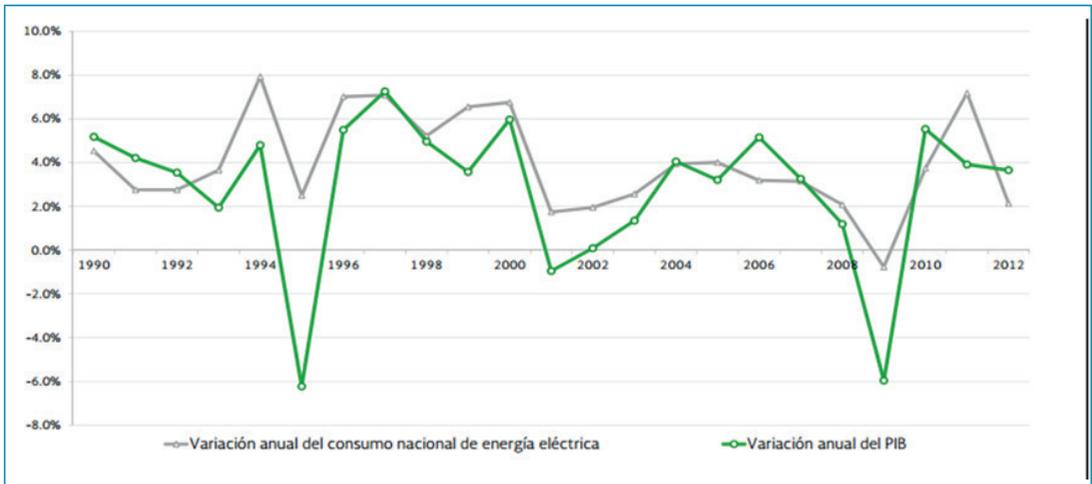
²⁵ Tipo de convenio que establece que el suministrador recibe la energía eléctrica de la central de generación en el punto de interconexión y la transporta hasta los centros de carga del permisionario de acuerdo con la capacidad de porteo contratada para cada uno de ellos. El convenio ofrece alternativas que dependen de las opciones de ajuste del factor de reparto y de la aplicación de un cargo mínimo o normal por uso de la red.

²⁶ El consumo nacional de electricidad se define como “la energía entregada a los usuarios con recursos de generación del sector público, proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, productores independientes y de contratos de importación de energía” (Sener 2013).

En términos generales, el consumo de energía eléctrica tiene una correlación positiva con el ritmo de la actividad económica, lo cual implica que ante la variación anual en el PIB. El consumo de energía eléctrica presenta un comportamiento en la misma dirección, aunque no necesariamente en igual magnitud. Al existir una relación muy estrecha entre el comportamiento de la economía mexicana y el consumo de electricidad, coexisten externalidades como la recesión económica del año 2009 y la crisis financiera de 1994-1995 que generaron una disminución drástica en los niveles de consumo, ya que en el año 2012, el consumo nacional de energía eléctrica alcanzó 234 219 gwh, 2.1 % mayor que el año anterior, mientras que el PIB creció 3.7 % (figura 2.10).

Según el Conapo y el INEGI (2013), el consumo de energía per cápita fue 75.18 GJ en 2012, 0.8 % mayor que en 2011. En ese año, la población mexicana pasó de 115.7 a 117.05 millones de habitantes, lo que representó un crecimiento de 1.2 %, mientras que el consumo nacional de energía creció 2.0 %. En el periodo de 2002 a 2012, el consumo de energía per cápita creció 1.7 % en

Figura 2.10
Evolución del PIB y del consumo nacional de energía eléctrica,
1990-2012 (variación anual)



Fuente: Tomado de Sener (2014) con información de INEGI y CFE.

promedio anualmente. Por lo anterior, se afirma que al crecer la economía y al crecer la población, crece paralelamente la demanda de electricidad.

Para las ventas internas de energía eléctrica por sector, la tasa media de crecimiento en el periodo 2002-2012 fue de 2.6%; esta cifra fue mucho menor que la registrada en el periodo anterior (1992-2002), pese a la constante incorporación de nuevos usuarios así como la regularización de otros.

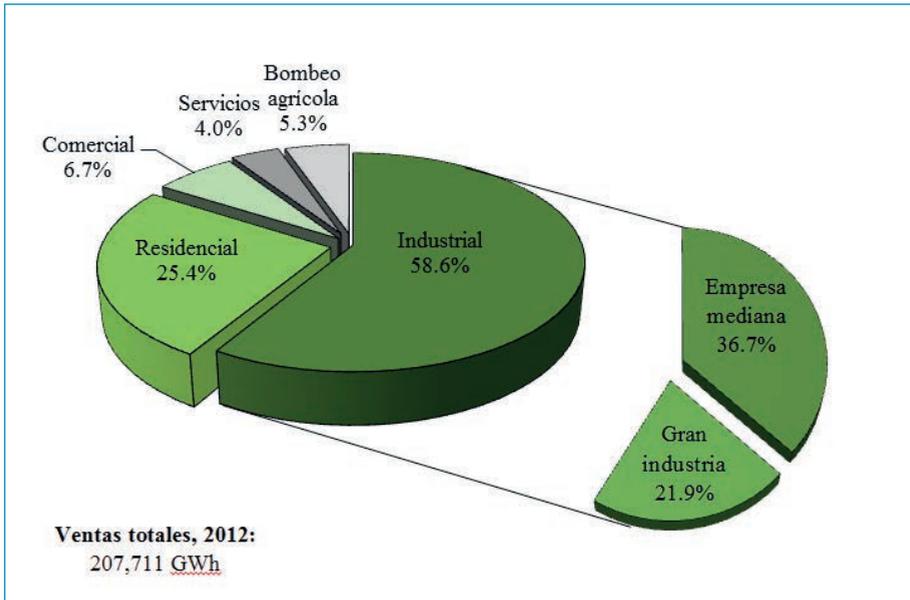
a) Ventas sectoriales

De acuerdo al consumo final, las ventas internas del sector eléctrico se clasifican en cinco sectores: bombeo agrícola, industrial, residencial, comercial y servicios. En orden de magnitud, el sector industrial es el principal consumidor de energía eléctrica, dada la infinidad de sistemas y procesos de producción que hacen uso de este tipo de energía. En 2012, este sector consumió 58.6% del total de las ventas del servicio público, equivalente a 121 735 Gwh, de los cuales 36.7% correspondieron a la mediana empresa y el restante 21.9%, a la gran industria; 76 201 y 45 525 Gwh, respectivamente. Cabe señalar que este sector presenta dos características que determinan su participación en la demanda de electricidad: el alto consumo y la amplitud en los horarios de demanda (véase figura 2.11).

El segundo lugar en ventas fue el sector residencial, con 25.4% del total; sus ventas equivalieron a 52 771 Gwh, 266 Gwh mayor que en 2011. Para el sector comercial, las ventas registradas fueron de 14 001 Gwh y en el sector servicios fueron de 8 388 Gwh. En conjunto, estos sectores representan 10.7% del total de las ventas; el restante 5.3% correspondió al bombeo agrícola, que reportó ventas de 10 816 Gwh.

El sector que ha mostrado el mayor dinamismo en el consumo de electricidad durante el periodo 2002-2012 es el de bombeo agrícola, con una tasa de crecimiento anual de 3.5%, seguido por el residencial con 3.3% y la mediana empresa con un 3.2%; por otro lado, el sector con menor dinamismo fue el sector comercial, con un crecimiento de tan sólo 1.1%. Conviene señalar que uno

Figura 2.11
Ventas internas de energía eléctrica por sector, 2012 (% del total)



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2013).

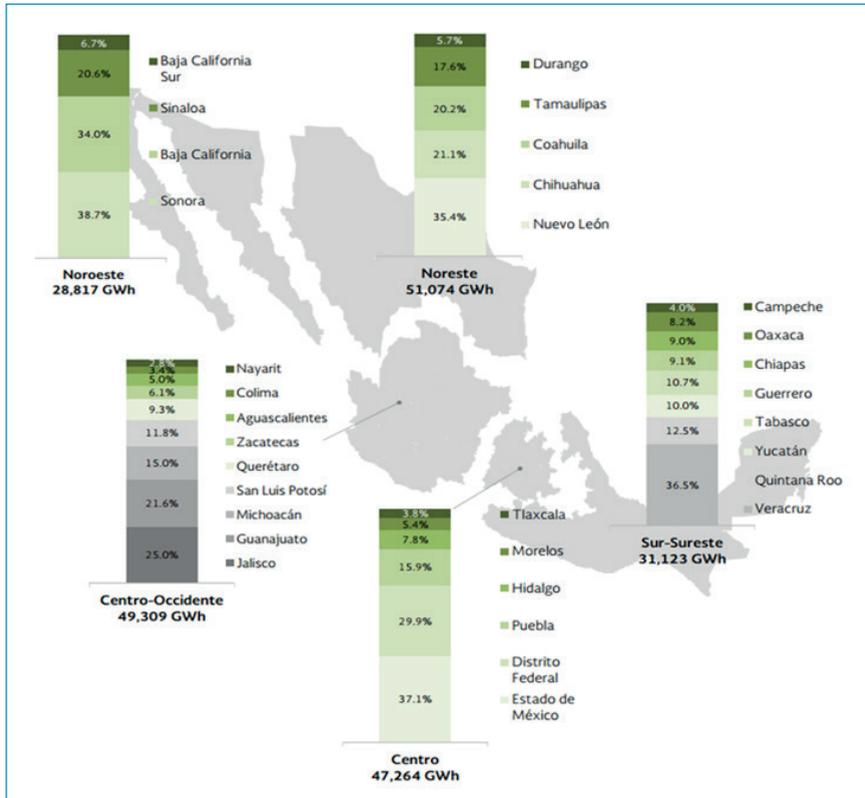
de los subsidios más elevados que se otorgan en el sector agrícola corresponde a las “tarifas de estímulo” en la energía eléctrica para bombeo de agua para riego.

ii) Ventas de energía eléctrica por usuario y entidad federativa, 2012

Resulta fundamental analizar la relación ventas/usuarios de energía eléctrica por zona geográfica, con el fin de revisar la tendencia y necesidades de cada región del país. Sin embargo, vale la pena desagregar la información estadística a nivel estatal para visualizar las características específicas de la demanda de electricidad.

En términos generales, del total de ventas de energía eléctrica, la región que presentó la mayor participación fue la Noreste con 24.6%, en la que destaca el estado de Nuevo León (figura 2.12). Esto se debe a su amplio desarrollo

Figura 2.12
Estructura de las ventas internas por entidad federativa y región estadística, 2012



Fuente: Tomado de Sener (2013, 68).

industrial y manufacturero, en donde las ramas de este sector (siderúrgica, cementera, química, vidrio, entre otras) hacen uso intensivamente de energía eléctrica.

La segunda región con participación significativa fue Centro Occidente, con 23.7 %, en donde resalta el estado de Jalisco. Al interior de esta región existen varias zonas urbanas que concentran el consumo de energía eléctrica, como son Guadalajara, Querétaro, León, entre otras, esto debido al desarrollo constante de la industria en esta región. Enseguida, la región Centro participa con 22.8 % de ventas, en la que sobresale el Estado de México con 14 129.2

GWh. La alta densidad poblacional de esta región determina el alto nivel de ventas de energía eléctrica; tanto su gran desarrollo industrial como el sistema de bombeo hidráulico Cutzamala explican el consumo intensivo de energía eléctrica. Por otro lado, los sectores residencial y comercial representaron la mayor proporción en cargas atendidas de media y baja tensión de las ventas en esta región.

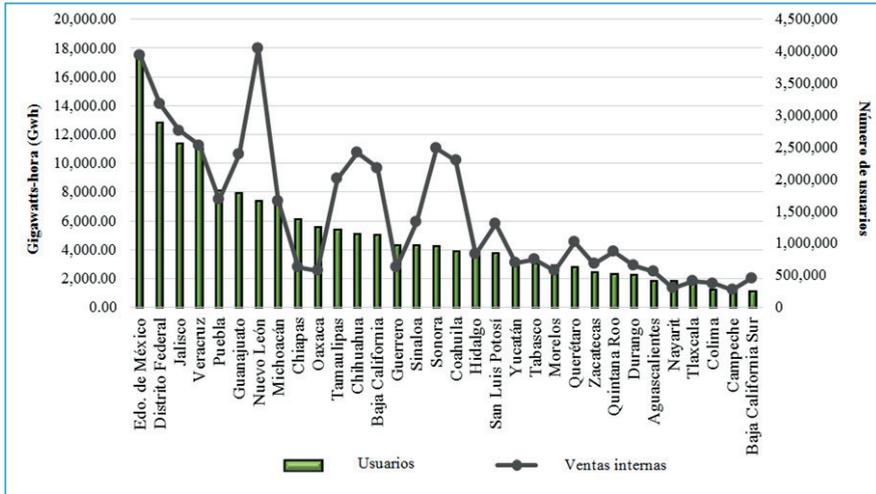
Las regiones Sur-Sureste y Noroeste cubrieron 15 y 13.9 % de las ventas a nivel nacional, respectivamente, en las que las entidades más notables por sus ventas fueron Veracruz y Sonora. Para el caso de la región Sur-Sureste, el desarrollo de diversas industrias como la siderúrgica, cementera, del papel, del vidrio, azucarera y cervecera en Veracruz han posicionado a este estado como eje de esta región. Además, la refinería e instalaciones petroquímicas de Pemex y las empresas privadas en la región Coatzacoalcos-Minatitlán contribuyeron en gran medida al consumo de electricidad del estado.

Uno de los factores que determinan considerablemente las ventas de energía eléctrica en la región Noroeste son las condiciones geográficas y climáticas. Esta región tiene un alto consumo de energía eléctrica asociado al uso de sistemas de aire acondicionado, ventiladores o sistemas de refrigeración.

Las ventas internas de energía por entidad federativa que se observan en la figura 2.13 no son directamente proporcionales al número de usuarios; tal es el caso de Nuevo León, que pese a ser el estado con un mayor consumo de energía eléctrica, no es el estado con la mayor cantidad de usuarios. Esto también sucede con otros estados como Guanajuato, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California, Sinaloa, Sonora, Coahuila, cuyo consumo eléctrico se debe al gran desarrollo de la industria manufacturera, que en algunos de ellos incluye a la franja fronteriza. No obstante, el Estado de México, junto con otros estados como Puebla, Michoacán, Hidalgo, Yucatán, Tabasco, Morelos, Tlaxcala y Campeche presentan una relación directa entre el número de usuarios y el consumo de energía eléctrica.

La cantidad de usuarios de energía eléctrica, en la mayoría de los estados, es directamente proporcional al número de habitantes por estado. Los estados con una mayor cantidad de habitantes y, por ende, de usuarios, son el Estado de México, la Ciudad de México, Veracruz, Jalisco, Puebla, y Guanajuato; estos

Figura 2.13
Ventas de energía eléctrica por entidad federativa
y número de usuarios atendidos, 2012 (gwh)



Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Información Energética (SIE 2014).

estados a excepción de Guanajuato, guardan una relación proporcionada entre el número de habitantes y su consumo de energía eléctrica.

Si bien la gráfica anterior nos muestra el escenario general, existe el indicador de ventas de energía eléctrica por usuario. Las ventas de energía eléctrica por usuario se obtienen al dividir las ventas por entidad federativa entre el número de usuarios atendidos por el servicio público (figura 2.14). En el periodo 2002-2012, la tasa de crecimiento tuvo una tendencia negativa de 0.8 % a nivel nacional; la región Centro, con 2.2 % y Noreste, con 0.2 %, fueron las únicas que tuvieron un crecimiento promedio anual positivo (cuadro 2.3).

En contraste, se dio un incremento a nivel nacional en el número de usuarios equivalente a 36 399 804, 2.8 % mayor que en el año 2011. En 2012, los tres estados con mayor venta de energía kwh/usuario fueron Coahuila (11 698.0 gwh/usuario), Sonora (11 540.9 gwh/usuario) y Nuevo León (10873.6 gwh/usuario), mientras los que registraron menores ventas por usuario fueron Guerrero, Oaxaca y Chiapas con 2 888.9, 2 037.8 y 2 021.7 gwh/usuario, respectivamente.

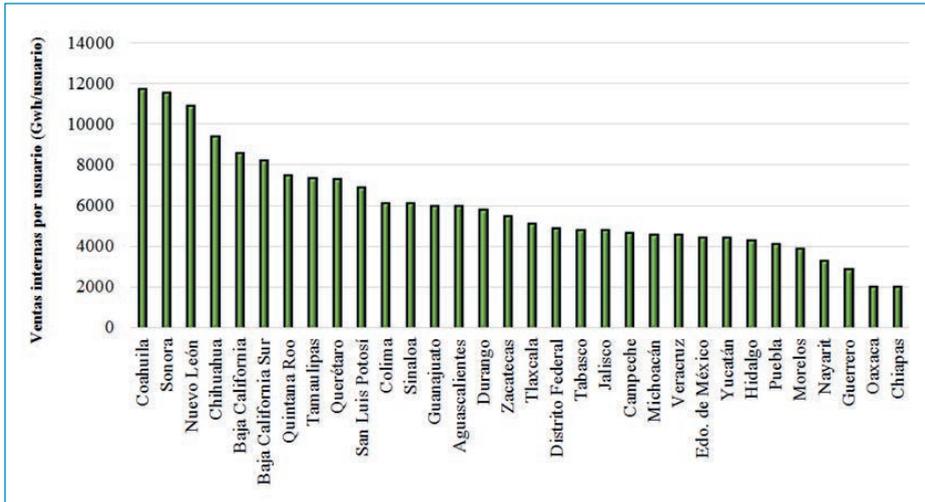
Cuadro 2.3
Evolución de la capacidad efectiva instalada del servicio público
por región y tecnología, 2002-2012 (mw)

Región	2002	2012	tmca (%)
Total	41,177	53,114	2.6
Noroeste	6,205	6,912	1.1
Hidroeléctrica	941	941	0.0
Termoeléctrica com.	2,895	2,485	-1.5
Ciclo combinado	734	1,997	10.5
CFE	496	1,000	7.3
PIE	238	997	15.4
Turbogás	768	663	-1.5
Combustión intern.	137	244	6.0
Geotérmica	730	580	-2.3
Eólica	1	1	-5.0
Solar fotovoltaica	0	1	n.a.
Noreste	10,013	13,672	3.2
Hidroeléctrica	126	126	0.0
Termoeléctrica com.	2,789	2,036	-3.1
Ciclo combinado	3,659	8,465	8.7
CFE	1,973	2,420	2.1
PIE	1,687	6,046	13.6
Turbogás	839	445	-6.1
Carboeléctrica	2,600	2,600	0.0
Centro-Occidente	6,520	8,130	2.2
Hidroeléctrica	1,881	2,675	3.6
Termoeléctrica com.	3,466	2,550	-3.0
Ciclo combinado	810	2,240	10.7
CFE	218	610	10.8
PIE	592	1,630	10.7
Turbogás	275	473	5.6
Combustión intern.	1	1	1.7
Geotérmica	88	192	8.1
Centro	4,296	5,291	2.1
Hidroeléctrica	684	729	0.6
Termoeléctrica com.	2,474	2,280	-0.8
Ciclo combinado	489	1,420	11.3
CFE	489	1,420	11.3
Turbogás	623	822	2.8
Geotérmica	25	40	4.8
Sur- Sureste	14,140	19,106	3.1
Hidroeléctrica	5,976	7,073	3.1
Termoeléctrica com.	2,659	2,573	-0.3
Ciclo combinado	1,651	3,906	9.0
CFE	672	672	0
PIE	979	3,234	12.7
Turbogás	385	565	3.9
Combustión intern.	2	3	4.8
Dual	2,100	2,100	0.0
Carboeléctrica	0	678	n.a.
Eólica	2	597	76.8
CFE	2	86	45.7
PIE	0	511	n.a.
Nuclear	1,365	1,610	1.7
Plantas móviles¹	3	3	0.4

¹ Plantas de combustión interna móviles.
tmca= tasa media de crecimiento anual 2002-2012

Fuente: Tomado de Sener (2013, 82).

Figura 2.14
Ventas de energía eléctrica por usuario, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Información Energética (Sener 2010b).

La energía eoloeléctrica en México en el contexto del desarrollo de las energías renovables

El desarrollo de los países está concatenado de manera directa con el consumo de energía y, con ello, su demanda está relacionada a la industria, al tamaño de la población y al tipo de desarrollo de cada país. En el caso particular de México, ha sido un país que ha basado su política energética en el uso del petróleo pese a que existen otras alternativas al uso de los combustibles fósiles, como son las fuentes renovables de energía:²⁷ la solar, la de los vientos, la biomasa, la geotérmica, la energía oceánica, la hidráulica y la que se obtiene del hidrógeno combinado con fuentes renovables (CDPIM 2012). Empero, en los últimos años, la producción y el uso de energías renovables ha tenido un rápido crecimiento

²⁷ Las energías renovables son definidas como “aquéllas en que la tasa de consumo es menor a la tasa de producción” (Martínez, 2008). Es decir, son las fuentes relativamente inagotables en la escala del tiempo hombre-naturaleza y se derivan principalmente de la energía del sol.

debido a los altos precios del petróleo y el gas natural, así como de una serie de incentivos federales e internacionales.

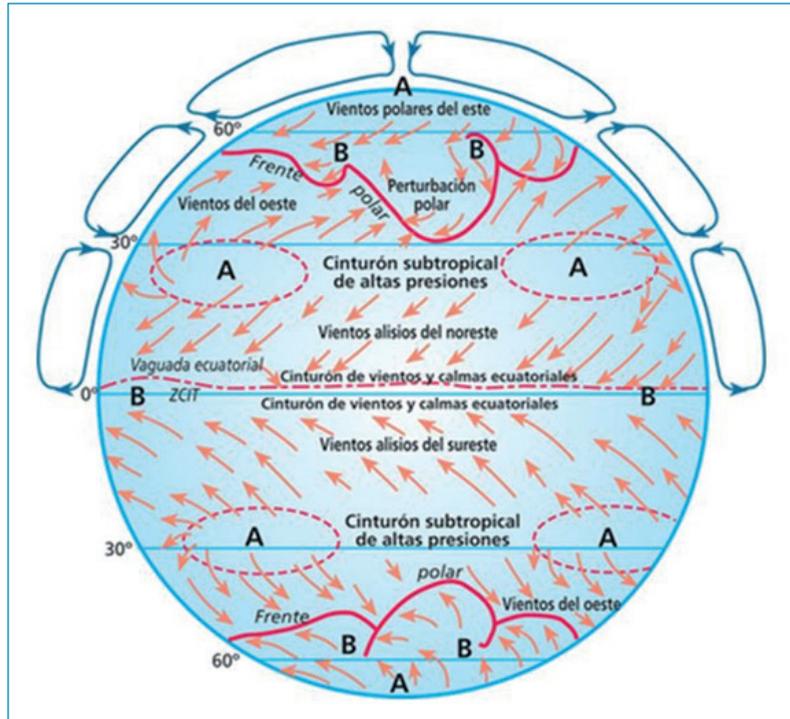
La posición geográfica de México lo coloca entre las naciones con mayor potencial para desarrollar los diferentes tipos de energías renovables. Las fuentes de energía renovable desempeñan un papel cada vez más importante en los sistemas eléctricos y, en particular, la energía eólica, tecnología que mayor peso tiene en el crecimiento actual de Europa y en el futuro de la generación eléctrica a partir de este tipo de fuentes, apoyada en los avances tecnológicos y mejoras económicas de las turbinas eólicas (Suárez 2010).

Es bajo este contexto que, en virtud de los efectos negativos del cambio climático, la producción desmedida del petróleo convencional y el crecimiento de la población, y la generación de energía eléctrica a partir del viento han convertido a la eoloeléctrica en la energía renovable más vendida en el ámbito internacional por potencia instalada (MW) y por energía generada. El hecho de que México cuente con un recurso eólico abundante que lo posiciona favorablemente, tanto en generación eólica terrestre como marina, le proporciona a futuro grandes oportunidades, pero, a la vez, retos importantes que deben ser superados en tiempo y forma adecuada (Suárez 2010; Borja 2013).

Aptitud natural y potencial regional para la generación de energía eólica en México

El viento es en sí una forma de energía solar. Debido al calentamiento desigual de la superficie terrestre, aquellas regiones que se ubican cerca del Ecuador reciben más energía solar que aquellas que se encuentran en los polos. El gradiente de temperaturas ocasiona que las masas de aire se muevan de regiones calientes a regiones frías. Esto es conocido como “circulación general de los vientos/de la atmosfera” (figura 2.15); las fuerzas que actúan sobre la superficie terrestre dan lugar a parámetros para medir el viento, como son la velocidad, la dirección y la frecuencia. Estas fuerzas son aquéllas relacionadas con los cambios de temperatura, la fuerza de gravedad de la Tierra, la fuerza generada

Figura. 2.15
Circulación atmosférica general



Fuente: Tomado de Durán Leirado, Javier E. s.f. "Circulación atmosférica". Biología y Geología (blog).

por efectos topográficos como la fricción, y la fuerza de Coriolis debida a la rotación de la Tierra (Banke y Smith 1971).

El tipo de terreno sobre el cual el viento pasa determina la forma de su perfil vertical. La topografía también influye en las variaciones de la velocidad respecto a la altitud: a mayor altitud, los efectos de la rugosidad de la superficie no se perciben, pero cerca del suelo, la fricción influye más sobre el perfil del viento (Martínez 2013).

La velocidad del viento también varía con la altura: entre mayor sea la altura de instalación de una turbina sobre el suelo, mejor el régimen de viento que encontrará; esto beneficia a las grandes turbinas de viento que se instalan

en torres más altas. Las velocidades del viento que hacen atractivos los proyectos eoloelectricos son del orden de 6.5 m/s (Suárez 2010).

Es así que la energía eólica consiste en el aprovechamiento de la energía cinética del viento transformándola en trabajo mecánico en una aeroturbina o turbina de viento. Las turbinas de eje horizontal se sitúan en lugares elevados para aprovechar mejor la velocidad del viento; también suelen estar localizadas en zonas de bajas turbulencias para mejorar el rendimiento de las centrales. La energía generada depende de la velocidad del viento y de la longitud de las aspas.

Esto se logra a través de turbinas de viento, las cuales convierten la energía cinética en electricidad. Estas turbinas se agrupan en grandes parques eólicos que producen energía para la red eléctrica. Los tres principales componentes de una turbina eólica para la conversión de energía son el rotor, la caja multiplicadora y el generador. El viento (corriente de aire) hace girar las aspas, cuyo movimiento rotatorio se transmite a una máquina eléctrica (generador), donde se produce la electricidad (Suárez 2010, 29; Huacuz 2010).

En lo que respecta a México, el Inventario Nacional de Energías Renovables (Inere) está todavía inconcluso, a pesar de que ya se encuentran los primeros adelantos en una plataforma en internet y que desde hace siete años, la LAERFTE indica que corresponde a la Secretaría de Energía (Sener).

Establecer y actualizar el Inventario Nacional de las Energías Renovables con programas a corto plazo, y planes y perspectivas a mediano y largo plazo, comprendidas en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y en la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía [así como] elaborar y publicar el atlas nacional de zonas factibles para desarrollar proyectos generadores de energías renovables.

Sin embargo, un buen inventario de energías renovables no solamente requiere de conocer la magnitud de estos recursos, sino además su distribución geográfica, sus variaciones en los ciclos, así como todos aquellos factores

que de una u otra forma hacen que un mismo recurso muestre ciertas características en un sitio dado y otras distintas en sitios aledaños (Huacuz 2010).

En general, México cuenta con uno de los potenciales más altos de generación de energía eólica en el mundo. Las condiciones atmosféricas de varias zonas de la República mexicana, sobre todo en el altiplano y en las dos penínsulas (Baja California y Yucatán) permiten que la energía eólica sea considerada una importante fuente de “energía limpia”.

La energía eólica en México representa un potencial significativo que permite visualizar al país como un importante productor de energía eólica con un crecimiento de 1 400 MW al cierre del 2012, lo que equivale a la energía que requiere una ciudad como Puebla, y según la Prospectiva del Sector Eléctrico 2013-2027 de la Sener (2013), se proyecta que para 2020 alcance los 12 000 MW.

De acuerdo con el National Renewable Energy (NRE) de Estados Unidos, se estima que el potencial de México para el caso de la energía eólica es superior a los 40 000 MW, mientras que actualmente solo se aprovecha el 4.1 %. Esto se debe, en gran medida, a que las empresas que invierten se enfrentan a la falta de infraestructura de redes de transmisión en el país, por lo que tienen que solventar la inversión para la ampliación del tendido eléctrico. Por lo tanto, hasta el momento, hay una capacidad instalada en operación de 1 638 MW (CDPIM 2012, 42; Borja 2013).

A finales de 2013, la capacidad instalada en generación eólica superaba los 1 600 MW de potencia, mientras que la capacidad autorizada estaba en torno a los 3 332 MW, por lo que parte de la capacidad aún está en desarrollo. El desarrollo de estos proyectos eólicos en México es consecuencia de una combinación de inversión nacional y extranjera (IDEA 2008, 20).

En México se han identificado diferentes zonas con potencial para la generación eoloeléctrica, según Caldera (2000), ProMexico (2014) y la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE 2012), las regiones con la mayor capacidad de generación de energía eoloeléctrica en México (figura 2.16) son:

I. El istmo de Tehuantepec, Oaxaca

En esta región se encuentran ubicados la mayoría de los parques eólicos del país y cuenta con 1 525 MW en operación. El estado tiene actualmente nueve proyectos en construcción que suman un total de 1 183 MW. Debido a las excelentes condiciones del viento esta zona es una de las más privilegiadas en México y en el mundo.

II. La Rumorosa, Baja California

Es una zona con una barrera eólica natural perpendicular a los vientos occidentales. El mayor potencial se encuentra cercano a los poblados de La Rumorosa y zonas aledañas, así como en el paso entre la Sierra de Juárez y la Sierra de San Pedro Mártir. Tiene un potencial eólico de más de 5 000 MW; hasta el momento, existe un proyecto en operación y otro en construcción.

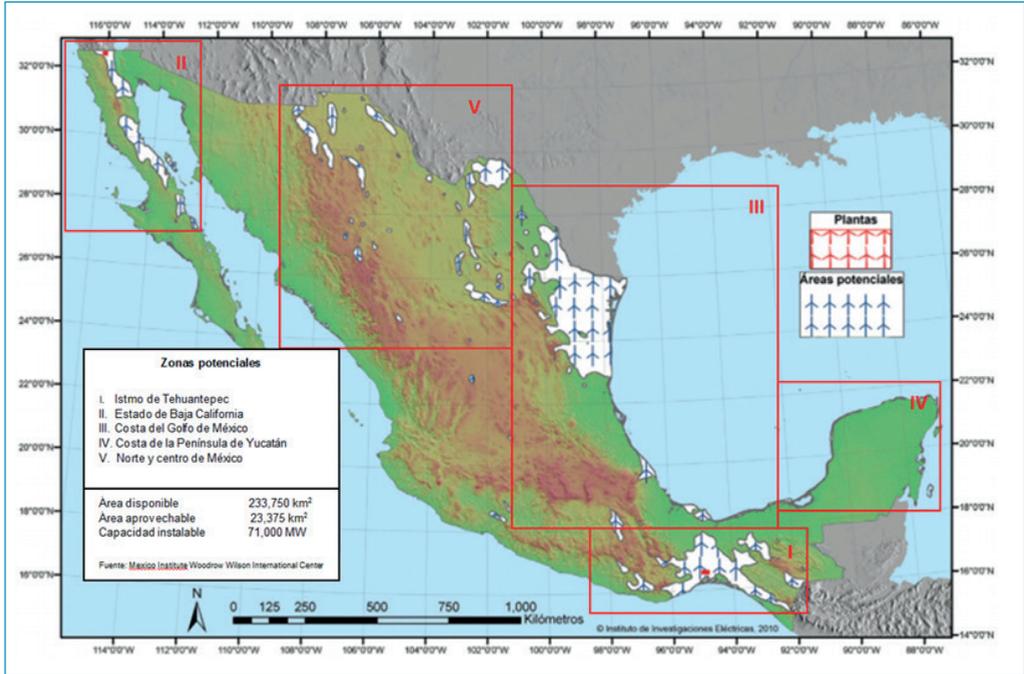
III. La costa del golfo de México

En esta región existen áreas con grandes posibilidades para producir energía eólica a pequeña escala. Las áreas detectadas con potencial eólico son Laguna Verde, en Veracruz, y la Isla del Carmen, ubicada en Laguna de Términos, en Campeche, entre otras. Cuenta con proyectos en operación y en construcción por un total de 1 079 MW en los estados de Tamaulipas y Veracruz.

IV. La costa de la península de Yucatán

Con respecto al litoral y las islas cercanas a la península de Yucatán, éstas se caracterizan como una zona de vientos alisios de primavera y verano, lo que hace que zonas como Cabo Catoche, la costa de Quintana Roo y el oriente de Cozumel sean sido consideradas áreas con un gran potencial eólico.

Figura. 2.16
Áreas con potencial para generación de energía eólica



Fuente: Elaboración propia con base en Woodrow Wilson International Center for Scholars (2012); ProMexico (2014); AMDEE (2012).

V. Norte y centro de México

Se trata de una región extensa donde prevalecen vientos alisios de verano, desde Tlaxcala hasta Guanajuato. Los vientos complementan estacionalmente a los del altiplano norte y en el sur del istmo de Tehuantepec. La complejidad orográfica de esta zona da por consecuencia que ciertos pasos y mesetas sean apropiados para su explotación energética. En particular, Nuevo León tiene 324 mw autorizados, que se tiene previsto entren en operación a más tardar en 2015. San Luis Potosí tiene una central eólica, y Coahuila, dos proyectos en construcción que suman una capacidad de 501 mw.

Como se puede observar, gran parte del territorio mexicano posee un potencial eólico; sin embargo, en los últimos años la región que ha tenido un mayor

auge económico y promoción gubernamental ha sido la del istmo de Tehuantepec, Oaxaca, la cual ha funcionado como un espacio geoestratégico que se encuentra bajo la influencia de intereses extranjeros y nacionales. Los recursos financieros de los proyectos eólicos se han enfocado en la infraestructura y en el equipamiento industrial, soslayando la atención a las necesidades sociales básicas y la distribución más equitativa de la riqueza generada.

La simple existencia del recurso eólico no es una garantía. El viento ha soplado en esos lugares desde tiempos remotos y seguirá soplando en el futuro previsible, salvo que se produzcan cambios drásticos poco probables en la climatología de los sitios. A diferencia de otros recursos energéticos, como el petróleo, el viento no se puede almacenar, ni exportar, por lo que debe ser aprovechado en el sitio y al momento en que sopla; y para ello se requiere de tecnología para operar las turbinas, transformar y conducir la energía eléctrica generada (Huacuz 2010).

Debido a lo anterior, y una vez señalado el recurso potencial, es necesario destacar los factores que determinan la viabilidad de un parque eólico. Según una investigación hecha por la Comisión para el Diálogo de los Pueblos Indígenas de México (CDPIM 2013, 2) hay “tres factores fundamentales: el aprovechamiento del potencial, el emplazamiento y el costo total de la planta eólica. En términos generales, el aprovechamiento de la energía eólica depende de la orografía, la velocidad y dirección del viento; así también, para que la energía eólica se aproveche en una localidad concreta mediante parques eólicos, el lugar de instalación debe cumplir con dos requisitos principales: 1) la evaluación del terreno, y 2) el potencial que se puede tener mediante el viento”.

Los requerimientos fundamentales para su emplazamiento son:

1. “Más de 2 000 hrs de producción eólica equivalente a potencia máxima (horas equivalentes).
2. Respeto a la avifauna del entorno, estableciendo si es preciso un paso para aves migratorias entre grupos de aerogeneradores.
3. Lejanía de más de 1 km de núcleos urbanos para evitar la contaminación acústica de los parques eólicos.

4. La energía eólica debe estar instalada en suelo no urbanizable, generalmente.
5. No interferencia con señales electromagnéticas del entorno, debido a que las señales de televisión, radio o telefonía se pueden ver perjudicadas si no se instalan dispositivos que lo eviten” (CDPIM 2013).

Respecto a los costos, los elementos básicos para determinarlos son:

- “Costos directos de inversión, principalmente de las turbinas.
- Costos de instalación de las turbinas.
- Costos de capital (tasa de descuento).
- Costos de operación y mantenimiento.
- Otros costos de desarrollo y planeación.
- Vida de las turbinas [sic].
- Producción de electricidad y pérdidas de energía”.

Aproximadamente el 76 % del costo de la energía de una turbina eólica está relacionada con el costo de la turbina, bases, equipo eléctrico, cableado eléctrico, entre otros. “Las fluctuaciones del costo del combustible no afectan los costos de generación, de manera tal que una turbina eólica representa un capital importante comparado con las tecnologías convencionales de combustibles fósiles”. Por esta razón, uno de los más sustanciales beneficios de la energía eólica es que no utiliza combustibles, por lo tanto, el costo total de producción a lo largo de los 20 o 25 años de vida de una turbina puede ser estimado con bastante exactitud (CDPIM 2013, 3).

Por lo anterior, hay que considerar que los costos de tendido eléctrico representan el 9%, y alrededor del 7% corresponde al costo de las bases. La renta de la tierra viene en cuarto lugar respecto a los costos totales, con una participación de 3.9%, seguido por los demás componentes, como los sistemas de control, instalaciones, consultorías, caminos y costos financieros, que van de 1.5 a 0.3%, los cuales son menores comparados con la alta inversión que se debe hacer en un turbina (CDPIM 2013). Cabe aclarar que el costo por

kW instalado de capacidad eólica difiere entre países; sin embargo, éste es un estimado general.

En México, de acuerdo a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee 2012), las dependencias gubernamentales participantes en las gestiones para la implementación de una planta de generación eléctrica que utilice energía eólica son la Secretaría de Economía (SE), la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), el Servicio de Administración Tributaria (SAT), la CFE, la CRE, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), además de las dependencias locales en donde hay que realizar las gestiones necesarias.

La evaluación de las ventajas y desventajas de los parques eoloelectricos se complica en la medida en que las escalas interfieren dentro del sistema territorial. Los impactos positivos se perciben en una escala global, mientras que los negativos mayormente en una escala regional, lo que ocasiona que se le reste importancia a este hecho. Para concluir que un proyecto de generación eólica es benéfico, sus efectos adversos deben ser analizados en comparación con los favorables (National Research Council 2007).

Evolución del subsector de energía eoloelectrica en México

a) Marco histórico de la energía eólica

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (CFE 2002), el uso de generadores eolicos en México inició en 1994, debido a un proyecto experimental (el primero en América Latina) desarrollado por la CFE en La Ventosa, Oaxaca, con el fin de generar 1.5 GW de energía eléctrica. El proyecto fue un detonador que trajo inversiones importantes para el desarrollo de nuevos parques de generación eólica. Doce años después, en 2012, la CFE incrementó considerablemente la capacidad instalada con el segundo desarrollo eólico en México: La Venta II, ubicado en el mismo estado, el cual poseía una mayor capacidad de generación de energía (85 MW).

El relativo bajo costo de estas primeras centrales, así como su alto factor de planta,²⁸ llamaron la atención a nivel nacional e internacional, por lo que se propusieron más construcciones de futuras centrales eoloelectricas. A partir de entonces, se adecuaron algunos instrumentos regulatorios que permitieron dar viabilidad a los proyectos eólicos de Oaxaca, como el Contrato de Interconexión para Fuentes de Energía Renovable, también conocido como CIFER.

Se concretó uno de los proyectos de infraestructura eléctrica más grande del mundo para transportar energía eólica desde un solo nodo, proyecto que se conoce como *temporada abierta*²⁹ (TA; Salazar 2014, 23). Actualmente, este esquema permite la participación del sector público y la iniciativa privada a través de la ampliación o modificación de la infraestructura de transmisión del Servicio Eléctrico Nacional (SEN).

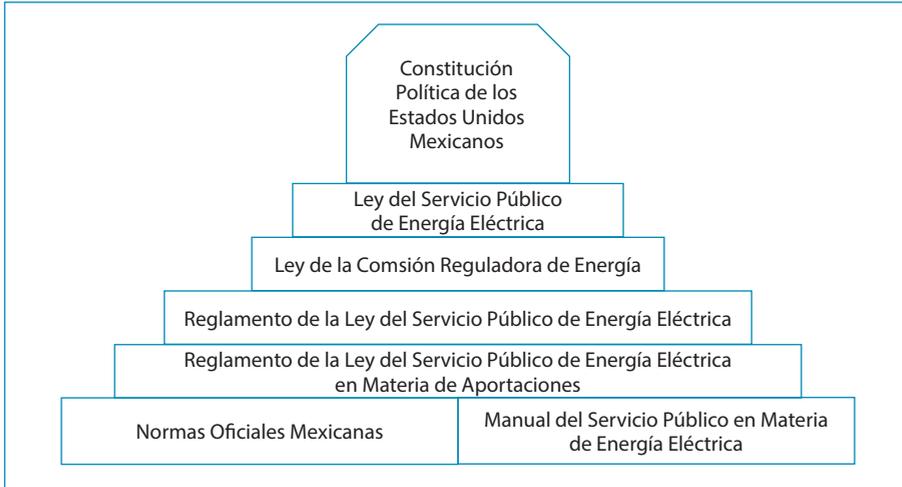
En 1998 comenzó a operar el proyecto Electricidad del Sur, con una capacidad de 27 MW, conformado por 96 aerogeneradores de 280 kW cada uno. También Fuerza Eólica del Istmo aprovechó esta modalidad para generar electricidad propia y la planta cementera Cruz Azul, localizada en Lagunas de Oaxaca, instaló una central eoloelectrica a 35 km integrada por 60 aerogeneradores de 500 kW cada uno. A partir del año 2000, empresas transnacionales como Iberdrola, Gamesa, Unión Fenosa, Endesa, Walmart, entre otras, se han

²⁸ También llamado factor de capacidad neto o factor de carga, es el “cociente entre la energía real generada por la central eléctrica durante un periodo (generalmente anual) y la energía generada si hubiera trabajado a plena carga durante ese mismo periodo, conforme a los valores nominales de las placas de identificación de los equipos. Es una indicación de la utilización de la capacidad de la planta en el tiempo” (Ramírez 2004, 27).

²⁹ Sener (2013, 31) la define como el “procedimiento acotado en el tiempo por el que se programará de manera concertada la ampliación o modificación de la infraestructura de transmisión del SEN, con el fin de reservar capacidad en la misma”.

En este caso, la TA consistió en la construcción de una línea de transmisión de 145 km en 400 kV, el reforzamiento de las líneas existentes y la construcción de una gran subestación en la zona eólica del istmo de Tehuantepec, a donde llegan los nuevos parques eólicos de la zona. El proyecto estuvo programado para septiembre de 2010, con un costo aproximado de 250 millones de dólares y es una coinversión entre la CFE y las empresas Desarrollos Eólicos Mexicanos, Eoliatic del Istmo, Eoliatic del Pacífico, Fuerza Eólica, Gamesa Energía, Unión Fenosa (hoy Gas Natural) y Preneal (Salazar 2014, 23).

Figura 2.17
Ordenamientos jurídicos que rigen las actividades reguladas del sector eléctrico



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2006c).

ido incorporando al mercado de la electricidad a partir de la energía eólica en México (Borja et al. 2005).

A raíz de lo anterior, se reforzó la infraestructura existente en la zona y se permitió la conexión de los primeros parques eólicos privados del país: 67.5 MW de Eléctrica del Valle de México (filial de EDF-EN), 26 MW de Cisa-Game-sa, 80 MW de Parques Ecológicos de México y 250 MW de Eurus, todos ellos se terminaron de construir en el 2009. La CFE, por su parte, adjudicó por medio de licitación dos proyectos de 101 MW, a la compañía Iberdrola, La Venta III, y a la empresa EYRA, Oaxaca I; ambos proyectos bajo la modalidad de Productor Externo de Energía, los cuales entraron en operación comercial en 2010.

En ese mismo año, la CFE adjudicó a través de una licitación, a Acciona Energía México el complejo eólico integrado por los parques Oaxaca II, Oaxaca III y Oaxaca IV, todos ellos dotados de aerogeneradores AW1500 de 1,5 MW de potencia unitaria, con una producción de unos 1.129 GW (AMDEE 2012).

Durante 2010, la CFE continuó con la construcción de la red de transmisión asociada y la licitación de los proyectos de temporada abierta. Asíimis-

mo, entraron en operación proyectos privados eólicos en el estado de Oaxaca, como Eléctrica de Valle México, con una capacidad instalada de 67.5 MW; Eurus, con una capacidad instalada de 250 MW, y Bii Nee Stipa Energía Eólica, con una capacidad instalada de 26.35 MW.

Adicionalmente a la operación de estos proyectos, en octubre de 2009, en Baja California se inauguró el Parque Eólico La Rumorosa I, que cuenta con una capacidad instalada de 10 MW y que tendrá una generación estimada de 27 471 000 kWh anuales, para autoabastecer de energía eléctrica a los municipios del estado (CFE 2015).

La historia de la energía eólica en México es relativamente corta; sin embargo, en el poco tiempo transcurrido ya se ha suscitado incertidumbre respecto a la viabilidad de esta tecnología debido a la existencia de poca información y conocimiento para determinar con claridad sus ventajas y desventajas en diferentes escalas espaciales y temporales. Lo anterior ha ocasionado la oposición de grupos ambientalistas y de protección de derechos humanos, así como conflictos sociales. Tal es el caso de las instalaciones de parques eólicos en el istmo de Tehuantepec, donde comunidades de base campesina e indígena protestan contra dichos parques por la generación de impactos, como riesgo de pérdida de capacidad productiva de terrenos agrícolas, afectación del paisaje, muerte de aves y murciélagos por colisión con aerogeneradores, generación de ruido, degradación de ecosistemas, entre otros (Castillo 2011).

b) Marco jurídico de las energías renovables en México

Los ordenamientos jurídicos que rigen las actividades reguladas del sector eléctrico están supeditadas a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la estructura con relación a éstos se ilustra en la figura 2.18. Adicionalmente a estas normas, el marco legal cuenta con instrumentos de regulación que establecen los lineamientos y los mecanismos de interrelación entre los particulares y suministrador del servicio público (CFE).

La observancia del cumplimiento de las normas antes mencionadas corresponde a dos instituciones rectoras: la Secretaría de Energía y la Comisión

Federal de Electricidad; la primera es la encargada de “conducir las políticas energéticas, dentro del marco regulatorio, garantizando el suministro de energía con calidad, viabilidad económica y sustentabilidad con el medio ambiente”. De ella emerge la Conuee y la Comisión Reguladora de Energía (CRE; figura 2.18). La Conuee posee autonomía técnica y operativa, y sus objetivos son “el ahorro, el uso eficiente de la energía y la promoción de las energías renovables”. Por su parte, la CRE se encarga de la regulación de las industrias relacionadas con la energía, “fomentando competitividad, cobertura, confiabilidad, calidad y seguridad, además de los beneficios a los usuarios”.

Por su parte, la CFE es el organismo encargado de “generar, transmitir, distribuir y comercializar la energía eléctrica”, y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) se encarga de “la innovación que impulsa al sector hacia un desarrollo sustentable” (IDAE 2008; Vázquez 2012).

Con la reforma energética, se determinó darle al Centro Nacional de Control de Energía (Cenace) el mandato “como organismo público descentralizado, del control operativo del sistema eléctrico nacional y del mercado eléctrico mayorista, así como de la gestión del acceso “no discriminatorio” a las redes de transmisión y de distribución”, hecho que, tal como lo señala Studer (2014), fue crucial como un componente *sine qua non* para lograr un sector eléctrico eficiente.

Aunque la reforma energética no es clara respecto al papel de estas energías, en un primer acercamiento parece ofrecer una oportunidad para introducir mayor flexibilidad en el sistema eléctrico, planeando nuevas redes y utilizando redes inteligentes para cumplir con la meta del 35 % de energías limpias en la generación eléctrica para el 2024. Es así que la modalidad de autoabastecimiento aprobada por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) ha permitido a diversas empresas mexicanas e internacionales invertir en el mercado eólico.

El marco regulatorio del sector eléctrico mexicano tiene como fundamento los artículos 25, 26, 27, párrafo sexto, 28, 73, 90, 108, 110, 123, en particular en su fracción xxxi y 134 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, donde se señala el carácter concurrente que tiene el tema de energía; la Federación, a través del Congreso de la Unión, es la que regula

en materia de energía a las entidades federativas y los municipios. Por su parte, existen tres principales ordenamientos legales que regulan la prestación del servicio público de energía eléctrica:

1. Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica,³⁰ que es el principal ordenamiento de esta materia, el cual regula propiamente la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como la organización y funcionamiento de la CFE, constituyéndose en su ley orgánica.
2. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, que se refiere a la asignación de facultades de las secretarías del Estado, particularmente de la Secretaría de Energía, y el reconocimiento y ubicación estructural de las entidades paraestatales.
3. Ley de la Comisión Reguladora de Energía, que regula las actividades y organización de dicha comisión así como sus facultades.

Con la promulgación de la LSPEE en 1975, se establece que la participación de los particulares en la generación de energía eléctrica puede realizarse, sujeta a previo permiso y la opinión de la CFE.

El Congreso de la Unión ha modificado la LSPEE en distintas ocasiones con el propósito de fomentar la participación de particulares en la expansión del sistema eléctrico para incorporar nuevas modalidades de generación de energía eléctrica; tal es el caso de la reforma a dicha ley en 1992, en la cual, dentro de su artículo 3, incorpora las modalidades de cogeneración, productor independiente, pequeña producción y exportación e importación de energía eléctrica.

En lo que respecta a la producción independiente, de todas las modalidades ésta es la que ha presentado el mayor dinamismo en cuanto a capacidad instalada se refiere, debido principalmente a aspectos de financiamiento, así como a la búsqueda de una mayor eficiencia energética y menor impacto ambiental, a través de la expansión de la oferta de energía eléctrica mediante el

³⁰ Esta ley fue abrogada el 11 de agosto de 2014 como parte de las reformas estructurales de la reforma energética. En sustitución se expidió la Ley de la Industria Eléctrica.

uso de centrales con tecnología de ciclo combinado cuya producción es destinada exclusivamente a la CFE (Alcalá 2009).

Desde enero de 1922, el Gobierno mexicano ha puesto en marcha reformas a la Constitución Política para hacer más flexible la regulación de la tierra y de los recursos naturales, principalmente la venta y renta de las tierras ejidales y comunales, que en México son la mayoría por efecto de la reforma agraria, y a la fecha se han llevado a cabo una serie de reformas a diversas leyes para poder aprovechar los recursos naturales y materializarlos en energéticos.

Cabe destacar que el marco legal y regulatorio del sector eléctrico mexicano ha presentado cambios importantes relacionados con la política energética nacional, particularmente con el aprovechamiento de las fuentes renovables. Tal es el caso de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE), publicada el 28 de noviembre de 2008, con el objeto de regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias.

Uno de los cambios más significativos fue la publicación de un decreto por el que se reformó la LAERFTE en sus artículos 3, 10, 11, 14 y 26, del 1 de junio de 2011, en el Diario Oficial de la Federación (DOF). En dicho decreto destaca la reforma al artículo segundo transitorio donde establece lo siguiente:

Para efectos de la fracción III del artículo 11 de la Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, la Secretaría de Energía fijará como meta una participación máxima de 65 por ciento de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60 por ciento en el 2035 y del 50 por ciento en el 2050.

De esta manera, el marco legal y la regulación del sector eléctrico intentan actualizarse promoviendo las tecnologías limpias, la eficiencia y *sustentabilidad energética*, disminuyendo así la dependencia energética de los hidrocarburos. Como consecuencia de lo anterior, el 6 de junio de 2012 se publicó en el DOF la Ley General de Cambio Climático, donde se establecen las disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático y reglamentar las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en

Figura 2.18
Cronología de las principales normas de regulación para energías renovables (er)



Fuente: Elaboración propia con base en CRE (2014).

materia de medio ambiente y desarrollo sustentable. En ella se estipula una perspectiva muy ambiciosa, pero muy importante, y es la siguiente:

La Secretaría de Energía en coordinación con la Comisión Federal de Electricidad y la Comisión Reguladora de Energía, promoverán que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energías limpias alcance por lo menos 35 por ciento para el año 2024.

Adicionalmente, en el artículo tercero transitorio, se establece que “para el año 2020, acorde con la meta en materia de reducción de emisiones, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público en coordinación con la Secretaría

de Energía y la CRE”, deberán tener constituido un sistema de incentivos que promueva y permita hacer rentable la generación de electricidad a través de energías renovables, como la eólica, la solar y la minihidráulica, por parte de la Comisión Federal de Electricidad (Sener 2013).

Con base en lo anterior, los capitales trasnacionales se pueden incorporar a la producción de las energías renovables con todas las ventajas que representan como objetivo de las políticas públicas por sus bondades y atractivos ambientales y tecnológicos. Aunado a que desde hace algunos años, los proyectos de energías renovables se han apoyado con financiamientos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés) y el Banco Mundial (Vargas y Govea 2010).

El 20 de diciembre de 2013 se publicó en el DOF el “Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de energía”. Dicho decreto, en su décimo octavo transitorio estableció que

El Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría del ramo en materia de Energía y en un plazo no mayor a trescientos sesenta y cinco días naturales contados a partir de la entrada en vigor del presente Decreto, deberá incluir en el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, una estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios [...].

Derivado de lo anterior, la Sener y la Conuee llevaron a cabo la elaboración de la mencionada estrategia; ésta fue estructurada bajo una perspectiva tecnológica, en nueve temas generales: 1) ahorro de energía en edificaciones; 2) en la industria; 3) en transporte; 4) bioenergía; 5) energía eólica; 6) energía solar; 7) geotermia; 8) hidroenergía, y 9) redes inteligentes y generación distribuida.

En particular, las reglas para la operación del mercado eólico de México son todavía incipientes y poco parecidas a las de otros países. Tal es el caso de Europa y Estados Unidos, regiones donde se ubican los principales mercados

para la tecnología eólica, y existen reglas *ad hoc* para incentivar dichos mercados, es decir, han creado

metas nacionales en cuanto a potencia eólica instalada en un determinado plazo, obligaciones impuestas a las empresas eléctricas para adquirir una determinada cantidad de electricidad proveniente de esta fuente energética, tarifas especiales que las empresas o los gobiernos por cada unidad de electricidad (kwh) producida con viento que se inyecta a la red, así como un conjunto de incentivos fiscales y de otros tipos (Huacuz 2010, 50).

La mayoría de estos mecanismos no son aplicables en México, dadas las condiciones socioeconómicas y las características del marco legal existente para el servicio público de electricidad, razón por la cual ha sido necesario desarrollar mecanismos alternativos (Espejo y García 2012).

Por esta razón, el hecho de que la energía eólica esté regulada por las normas que fueron creadas para tecnologías convencionales, como el petróleo, donde el territorio de explotación es propiedad de la nación y, por ende, no hay un problema sobre el valor de la tierra, origina que en México no existan en la ley parámetros sobre el costo de la tierra para la actividad eólica.

La reforma energética tampoco resuelve la ausencia de incentivos existentes para la generación de electricidad con fuentes renovables de energía, ya que, a pesar de las metas establecidas en la legislación, no existen obligaciones de generación de una cantidad o porcentaje de energía a través de fuentes renovables. Desde el 2008, en México ya existen mecanismos que han permitido el incipiente desarrollo de la industria eólica, como son el despacho garantizado de la energía renovable, el balance neto (*net metering*),³¹ el banco de energía y el porteo tipo estampilla postal (Studer 2014).

³¹ También conocida como *medición neta de electricidad*, es un “esquema de utilidad general para el uso y pago del recurso en el cual un cliente que genera su propia energía eléctrica puede compensar los saldos de energía de manera instantánea o diferida, permitiendo a los consumidores la producción individual de energía para su propio consumo, compatibilizando su curva de producción con su curva de demanda” (BOE 2011).

Pese a que la industria eléctrica es un importante motor de desarrollo económico en México, las políticas constructoras y de adelgazamiento del Estado características de la estrategia económica aplicada en México durante el último cuarto de siglo, han afectado su expansión y modernización al reducir drásticamente sus fondos de inversión, particularmente para el ramo petrolero. En este sentido, para las energías renovables y en particular, para la energía eólica, los principales problemas para su desarrollo en México son la falta de infraestructura, los daños ambientales que pueda causar a las comunidades cercanas, el tema de la adquisición de las tierras y la poca relevancia que se le dio dentro de la reforma energética (Calva 2007; García 2015).

Tal como lo plantea Isabel Studer (2014, 22)

a la luz del nuevo marco regulatorio, es imprescindible que se elabore una Ley de Energías Renovables que actualice el marco regulatorio en el nuevo contexto de apertura del sector eléctrico. Los tiempos necesarios para la definición de la legislación secundaria y los reglamentos derivados, así como los ajustes institucionales, como la creación del Cenace, que deberán realizarse para la aplicación las nuevas reglas del juego, son demasiado largos para reducir la incertidumbre que existe actualmente en el sector privado, en particular de las inversiones que están por realizarse.

Según la CRE (2015), hoy existen cerca de 150 permisos en trámite y una muy baja capacidad institucional para tramitarlos, e incluso de la CFE para trabajar en los permisos de interconexión.

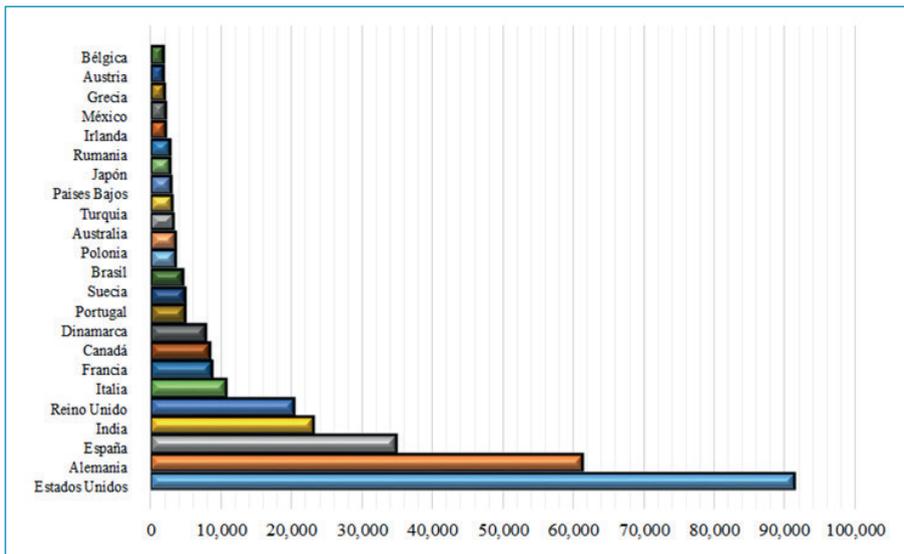
c) Evolución de la capacidad instalada para la generación de energía eoloeléctrica

En el contexto mundial, actualmente cerca de 83 países desarrollan la energía eólica a escala comercial, aunque sólo un grupo reducido concentra el mercado de la energía eólica. En términos de la capacidad eólica instalada, según el Consejo Mundial de Energía Eólica (Global Wind Energy Council), ésta

se encuentra distribuida geográficamente en seis regiones: 1) África y Medio Oriente; 2) Asia; 3) Europa; 4) América Latina y el Caribe; 5) América del Norte, y 6) el Pacífico. Desde 2009, China se ha desempeñado como el mayor mercado global de energía eólica, y para el 2013 una vez más ganó el primer lugar en instalaciones en Asia, mientras que la región de Europa se encuentra en el segundo lugar, América del Norte en tercer lugar, pese a que Estados Unidos lleva la delantera como país ocupando el segundo lugar en capacidad instalada, tal como se muestra en la figura 2.19.

A finales del 2013, el número de países con más de 1 000 MW de capacidad instalada fue de 24, de los cuales 16 están en Europa; 34 en Asia-Pacífico (China con el 29 % de la producción mundial de energía eólica, India, Japón y Australia); 3 en América del Norte (Canadá, México, Estados Unidos) y 1 en América Latina (Brasil). A finales del año pasado, más de seis países habían tenido una capacidad de 10 000 MW incluyendo la capacidad instalada en China

Figura 2.19
Principales países productores de energía eólica, 2013



Fuente: Elaboración propia con base en el Global Wind Report (2013) del Global Wind Energy Council.

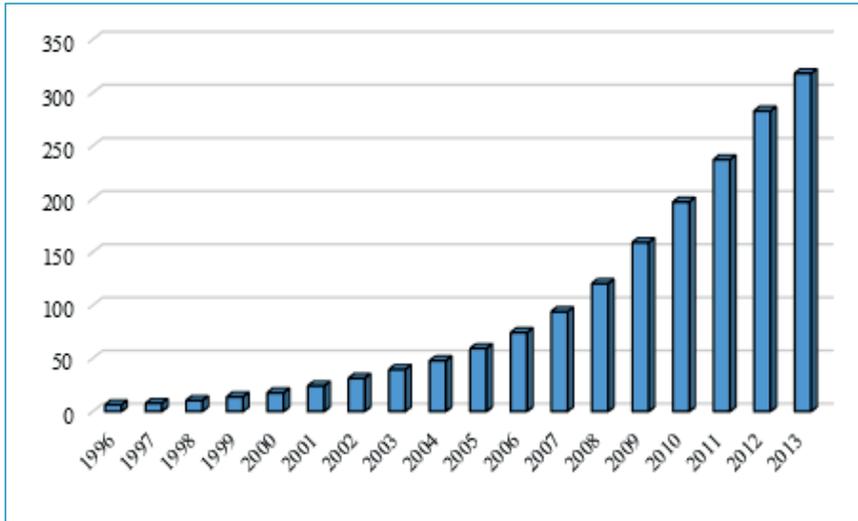
(91.412 MW), Estados Unidos (61.091 MW), Alemania (34.250 MW), España (22.959 MW) India (20.150 MW) y Reino Unido (10.531 MW).

Asimismo, se espera que el sector de energías renovables, a nivel mundial, siga creciendo en los siguientes años, especialmente la industria de equipo solar y eólico. Las tecnologías para la generación de energía renovable continuarán presentando una disminución en los costos de producción debido al aceleramiento del progreso tecnológico y al crecimiento en la manufactura de equipo verde. Se estima que para 2014 China supere los 100 000 MW de su capacidad instalada eólica debido a que seguirá atrayendo gran parte de la producción global de turbinas eólicas y equipo fotovoltaico, por el tamaño de su mercado, por las inversiones del gobierno en el sector y por las ventajas competitivas en la industria manufacturera (ProMéxico 2013; Global Wind Energy Council 2013).

En distintos países, principalmente europeos, se ha buscado la forma de recurrir a las fuentes renovables de energía apoyándose en esquemas tarifarios subsidiados que fomenten la inversión, y a su vez disminuyan el uso de combustibles fósiles. Por ello, se estima que cerca de la mitad de la nueva capacidad total provendrá de instalaciones basadas en fuentes de energía renovables, como la eólica, así como un continuo crecimiento de la hidráulica y la nuclear. Esta mezcla de energías no emisoras de gases de efecto Invernadero (GEI) se ha convertido en la segunda fuente de generación eléctrica del mundo y, dadas las políticas hacia futuro, se vislumbran como la dirección hacia la cual se dirigirá la estructura del mercado eléctrico (Sener 2013; Global Wind Report 2013).

Cabe destacar que la capacidad instalada de energía eólica a nivel mundial ha tenido un importante crecimiento. En el periodo de 1996 a 2013, creció 26.2% en promedio anual (figura 2.20). Durante los años recientes, la capacidad instalada en sistemas para la generación de electricidad a partir de aerogeneradores, ha crecido de manera vertiginosa al pasar de 26.6 MW a 1 038 MW durante el periodo de 2003-2013. Con base en los datos del Global Wind Report (2013), en 2013 se tenían instalados 318 105 MW de capacidad eólica alrededor del mundo, de los cuales el mayor porcentaje perteneció a países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

Figura 2.20
Evolución histórica de la capacidad instalada eólica mundial, 1996-2013 (gw)



Fuente: Elaboración propia con base en el World Wind Energy Report, 2001-2013.

(OCDE),³² siendo Estados Unidos el principal país productor mediante este tipo de tecnología. Cabe señalar que, al cierre del 2013, la capacidad instalada en México alcanzó los casi 1 700 MW, con lo que el país se posicionó en el 24.º lugar mundial en términos de capacidad instalada.

A su vez, el ritmo de construcción de parques eólicos en el mundo ha sido rápido; en menos de 20 años se han instalado unos 125 000 MW, con tasas anuales de crecimiento por encima de 35 % durante varios años. Todo lo anterior debido a que la energía eólica es, en la actualidad, una energía “limpia” y también la menos costosa de producir, lo que explica el fuerte apogeo por esta tecnología, aunado a la aplicación de medidas de ajuste neoliberal que incluyen la privatización de las empresas públicas, la política de inversión extranjera

³² Fundada en 1961, la OCDE agrupa a 34 países miembros y su misión es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo (Internet 4).

y la reorientación de la producción hacia el comercio exterior (Huacuz 2010; Martínez, Sánchez y Casado 2002).

Participación del subsector eoloeléctrico en la generación eléctrica nacional. Estructura actual y distribución geográfica

Durante el año 2013, la capacidad instalada para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables en México fue de 14 891 MW (cuadro 2.5); 1 638 MW, según la CFE y la CRE, correspondieron a la capacidad instalada de energía eólica en operación, de los cuales sólo el 5.3 % fue operado por la CFE, mientras que el resto fue operado a través de permisionarios bajo esquemas de autoabastecimiento, pequeños productores y productores independientes (ProMéxico 2014).

Los proyectos de energía renovable tienen presencia en el 90 % de las entidades federativas del país; sin embargo, Oaxaca y Veracruz son los estados con mayor número de proyectos, eólicos y de bioenergía, respectivamente. Tomando en cuenta las centrales en operación y en construcción, los estados de Oaxaca, Baja California, Veracruz, Coahuila y Tamaulipas concentran el 67 % de dicha capacidad.

En el cuadro 2.5 se observa una gran contribución de la energía hidráulica dentro de la capacidad instalada de energías renovables, con una partici-

Cuadro 2.5
Capacidad instalada en operación y en construcción para la generación de Energía Renovable, 2013

TIPO DE ENERGÍA	CAPACIDAD INSTALADA EN OPERACIÓN (MW)	CAPACIDAD AUTORIZADA EN CONSTRUCCIÓN (MW)
Hidráulica	11 694	890
Eólica	1 638	3 332
Geotérmica	823	169
Biomasa	661	120
Solar	76	976
Total	14 891	5 487

Fuente: Elaboración propia con base en CFE y CRE (2014).

pación de 78.5 %, mientras que muy por debajo de ella se encuentra la eólica, con casi 11 %; por su parte, la energía solar aporta tan sólo el 0.5 %, con el mínimo de participación en la capacidad instalada para este tipo de energías, pese al enorme potencial con el que cuenta México para estos dos últimos tipos de energía. No obstante, todo parece indicar que en los próximos años, el escenario cambiará, ya que, en lo que respecta a la capacidad autorizada en construcción, la balanza se inclinará más hacia el aumento de la energía eólica y la solar, tal como se muestra en el cuadro 2.8 y la figura 2.26.

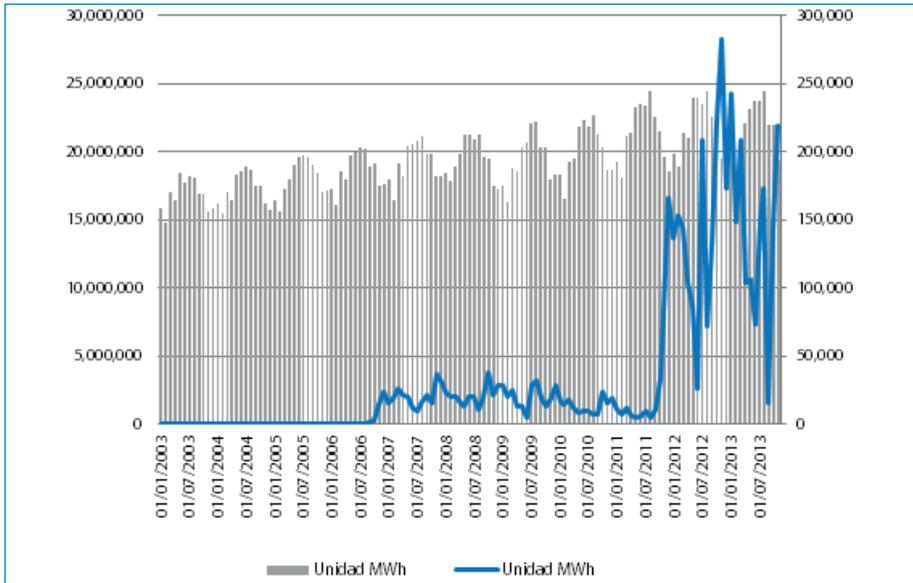
La participación porcentual de la capacidad instalada por tipo de energía resulta directamente proporcional al número de centrales generadoras de energía renovable, en el mismo año; en 2013, el país tenía 246 centrales en operación y en construcción para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables.

De acuerdo con la figura 2.21, la generación bruta total nacional ha presentado un comportamiento cíclico y a la alta; en 2013, la generación total de energía se ubicó en 297 181.901 Gwh, incluyendo la generación reportada de los permisos. Esto representó un incremento del 2 % respecto a 2012 en que la generación fue 296 632.846 Gwh.

En su eje secundario, la figura 2.22 muestra la evolución de generación eólica en una década, de 2003 al 2013, la cual permite observar la disponibilidad del recurso eólico debido a su comportamiento estacional. En este sentido, la generación correspondiente al año 2013 fue mucho mayor que la del año 2003, tal como se observa en la gráfica, pese a que la comparación mes a mes no sea favorable; en particular, 2011 no fue un año favorable; sin embargo, en 2012 la evolución de la generación bruta de energía eólica experimentó un enorme avance con respecto al año anterior de casi 390 por ciento.

La generación bruta de energía eólica en 2013 fue 4 % mayor a la del año anterior; también puede observarse que en ese año, dicha generación, mes a mes, es mayor a la reportada durante 2012 en el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, la figura muestra una disminución en la generación entre los meses de enero-junio por cuestiones de estacionalidad en la disponibilidad del recurso eólico.

Figura 2.21
 Generación bruta de energía total y eólica en México (MWh), 2003-2013



Nota: El eje izquierdo corresponde a la escala de la generación bruta total nacional, mientras que el eje derecho refleja la generación bruta de energía eólica.

Fuente: Elaboración propia con base en el *Sistema de Información Energética* (2014) con información de CFE, incluye la extinta LYFC.

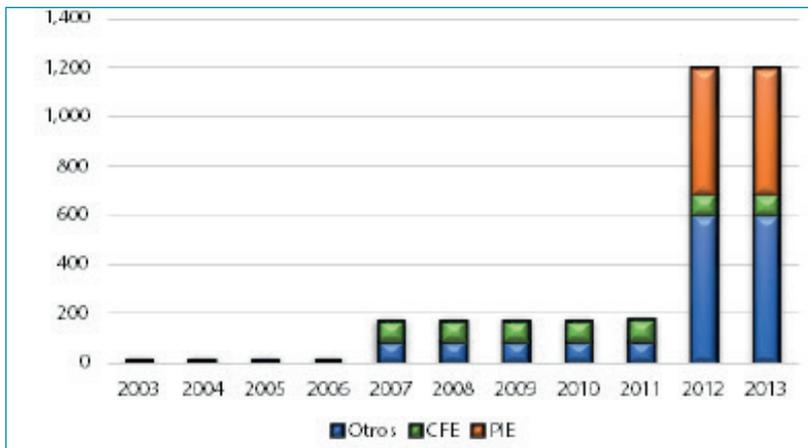
En el periodo de 2003-2013, la capacidad efectiva en sistemas para la generación de electricidad a partir de aerogeneradores ha crecido notablemente al pasar de 4.4 MW a 1 195.2 MW, presentando una tasa de crecimiento del 87 %; durante esta década se observan tres fases importantes, la primera de 2003 a 2006, en la cual la capacidad efectiva no superó los 4.5 MW, la segunda fase se observa a partir de 2007 hasta 2011, cuando dicha capacidad se mantuvo aproximadamente en 174 MW, y, finalmente, la tercera fase va de 2012 hasta la fecha, y se caracteriza por un aumento notable de la capacidad efectiva de generación de energía eólica, ya que en 2012 aumentó 1 021.7 MW respecto al año anterior. Al cierre de 2013, dicha capacidad fue de 1 195.2 MW, semejante a la registrada en el año anterior. El 50% de ese total correspondió al servicio público: 86.8 MW corresponden a la capacidad de CFE, 510.9 MW a capacidad contratada mediante el esquema PIE, y 597.6 MW fue de permisionarios,

destacando el autoabastecimiento, cogeneración y exportación (figura 2.22). Las proyecciones apuntan que durante el 2014 la capacidad de energía eólica operando será de 2 000 (Sener 2013).

En México, la industria eoloeléctrica ha generado empleos principalmente en el ramo de la construcción de obra civil y en la instalación y mantenimiento de las máquinas. Todos los aerogeneradores que se han instalado hasta el momento son de fabricación extranjera y tienen poca o nula integración nacional. Por esta razón, la generación de empleos asociada con la fabricación de bienes de capital para esta industria aún es muy escasa (Borja 2013).

El estudio de los eslabonamientos económicos y territoriales da un panorama de la especialización del espacio y los vínculos que hacen posible que la producción de energía eólica sea eficiente y de gran importancia a nivel mundial. Dichos flujos corresponden al capital, al personal, y a los bienes de uso y consumo que las empresas producen. El concepto de eslabonamiento económico intenta captar una de las facetas de las relaciones interindustriales de cualquier proceso industrial. Fue definido, en un principio, como el estímulo que

Figura 2.22
Evolución histórica de la capacidad efectiva eólica en México (MW),
por tipo de productor 1993-2013

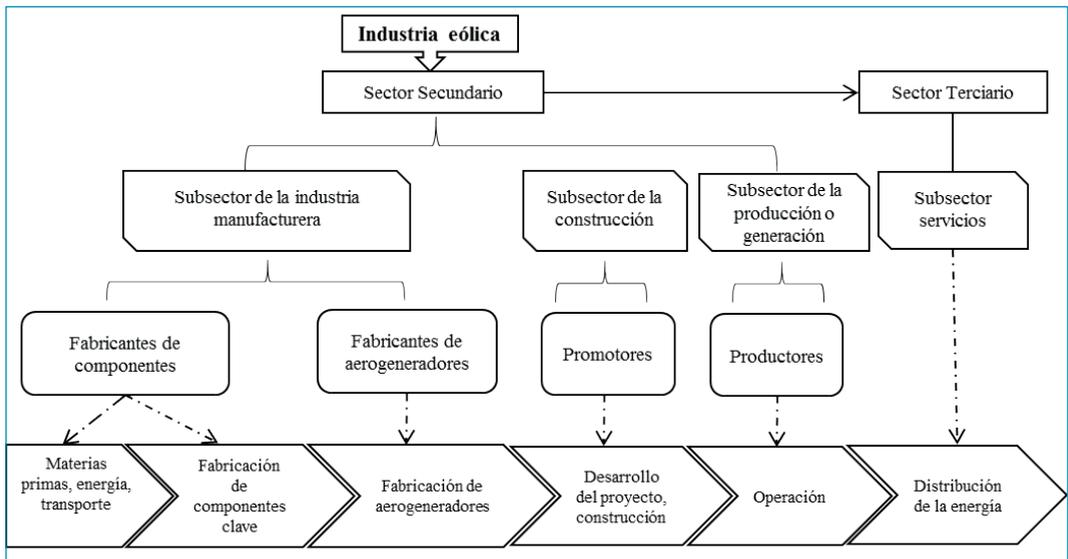


Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Información Energética (2014) con información de CFE; incluye la extinta LYFC.

surge de inversiones en una industria al inducir inversión adicional en otras; de acuerdo con Hirschman (1970), se pueden distinguir dos tipos de mecanismos de inducción que actúan de esa manera. Por un lado, el insumo-abastecimiento, demanda derivada o efectos de eslabonamientos anteriores; por el otro, la producción-utilización o efectos de eslabonamientos posteriores.

Desde la geografía económica se ha trabajado con el concepto de *eslabonamientos* para entender cómo funciona un sector económico desde un enfoque territorial. A éstos se les añade el calificativo de territoriales por tratar de entender la forma en que un determinado espacio se relaciona con otros desde el punto de vista productivo. Así, como lo muestra la figura 2.23, la industria eólica tiene vínculos que la posicionan como un elemento central de un subsistema económico y, por ende, territorial, que forma parte del subsector manufacturero del sector secundario y que depende de otros subsectores para poder ser funcional.

Figura 2.23
Eslabonamientos productivos de la industria eólica



Fuente: Elaboración propia con base en Hirschman (1970); Espejo y García (2012); AMDEE (2012).

La cadena de valor de la industria eólica se divide en tres grandes subsectores, los cuales corresponden al sector secundario (figura 2.23): 1) subsector de la industria manufacturera, donde tanto los fabricantes de componentes como los fabricantes de aerogeneradores pertenecen a este subsector; 2) subsector de la construcción que le corresponde a los promotores, y 3) subsector de la producción o generación, concerniente a los productores. A su vez, cada subsector alberga una actividad que puede desarrollarse en diferentes espacios, que presenta eslabonamientos que son parte de la cadena productiva de la industria eólica.

En su proceso final puede eslabonarse con el sector terciario del subsector de servicios; esta última etapa corresponde a la distribución de la energía. Para el caso particular de México, los eslabonamientos son anteriores y de carácter exógeno, debido a que la mayoría de los subsectores no se encuentran tan desarrollados en México y se recurre a la importación de muchos insumos de la cadena de valor. No obstante, esta industria presenta eslabonamientos hacia adelante en el sentido de ser generadora y exportadora de energía eléctrica que abastece a otras actividades económicas.

La organización espacial de la industria eólica mexicana actualmente no se manifiesta a gran escala; es por ello que los grandes proyectos de capital privado y transnacional recurren a eslabonamientos hacia atrás de la industria eólica internacional para el ensamblado y el emplazamiento de los parques eólicos. Los subsectores como el de la industria manufacturera y de construcción que producen a gran escala, principalmente se encuentran localizados en áreas con capacidad innovadora y regiones desarrolladas.

Según ProMéxico (2014), cada vez más empresas transnacionales pertenecientes al sector de energías renovables están prefiriendo invertir en México, considerándolo un destino atractivo y confiable. Desarrolladoras de proyectos y empresas proveedoras de equipo cuentan con presencia en el país (cuadro 2.6). Asimismo, diversas firmas nacionales han entrado al mercado local en materia de desarrollo de proyectos en pequeña escala, manufactura y comercialización de equipo renovable o han decidido diversificar sus negocios hacia el sector de energía sustentable.

Cuadro 2.6
Empresas proveedoras de la industria eólica en México por tipo de actividad, 2014

ACTIVIDAD	RODAMIENTOS/ ANILLOS Y FORJAS	GENERADORES	TORRES	DESARROLLO DE PROYECTOS	GENERA- CIÓN DE ENERGÍA	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
Empresas	Kaydon	Potencia Industrial	cs Wind	Eoliatec del Pacífico		Wind Power de México	
	Liebherr		Trinity Industries	EA Energía		Fuerza Eólica	Alstom México
	Frisa	Dymanik Kontroll	Tubac	Alternativa de Agua Prieta			
			Speco	Turbopower			
			Enertech	Infraestructura Energética Nova			
				Acciona Energía			
				Energías Ambientales de Oaxaca			
				Mareña Renovables			
				Iberdrola Renovables			
				Esmerald Power México			
				Mase Energy			
				cISA Energía			
				Eoliatec de México			
				Demex			
				GSEER			
				México Power Group			
				Next Energy			
				Microm			
				Energreen Cancún			
				Enel Green Power			
			Frontera Renovable (Amerian Shorelines)				
				Eléctrica del Valle			

Fuente: Elaboración propia con base en Bloomberg New Energy Finance, INEE/ Make Consulting Wind/ AMDEE / Páginas de las empresas, 2014.

En México existen diversos centros productivos compuestos por diversas empresas, tanto locales como extranjeras, en el ramo de la industria eólica; como ejemplos por tipo de actividad, se tienen los siguientes (cuadro 2.6):

a) Fabricación de generadores

- Potencia Industrial (empresa 100% mexicana ubicada en el Distrito Federal, actualmente la Ciudad de México), produce generadores para turbinas Clipper que se exportan a Estados Unidos.
- La empresa de origen estadounidense Dynamik Kontroll fabrica también generadores en Guadalajara, Jalisco.

b) Fabricación de torres

- Las empresas Trinity, Tubac, CS Wind, Speco, y Enertech Fabricaciones, se encuentran produciendo torres de acero para el mercado eólico mexicano.

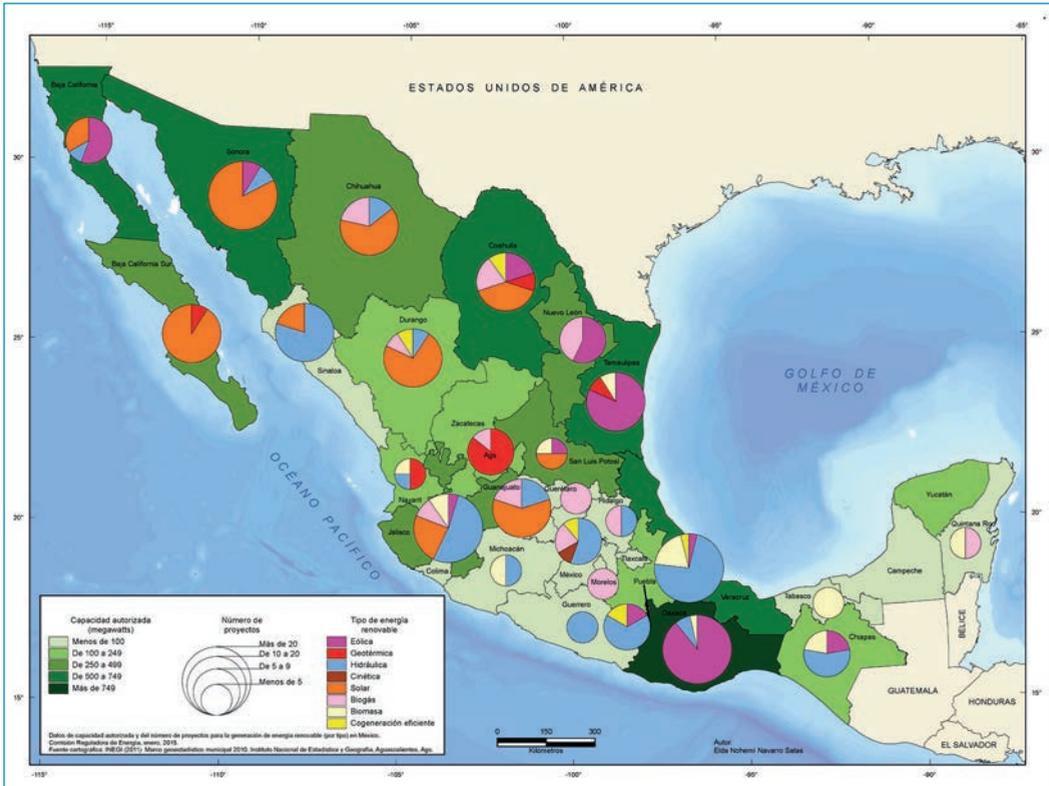
c) Otros componentes para energía eólica

- Las empresas Kaydon y Liebherr y Frisa fabrican baleros y rodamientos para la energía eólica.

La CRE ha otorgado, hasta el 30 de septiembre de 2014, 794 permisos para la generación e importación de energía eléctrica; 284 son específicamente para la generación e importación de energía a través de fuentes renovables, sumando un total de 9340.41 MW de capacidad autorizada, de los cuales, aproximadamente el 40% ya está en operación y el restante está proyectado que entre en operación en los próximos años.

Como puede observarse en la figura 2.24, Oaxaca concentra la mayor capacidad instalada con más de 1999 MW; esto se debe a que el 98% de su capacidad autorizada corresponde a proyectos generados a través de energía eólica, mientras que el otro pequeño porcentaje está distribuido entre la energía generada a través de la biomasa y la hidráulica. Enseguida, y muy por debajo de la capacidad instalada de Oaxaca, se encuentran Veracruz, Tamaulipas, Coahuila, Baja California y Sonora, con una capacidad autorizada entre 500 y 999 MW; en lo que respecta a Veracruz, el 80% de su capacidad autorizada la

Figura 2.24
Capacidad autorizada y número de proyectos otorgados para la generación de energías renovables por tipo y entidad federativa, 2014



Fuente: INEGI (2011).

encabeza la energía hidráulica; el 90 % de la capacidad de Tamaulipas así como el 88.5 % del estado de Baja California corresponde a proyectos de generación de energía eólica; por su parte, en el estado de Sonora la mayor participación la tiene la energía solar, con un 16 % de capacidad autorizada.

Los estados con menos de 100 mw de capacidad autorizada son Guanajuato, Sinaloa, Hidalgo, Quintana Roo, Guerrero, Tabasco, Estado de México, Michoacán, Querétaro y Morelos, de los cuales, los dos últimos tienen una capacidad autorizada incipiente de menos de 5 mw; el total de su capacidad proviene de proyectos de generación de energía eléctrica a través de biogás.

La distribución geográfica de la capacidad autorizada para la generación de energías renovables, desde 1992 hasta septiembre del 2014, no necesariamente se explica con base en las delimitaciones regionales-administrativas establecidas por la Sener y la CFE; más bien, corresponde a una estructura territorial que atiende a regiones económicas. Por lo anterior, se observa que la capacidad autorizada es mucho menor en las regiones del Valle de México, del Balsas y en la Península de Yucatán, que en el resto del país, debido a que estas regiones han apostado más por las centrales generadoras que utilizan energías fósiles, como las de ciclo combinado y las termoeléctricas, que atienden la demanda de su alta densidad de población. Las regiones Golfo Norte, Golfo Centro, Península de Yucatán y Noroeste del país se posicionan como el segundo grupo con mayor capacidad instalada de este tipo de energías, mientras que el primer lugar lo posee únicamente el estado de Oaxaca, particularmente en la región del Istmo de Tehuantepec.

Oaxaca, Veracruz, Sonora y Jalisco son las entidades con el mayor número de permisos aprobados. Por su parte, Chihuahua, Tamaulipas, Baja California Sur, Durango, Coahuila, Guanajuato y Sinaloa poseen de 10 a 20 permisos cada uno. Los estados con menor número de permisos para la generación e importación de energía a través de recursos renovables son Zacatecas, Tabasco y Morelos, con tan solo un permiso otorgado hasta la fecha; de tal manera que la capacidad autorizada no es directamente proporcional al número de proyectos.

En 2014, la CRE ha otorgado 57 permisos para la generación e importación de energía eólica, que suman una capacidad autorizada total de 5 389.02 MW (cuadro 2.10), de los cuales, la mayor parte (39) están destinados para abastecer a industrias diversas; también existen otros permisos como los otorgados para los pequeños productores (5), productor independiente (6), exportación (3), municipal (2), alimento (1) y cementero (1). Lo anterior muestra el eslabonamiento hacia adelante que tiene la generación de energía eólica con otras actividades económicas en las que la demanda del recurso energético es fundamental para su funcionamiento.

Del total de permisos para la generación de energía eólica autorizados por la CRE, el 40.4% se encuentra en operación, el 36.8% en construcción y el 22.8% restante por iniciar obras. Los estados que cuentan con el mayor número

de proyectos de energía eólica son Oaxaca, Tamaulipas y Baja California, los cuales se asocian con su potencial eólico.

Oaxaca es el estado que concentra casi la mitad de los permisos de generación, con el 43.8 %; de los 25 permisos que tiene autorizados, 18 se encuentran en operación, mientras que los restantes ya se encuentran en construcción. La mayor parte de los proyectos son para abastecimiento de industrias diversas; es el único estado que tiene un permiso destinado a la industria de alimentos y cementera, a través de dos empresas permisionarias Bii Nee Stipa Energía Eólica, S. A. de C. V. y Eurus, S. A. P. I. de C. V. respectivamente; también cuenta con uno de los dos únicos proyectos que abastecen energía para uso municipal y de exportación, junto con Baja California.

Por su parte, Tamaulipas cuenta con nueve permisos autorizados, todos destinados a abastecer a industrias diversas; sólo uno se encuentra en operación, con una capacidad autorizada de 54.00 MW, otro está en construcción y los restantes están por iniciar obras. Baja California tiene una capacidad autorizada de 568.80 MW distribuida en cinco proyectos: dos destinados a abastecer industrias diversas, dos para exportación y uno actualmente en operación que genera energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento para el municipio de Mexicali.

Hasta la fecha, existen tres permisos para generar energía eólica destinada a la exportación, que corresponden a las empresas Wind Power de México S. A de C. V., Energía Sierra Juárez, S. de R. L de C. V. y Electrodesarrolladora Luz de Viento, S. de R. L. de C. V. De estas, las dos empresas con mayor capacidad autorizada se encuentran en el estado de Baja California y sus proyectos de producción independiente de energía eólica tienen por objeto generar electricidad para su exportación a Estados Unidos. Por su parte, la empresa Electrodesarrolladora Luz de Viento, ubicada en La Ventosa, Oaxaca, tiene una actividad autorizada para generar electricidad destinada a exportarla a Guatemala, a través de un proyecto de pequeña producción.

La mayoría de los permisionarios están constituidos como Sociedades Anónimas Promotoras de Inversión (S. A. P. I.; cuadro 2.7); se constituyen de esta manera con la finalidad de realizar una actividad comercial que permita

Cuadro 2.7
Permisos de generación e importación de energía eólica,
por tipo de actividad y capacidad instalada, 2014

Estado	Permisionario	Capacidad autorizada (MW)	Número de proyectos	Fecha de entrada en operación	Actividad Económica						
					Exportación	Industrias diversas	Municipal	Alimentos	Cemento	Productor independiente	Pequeño productor
Total Nacional		5,389.02	57		3	39	2	1	1	6	5
Baja California		508.80	5								
	Wind Power de México S.A. de C.V.	300.80	1	30/09/15	X						
	Energía Sierra Madre, S. de R.L. de C.V.	155.00	1	30/09/14	X						
	MPG Ramonosa, S.A.P.I. de C.V.	72.00	1	19/12/14		X					
	Fuerza Eólica de San Martín, S.A. de C.V.	30.00	1	31/12/15		X					
	Municipio de Mexicali	10.00	1	29/10/09			X				
Chiapas		48.77	2								
	Eólica de Arriaga, S.A.P.I. de C.V.	28.80	1	05/06/12		X					
	Generadores Eólicos de México S.A. de C.V.	19.97	1	30/06/15		X					
Coahuila		500.60	2								
	Operadora Eólica Mexicana, S.A.P.I. De C.V.	300.00	1	30/10/15		X					
	Eólica de Coahuila, S. de R.L. de C.V.	200.60	1	15/12/16		X					
Guatemala		50.40	1								
	Eólica de Amaten, S.A.P.I. de C.V.	50.40	1	01/12/13		X					
Nuevo León		324.00	4								
	Veritas, S.A. de C.V.	252.00	2	30/06/16		X					
	Energía Proyecto Eólico, S.A.P.I. de C.V.	50.00	1	28/02/15		X					
	Eólica Santa Cruz	22.00	1	01/06/13		X					
Oaxaca		2,692.75	25								
	GE Oaxaca Dos Tres y Cuatro, S. de R.L. de Runt, S.A.P.I. de C.V.	305.00	3	05/03/12						X	
	Fuerza y Energía BH Huevo, S.A. de C.V.	234.00	1	01/09/14		X			X		
	Explotación Eólica Mexicana de Oaxaca I y II	227.50	2	01/09/14		X					
	Energía Aterva Ixtavela, S. de R.L. de C.V.	215.65	1	31/12/14		X					
	Energía Eólica Mavela S.A. de C.V.	180.00	1	20/12/13		X					
	Eólica de Ixtavela, S.A.P.I. de C.V.	164.00	1	01/07/13		X					
	Eólica de Puente, S.A.P.I. de C.V.	160.00	1	28/02/14		X					
	Energía Renovables Veracruz III, S.A. de C.V.	102.85	1	09/10/12						X	
	Energía Amistad de Oaxaca, S.A. de C.V.	102.00	1	26/09/12						X	
	Energía Renovables la Maná, S.A.P.I. de C.V.	102.00	1	01/10/14						X	
	Fuerza Eólica de México, S.A. de C.V.	101.90	1	31/01/09		X					
	Fuerza Eólica de Ixtavela, S.A. de C.V.	80.00	1	08/10/11		X					
	Eólica el Retiro, S.A.P.I. de C.V.	74.00	1	01/05/14		X					
	Sopa Nigua, S.A. de C.V.	74.00	1	01/07/12		X					
	Eólica Dos Arboles, S.A.P.I. de C.V.	70.00	1	01/12/14		X					
	Eólica Zapopan, S.A.P.I. de C.V.	70.00	1	01/01/13		X					
	Eólica de Valle de México, S. de R.L. de C.V.	67.50	1	01/04/10			X				
	PE Ingenio, S. de R.L. de C.V.	49.50	1	30/06/15		X					
	Electrodesarrollo y Luz de Veracruz, S. de R.L.	30.00	1	30/09/15	X						
	Bu Na Sopa Energía Eólica, S.A. de C.V.	26.35	1	01/04/10				X			
	Instituto de Investigaciones Eléctricas	5.00	1	01/07/10							X
Puebla		66.00	1								
	Par II Quecholan Felipe Ángeles, S.A. de C.V.	66.00	1	04/12/14		X					
San Luis Potosí		200.00	1								
	Distribución Energía Limpia, S. de R.L. de C.V.	200.00	1	31/12/14		X					
Sonora		2.00	1								
	Energía Sonora PPE, S.C.	2.00	1	30/12/14							X
Tamaulipas		595.50	9								
	Grupo Soluciones en Energías Renovables	161.00	1	30/04/12		X					
	Eólica Tres Mesas I y 2, S. de R.L. de C.V.	148.50	2	01/10/15		X					
	Compañía Eólica Nueva Guerrero, S.A. de C.V.	60.00	1	30/09/15		X					
	Compañía Eólica Praxedis, S.A. de C.V.	58.00	1	30/09/15		X					
	Compañía Eólica Tamaulipas, S.A. de C.V.	54.00	1	01/03/14		X					
	Compañía Eobeléctrica de Ciudad	50.00	1	30/09/14		X					
	Compañía Eólica La Mesa, S.A. de C.V.	28.00	1	30/09/14		X					
	Compañía Eólica San Andrés, S.A. de C.V.	25.00	1	30/09/14		X					
Veracruz		40.00	1								
	Fuerza Viento Papantla, S.A.P.I. de C.V.	40.00	1	28/02/16		X					
Yucatán		130.20	4								
	Eólica del Golfo I, S.A.P.I. de C.V.	40.95	1	31/03/15		X					
	Albino ADM, S.A. de C.V. Central Parque	30.00	1	29/02/16							X
	Albino Energías Renovables de México, S.A. de C.V.	30.00	1	28/02/16							X
	Eólica del Golfo I, S.A.P.I. de C.V.	29.25	1	31/03/15							X
Zacatecas		180.00	1								
	MPG La Buña, S.A.P.I. de C.V.	180.00	1	31/12/15		X					

Estado actual de los permisos otorgados al 30 de septiembre del 2014

En operación
 En construcción
 Por iniciar obras

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE datos de septiembre de 2014).

a sus accionistas tener derechos corporativos y económicos. Esto es un paso previo para cotizar en la bolsa de valores (Internet 3).

Al cierre del 2014, se contaba con una capacidad instalada de 2 551 MW en 31 parques eólicos en operación en Oaxaca, Baja California, Chiapas, Jalisco, Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León. El desarrollo de esta industria ha demandado inversiones que superan los 5 mil millones de dólares, con más de 1 200 aerogeneradores operando en todo el territorio nacional (AMDEE 2012; *El Universal* 2015).

Perspectivas del subsector eoloelectrico en la generación eléctrica nacional en el contexto de las energías renovables.

De acuerdo con Adrián Escofet, presidente de la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), en 2015 se pondrán en operación 12 parques eólicos con una capacidad de generación de 732 megavatios, con una inversión de mil 400 millones de dólares. Los parques eólicos se ubicarán en los estados de Oaxaca, Baja California, Puebla, San Luis Potosí, Durango, Nuevo León, Sonora y Yucatán.

Asimismo, empresas nacionales, privadas y extranjeras, han comprometido inversiones significativas en los próximos cuatro años para poner en operación proyectos de energía eólica con capacidad de 6 949 MW. En el proceso están involucradas compañías que forman parte de la AMDEE, como las españolas Iberdrola, Acciona, Gamesa, y la mexicana Peñoles, entre otras.

En 2018 se espera contar con más de 9 500 MW instalados por empresas privadas miembros de la asociación, las cuales representarán alrededor del 8 % del total de generación de México. Ampliar esta capacidad significa que entre 2015 y 2018 se tendrán que realizar inversiones por 14 mil millones de dólares y, en consecuencia, la ampliación de la capacidad instalada eólica vendría de la mano de empresas privadas principalmente (AMDEE 2015; *El Universal* 2015).

La Sener y la CRE, en sus proyecciones de 2000 al 2025, tienen estimados un total de 252 proyectos de energía renovable que suman una capacidad instalada nacional de 37 748.78 MW con una inversión aproximada de 3 9851.34

millones de dólares, tal como lo muestra la figura 2.26, en donde se representa la distribución geográfica de la capacidad instalada y número de proyectos por tipo, para la generación de energías renovables por estado.

Como puede observarse, Oaxaca, Nayarit, Hidalgo y Veracruz concentran la mayor capacidad autorizada con más de 1,999 MW; Chiapas, Guanajuato y Tamaulipas tienen una capacidad de 1000 a 1999 MW; Tabasco, Coahuila, Baja California, Nuevo León y Guerrero, entre 500 a 999 MW; Sinaloa, Jalisco, Campeche y San Luis Potosí de 100 a 499 MW y el resto cuenta con menos de 100 MW de capacidad instalada.

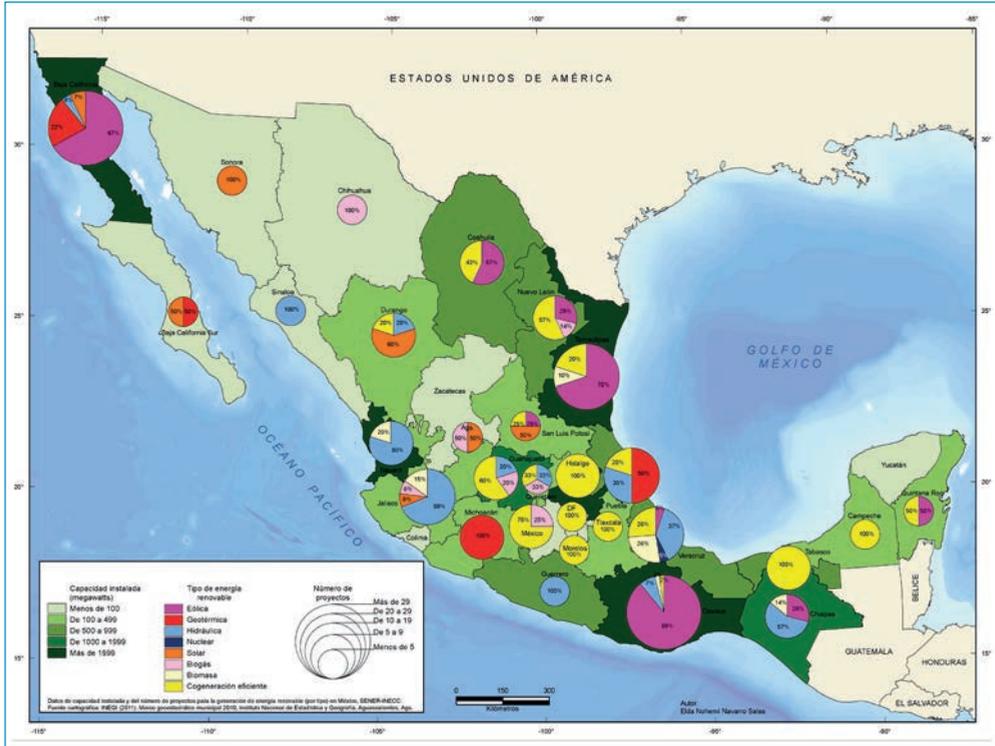
Oaxaca y Veracruz son los estados que concentran el mayor número de proyectos, 47 y 46 respectivamente, seguidos de Jalisco, Baja California y Tamaulipas y Puebla. Los proyectos de energía eólica son los más importantes, con el 26.2 % del total, seguidos por los de cogeneración, con 20.2 %, y los de biomasa, con 19.2 % del total de proyectos. Los estados que cuentan con un mayor número de proyectos de energía eólica son, en primer lugar, Oaxaca, con el 89 %, seguido por Tamaulipas (70 %), Baja California (67 %) y Coahuila (57 por ciento).

Por su parte, el 100 % de la generación de energías renovables en los estados de Hidalgo, Tabasco, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala y Campeche se obtendrá de proyectos de cogeneración con el empleo de gas natural y combustible, que abastecerán tanto al servicio público como al privado; un ejemplo de lo anterior es la refinería Miguel Hidalgo, ubicada en Tula, Hidalgo, la cual actualmente se encuentra en operación. En general, el centro del país y la Península de Yucatán apostarán por este tipo de generación ya que hasta el momento tienen 3 063.50 MW de capacidad autorizada de los 3 879.59 MW adicionales que se tienen estimados.

Otro tipo de energía renovable que se espera tenga un crecimiento significativo es la biomasa a través de bagazo de caña, principalmente en estados con presencia de litoral y producción de caña.

Por su ubicación geográfica y por su potencial, el norte de México presentará la mayor cantidad de proyectos de energía solar, junto con Zacatecas, San Luis Potosí y Jalisco, a excepción de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; en el caso de Chihuahua se enfocará en un cien por

Figura 2.26
Proyectos de energía renovable al 2025



Fuente: INEGI (2011).

ciento hacia proyectos de biogás, mientras que los demás estados apostarán por aquellos que utilizan gas natural como combustible.

La distribución geográfica de la capacidad autorizada para la generación de energías renovables al 2025 (figura 2.26), a diferencia del escenario actual es mucho menor en la región del Noroeste que en el resto del país, debido a que al momento de realizar la prospectiva, aún no se autorizaban los actuales permisos para generar energía solar en la región. En ella, sólo se tenía programado el proyecto Agua Prieta II para generar energía a partir del sol, pero las inmejorables condiciones geográficas de alta insolación de la región ha sido la

causa de que actualmente se tengan 21 permisos aprobados para generar energía solar, los cuales entrarán en operación para el año 2015, tentativamente.

De acuerdo con las proyecciones que se tienen, Tamaulipas, Hidalgo y Nayarit serán estados que aumentarán su capacidad instalada debido al fomento de proyectos de energía eólica, cogeneración eficiente y energía hidráulica, respectivamente. No obstante, Oaxaca seguirá siendo líder en capacidad instalada de proyectos de energía eólica, seguido por Tamaulipas, Baja California y Coahuila, superando este último al estado de Veracruz. Es de notar que a diferencia del escenario actual (figura 2.26 y cuadro 2.10), los estudios prospectivos indican que Baja California aumentará de 5 a 27 el número de permisos autorizados.

En total, se contempla que en 2025, el número de proyectos de energía eólica sea de 97, sumando una capacidad instalada de 12 593.8 MW. Se estima que del total de los proyectos, el 69.9 % de los proyectos sean de autoabastecimiento, 17.5 % de PIE, 4.1 % para la exportación, otro 4.1 % para el servicio público y del restante no se tiene información.

Lo anterior coincide con lo señalado por el Consejo Mundial para la Energía Eólica: para 2025, más de la tercera parte de la energía que se consuma en el planeta provendrá del viento, por lo que el Gobierno mexicano ha comenzado un programa para construir plantas eólicas en dos principales zonas del país: la costa noreste (Tamaulipas) y el istmo de Tehuantepec (Oaxaca).

Para el año 2027, se estima que las energías renovables aporten el 35 000 MW³³ de la capacidad instalada. Se prevé un incremento de 21 089 MW (2013-2027) en la capacidad instalada existente, de la cual el 52 % corresponderá a la energía eólica, y el 25 % a la hidráulica (cuadro 2.8). Para satisfacer la demanda total de energía eléctrica en 2027, el sector público planea instalar 8 462 MW en energías renovables, lo que representa el 17.8 % del total nacional de la red eléctrica, mientras que el mayor porcentaje de capacidad instalada lo tiene proyectado la modalidad de autoabastecimiento, con un 49 % del total nacional de capacidad instalada proyectada para fuentes renovables (ProMéxico, 2014).

³³ Para calcular la capacidad total en 2027 se suman los 21 089 MW a la capacidad instalada en 2012.

Cuadro 2.8
Capacidad instalada adicional para la generación de electricidad
por fuentes renovables 2013-2027 (mw)

TIPO DE ENERGÍA	SERVICIO PÚBLICO	AUTO ABASTECIMIENTO	GENERACIÓN DISTRIBUIDA	TOTAL
Eólica	3 519	7 066	395	10 980
Hidráulica	4 713	476	150	5 339
Solar				
•Fotovoltaica	36	2 199	1 273	3 508
•Termosolar	14	29	1	44
Biomasa	0	539	402	941
Geotérmica	180	40	57	277
Total	8 462	10 348	2 279	21 089

Fuente: Elaboración propia con base en la Sener (2013).

En el contexto de las energías renovables en general, se contempla a futuro el predominio de la energía eólica en México por su mayor crecimiento, debido a diversos factores tales como una ubicación favorable y, por ende, un gran potencial de generación eólica terrestre y marina; la caída en los costos de equipamiento a nivel internacional; costos de operación y mantenimiento bajos, apertura a las inversiones privadas, bajo costo de arrendamiento de tierras, mano de obra barata y la necesidad de reducir la emisión de GEI, como parte de un compromiso internacional.

Por lo anterior, es indispensable que la generación de energía eólica cuente con una planeación y reglamentación apropiada que no deje de lado a las comunidades y que asegure la distribución equitativa de sus beneficios. Los parques eólicos no pueden ser viables si continúan reproduciendo y profundizando inequidades socioeconómicas, ambientales y territoriales entre países y entre grupos sociales. Las decisiones sobre los parques eólicos y sus impactos deben ser colectivos y negociados desde una visión sistémica. En especial, ha de señalarse la necesidad de que dichas decisiones estén basadas en información verídica y conocimientos sólidos e integrales, antes de afirmar que los impactos no afectarán el medio ambiente y a la calidad de vida de la población.

Dicho esto, resulta evidente la prioridad de fortalecer el servicio público en vez de reducirlo y favorecer al sector privado, puesto que se trata de un componente básico de la cohesión económica y social, así como del desarrollo territorial. En este tenor, las energías renovables en México siguen siendo subordinadas al intercambio mercantil que se hace de ellas, restringiendo la producción de determinadas fuentes de energía debido a su escasa rentabilidad con respecto a otras, enfrentando barreras económico-financieras, tecnológicas y de capacidad institucional que han impedido el aprovechamiento del potencial, con lo que también se pierde una oportunidad para convertirlas en un motor de crecimiento económico, generación de empleos e impulso a la innovación y productividad del país.

3

Características físico-geográficas y socioeconómicas del corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez. Estructura actual del sector eléctrico regional

Características físico-geográficas de la zona en estudio. Potencial natural para la generación eoloeléctrica

El estado de Baja California se caracteriza por una fuerte variación espacial de las condiciones climatológicas, fisiográficas y edafológicas, cuya combinación le imprimen a su territorio un alto valor paisajístico. Estas características físico-geográficas favorecen la presencia de vientos constantes otorgándole un potencial para la generación de energía eólica que no ha sido aprovechado y que se encuentra en extensas superficies. Además, la fisiografía accidentada actúa como una barrera natural para la comunicación terrestre y el desarrollo territorial homólogo de actividades económicas y sociales, misma que hace más complejo la configuración de la red eléctrica y el abastecimiento de servicios básicos como la electricidad (Zamora, Leyva y Lambert 2010; Semarnat 2013).

Con el intento de analizar el auge de emprendimientos energéticos, en especial de los parques eólicos, esta investigación se enfoca en el norte del estado de Baja California, por ser la región que según la Secretaría de Energía (Sener) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) posee el segundo mayor potencial eoloeléctrico del país, particularmente por el emplazamiento de proyectos dentro del corredor económico Ensenada-Mexicali (CEEM) y Sierra Juárez, así como en sus áreas de influencia. Es en esta misma región donde se inició todo el proceso de desarrollo eoloeléctrico del estado de Baja California a gran escala, el cual pretendía atender la demanda energética de los municipios de Mexicali y Tijuana y, en especial, la que venía surgiendo en la ciudad de Tecate; no obstante, hoy en día la mayor producción de energía eólica es exportada a Estados Unidos.

Baja California tiene una base energética integrada por derivados del petróleo y electricidad. La demanda de hidrocarburos y sus derivados es satisfecha por Petróleos Mexicanos (Pemex), la empresa productiva estatal encargada de la explotación del crudo y el gas natural, además del procesamiento e importación de productos petrolíferos.

En materia de hidrocarburos y sus derivados, el estado de Baja California es importador absoluto de otras regiones del país; sin embargo, en el sector eléctrico las oportunidades para la planeación energética son mayores, puesto que la operación de la infraestructura eléctrica regional corre a cargo de la CFE, la otra empresa productiva estatal, pero también participan empresas privadas (productores independientes o externos) que han construido y operan centrales de ciclo combinado y venden la electricidad generada a la CFE, quedando integradas al sistema eléctrico de Baja California, el cual no forma parte del sistema interconectado de la red eléctrica nacional, sino que conforma un sistema independiente.

La entidad debe generar su propia electricidad para satisfacer la demanda creciente, esto debido a la falta de conexión a la red eléctrica nacional. Su población está en constante crecimiento y presenta una actividad económica regional dinámica, que se basa, en buena medida, en empresas multinacionales que exportan su producción a otros países, lo cual brinda a la región una importancia geoestratégica (Muñoz et al. 2012).

Por lo anterior, resulta indispensable examinar los factores físico-naturales que conforman el sistema territorial del corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez, mismos que condicionan, en buena medida, la localización, utilización y organización de los espacios económicos, que, aunados al componente social, son la base para comprender la estructura y organización de la economía y del sector eléctrico regional, ya que juntos generan un sistema territorial complejo.

A su vez, para el desarrollo del subsector eoloeléctrico en un territorio se requiere de un amplio conjunto de recursos, pero cabe señalar que sólo un grupo de ellos, en sentido estricto, son factores que determinan el potencial para la generación de energía eólica, particularmente cuando se trata de aprovechar los recursos naturales que ofrece un territorio determinado.

Medio físico-geográfico de la zona de estudio

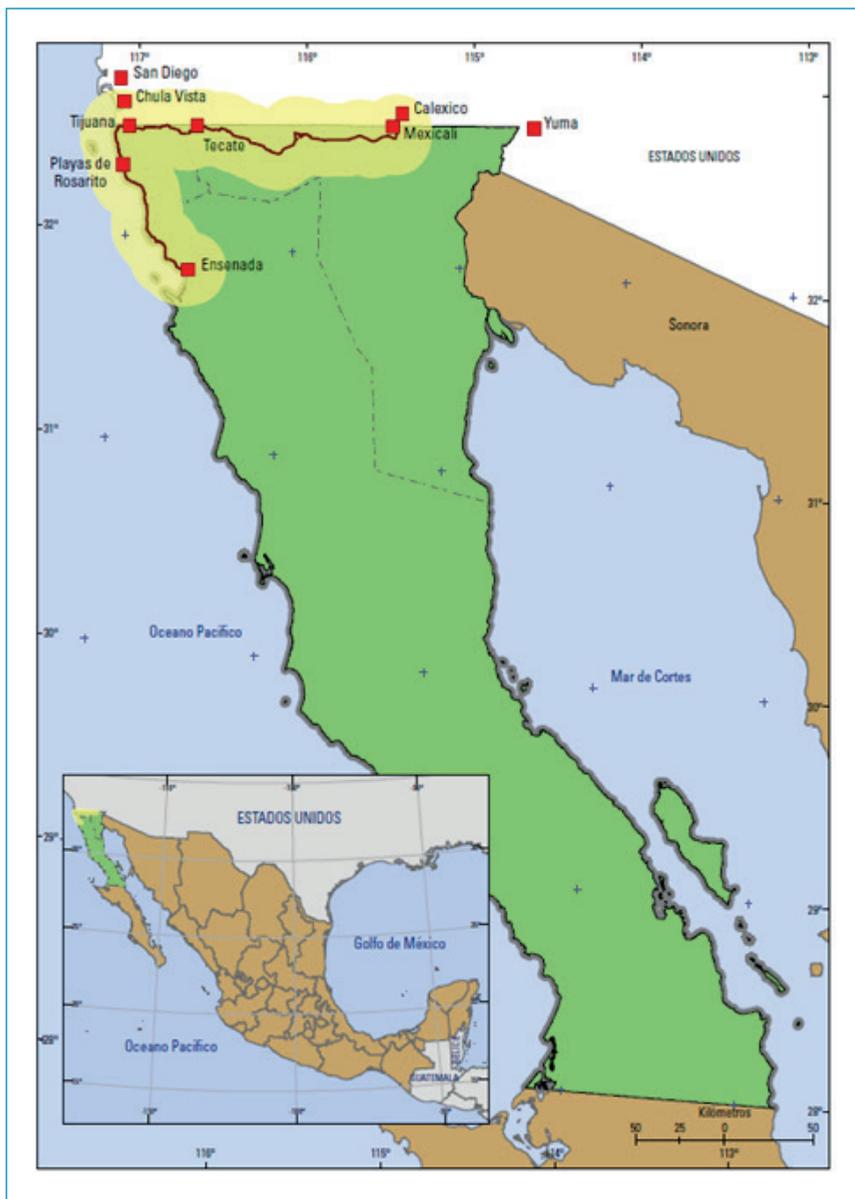
El estado de Baja California se localiza al noroeste de la República Mexicana; ocupa la porción septentrional de la península del mismo nombre, y limita al norte con California, Estados Unidos; al este con el río Colorado, el mar de Cortés y Sonora; al sur con Baja California Sur y al oeste con el Océano Pacífico. Baja California se conforma de cinco municipios: Mexicali, Tijuana, Tecate, Ensenada y Playas de Rosarito, que ocupan una superficie de 741,446 km². Sus litorales se extienden a lo largo de 720 km en el Océano Pacífico y 560 km en el Golfo de California (figura 3.1).

Es a lo largo de la frontera México-Estados Unidos y el extremo costero noroccidental del estado de Baja California donde se emplaza el corredor económico Ensenada-Mexicali (CEEM);³⁴ de acuerdo con la propuesta de Padilla, García y Castillo (2011) esta delimitación procura dejar de lado el limitado enfoque político-administrativo, por lo que la delimitación del CEEM favorece el análisis desde la perspectiva de la estructura territorial y las relaciones entre los centros urbanos que lo integran. La delimitación del CEEM, se da a partir del centro rector del corredor que es la ciudad de Tijuana, y su área de influencia que se extiende en un radio de 250 km (figura 3.2).

Las carreteras de cuota núms. 1 y 1D son consideradas el eje de infraestructura vial articulador e integrador del CEEM en su carácter de corredor principal, mientras que la carretera federal que une a Ensenada y Tecate es

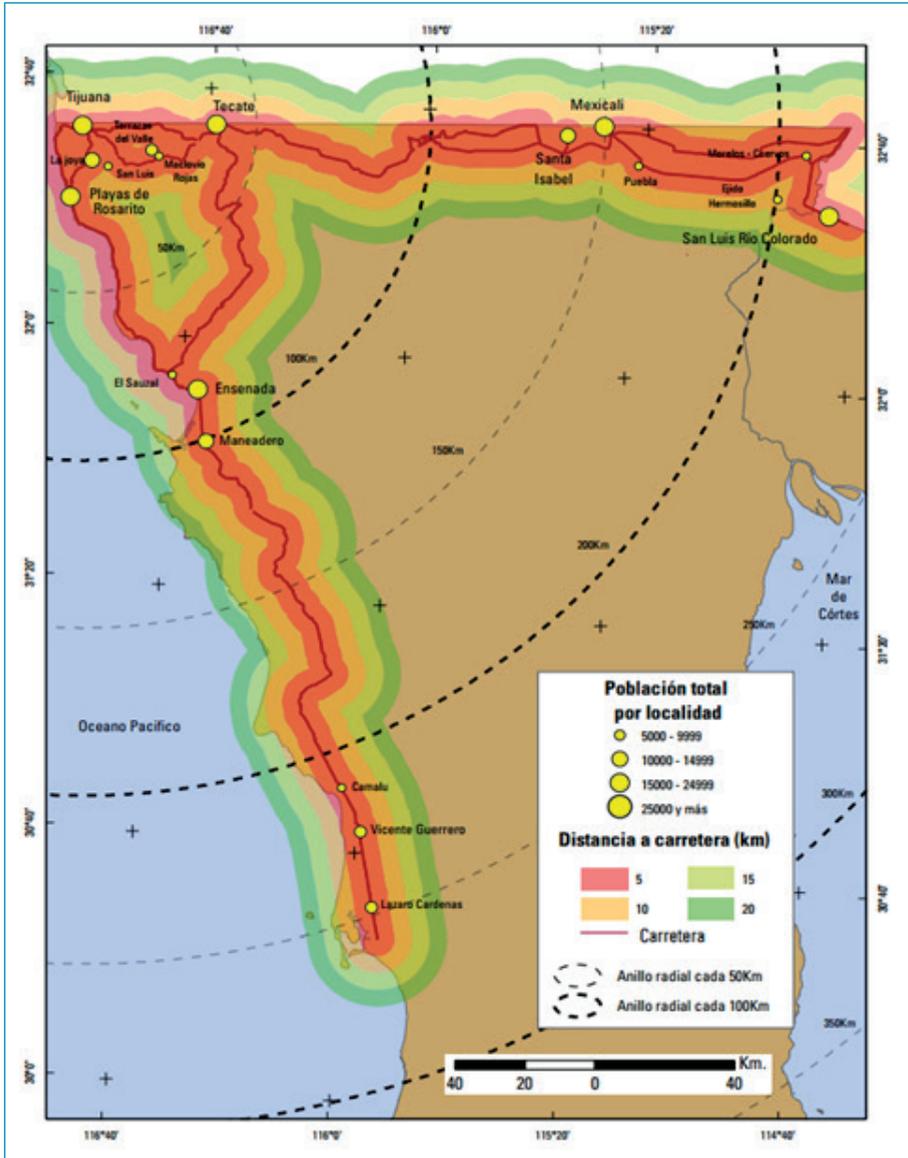
³⁴ Los corredores económicos constituyen una “dimensión espacial de la globalización y pueden ser considerados como unidades complejas en donde se ubican múltiples procesos concentrados en porciones territoriales y en donde se articulan una variedad de dinámicas —sobre todo económicas— que, al igual que ocurre con otras —como las sociales y políticas—, se condicionan mutuamente. Los corredores económicos suelen basarse en un eje longitudinal dentro del que funcionan sistemas urbanos importantes; son dependientes de las condiciones geográficas y de los elementos humanos (como pueden ser las vías de comunicación adicionales); sus dinámicas y efectos superan la concepción artificial de los municipios, y sirven como canales de comercio entre distintas ubicaciones” (Instituto Municipal de Planeación —en adelante Implan— 2010).

Figura 3.1
Localización geográfica del corredor económico Ensenada-Mexicali



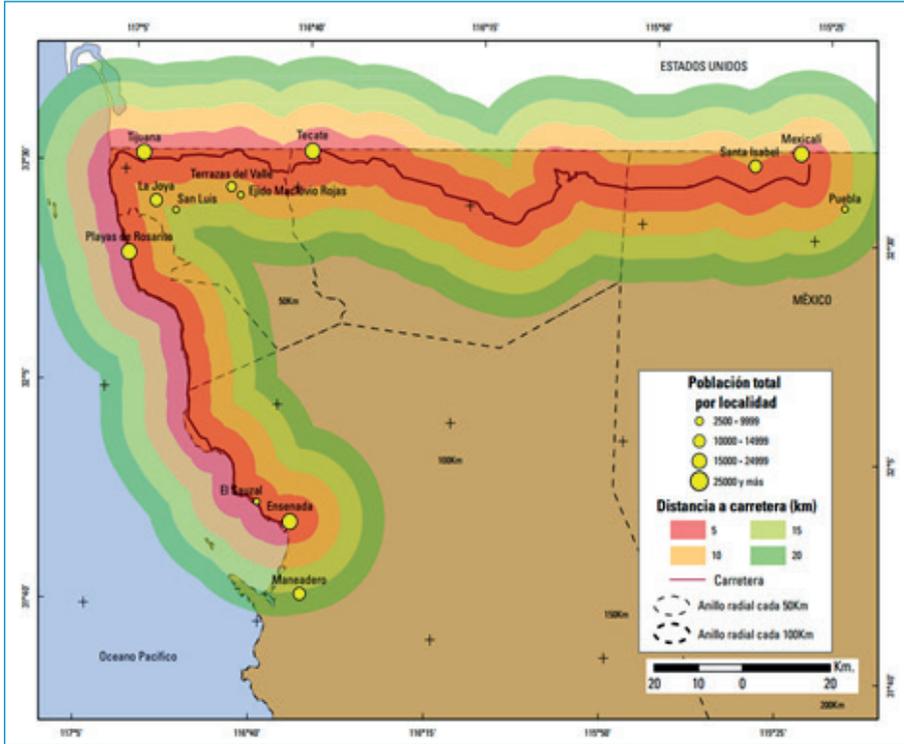
Fuente: Tomado de Padilla, García y Castillo (2011, 3).

Figura 3.2
Corredor económico Ensenada-Mexicali y área de influencia



Fuente: Tomado de Padilla, García y Castillo (2011, 3).

Figura 3.3
Corredor Económico Ensenada-Mexicali



Fuente: Tomado de Padilla, García y Castillo (2011, 4).

considerada como ramal funcional complementario,³⁵ lo que permite delimitar el CEEM para efectos de esta investigación (figura 3.3).

En esta delimitación se contemplan las principales localidades relacionadas, de una u otra forma, con el sector eléctrico y sus emplazamientos. La superficie territorial del CEEM considera los tramos que van desde la ciudad

³⁵ Los corredores económicos son considerados por algunos autores como “zonas de desarrollo, pues tienen claro fundamento en el emplazamiento de un conjunto de infraestructuras que los hacen posibles, con las que toman cuerpo y forma en el espacio geográfico. Sin la existencia de una infraestructura vial que lo integre, no puede hablarse de un corredor económico” (Padilla, García y Castillo 2011, 67).

de Ensenada hasta Mexicali, a lo largo del eje articulador, y las localidades ubicadas a lo largo de los caminos secundarios que convergen a dicho eje, por lo tanto, esta superficie incluye porciones de la Sierra de Juárez. En la franja costera de este espacio, hacia el Océano Pacífico, se encuentran como ciudades importantes Ensenada, Rosarito y Tijuana, las cuales fungen como lugares de enlace para otras localidades pequeñas de la región. En la parte alta de la Sierra de Juárez se ubica Tecate, y en la vertiente del Golfo de California se encuentra Mexicali, esta última, capital del estado de Baja California y la ciudad donde se concentran los servicios, las oficinas gubernamentales y la administración del estado.

Medio físico-geográfico de la zona de estudio

La Península de Baja California se compone por dos provincias fisiográficas: la Península de Baja California y la Llanura Sonorense. El relieve peninsular está conformado por cadenas de montañas orientadas en dirección noroeste-sureste y por valles y llanuras costeras del Pacífico. En la provincia Península de Baja California se localiza la subprovincia Sierra de Baja California Norte, donde se sitúa el CEEM, la cual está integrada por mesetas y lomeríos con altitud por debajo de los 400 m.s.n.n., y pendientes suaves y medias. Al este del corredor la altitud aumenta hacia la Sierra de Juárez, lo que hace que el régimen de viento sea eficaz. Además, en el espacio ocupado por el CEEM existen formaciones geológico-geomorfológicas que favorecen el potencial eólico de la región (Carmona 2006; Machado, Leyva y Lambert 2010).

Según Lugo (1978) en el estado de Baja California se encuentran cinco unidades geomorfológicas: 1) La planicie costera del Pacífico; 2) El sistema montañoso principal (incluye la Sierra de San Pedro Mártir); 3) La Planicie Costera del Golfo de California; 4) El grupo montañoso Sierra de San Felipe, y 5) Elevaciones montañosas aisladas. En cada una de las unidades geomorfológicas se reconocen más de una zona (excepto la unidad 5) sumando un total de 15, que a su vez se subdividen en subzonas de acuerdo con sus características morfotectónicas, ya que la geomorfología tiene una estrecha relación

con la actividad tectónica, en primer lugar, y en segundo lugar se asocia a la litología y el clima.

Una de las condiciones físicas que por naturaleza ha tenido la península de Baja California es su particularidad de estar rodeada por el mar. El territorio peninsular es “casi una isla”, condición que hace favorable la interacción del mar con el viento. En la vertiente del Mar de Cortés o Golfo de California, el clima es desértico extremoso con lluvias poco abundantes en el año. En la vertiente del Océano Pacífico el clima es cálido, semiseco o estepario, con lluvias en invierno; mientras que en la parte media-sur del estado el clima es desértico (INEGI 2014). A su vez, los climas dominantes en el estado de Baja California son el *muy seco* (BW), que abarca el noreste, centro y sur de la entidad y cubre un 69 % de la superficie de la entidad, seguido del *seco* (BS) que comprende la porción noroeste principalmente y ocupa el 21 % de la superficie; solo una pequeña región tiene un clima *templado subhúmedo* en los alrededores de las sierras del norte con el 7 % de la superficie de la entidad (INEGI 2010).

En general el clima en el territorio que ocupa el CEEM es *seco mediterráneo templado* (BSK). Su régimen de lluvias obedece a las interacciones de los factores de latitud, relieve, altitud y corrientes marinas. La celda de alta presión de las Bermudas-Azores, que tiene influencia en dicho espacio, en el verano se recorre hacia el norte; cuando esto ocurre queda bajo la influencia de los vientos alisios provenientes de una zona continental, de modo que llegan a la región con escasa humedad. Sin embargo, en el invierno, la franja subtropical se desplaza hacia el sur y los vientos del oeste, ya cargados con la humedad acumulada en el Océano Pacífico, producen precipitaciones medias anuales de 216 milímetros para la ciudad de Tijuana y de 298 mm para Ensenada; de diciembre a marzo se registra la mayor cantidad de lluvia del año y de junio a agosto existe sequía (figuras 3.4 y 3.5; Machado, Leyva y Lambert 2010).

Tal como lo señala Carmona (2006, 44), “la posición del corredor en la franja subtropical de México asociada con el océano y sus corrientes marinas frías permite la presencia de temperaturas poco extremosas”. De acuerdo con los climogramas de las estaciones de Tijuana y Ensenada, durante el periodo cálido del año, que va de mayo a septiembre, las temperaturas máximas promedio se encuentran por encima de los 20 °C y no exceden los 25 °C; durante

Figura 3.4
Climograma, estación Tijuana

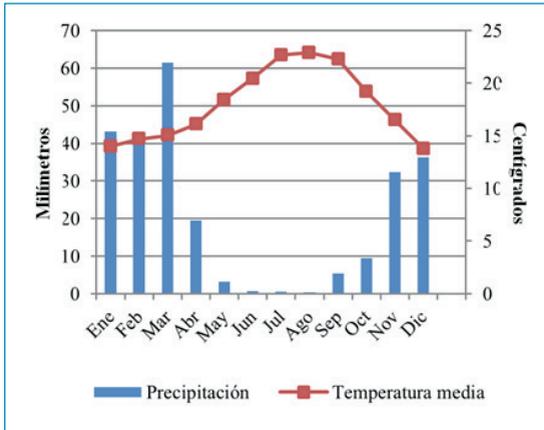
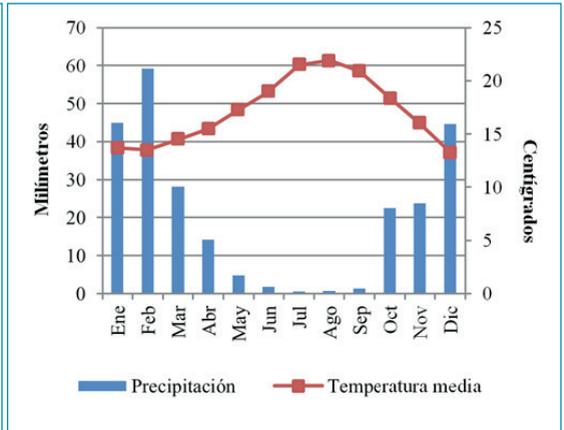


Figura 3.5
Climograma, estación Ensenada



Fuente: Elaboración propia con base en las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) del periodo 1971-2010.

el invierno, las temperaturas no descienden a menos de 10°C y la oscilación térmica no es extremosa, pues no sobrepasa los 10°C para ambas ciudades, con excepción de los puntos más altos. En lo concerniente al espacio que media entre estas dos ciudades, en general, mantienen las mismas características climáticas y de estado de tiempo atmosférico.

En cuanto a los vientos dominantes de la región, por lo regular provienen todo el año del suroeste al noreste. Los vientos, particularmente en la Sierra de Juárez, son generados por la influencia de altas presiones atmosféricas, del Océano Pacífico, que soplan hacia el interior del continente. El clima semidesértico provoca vientos libres de humedad evitando la corrosión de las estructuras de los parque eólicos.

Otro elemento del medio físico que favorece el potencial de la zona es el relieve accidentado, ya que el viento es mayor, cuanto mayor es la altura. El efecto colina es un efecto común en la región, el viento choca en las montañas, se eleva y se comprime aumentando su intensidad (Monroy 2014).

El origen geológico y la variedad de ambientes que posee Baja California han redundado en la variedad de suelos que son el sustento de casi cualquier actividad que se quiera desarrollar en la zona. En cuanto al recurso hídrico, el

río más importante de la entidad es el río Colorado, con una extensión de 96 km, único que cuenta con agua todo el año y por lo cual es la principal fuente de agua dulce del estado. A excepción del municipio de Mexicali, el resto del estado padece la escasez del recurso hídrico, y como atenuante para esta situación se construyó el acueducto Mexicali-Tijuana y el de Valle de Guadalupe-Ensenada; aunque no han sido suficientes para mitigar las afectaciones por escasas del recurso.

La flora del estado de Baja California comprende dos regiones fitogeográficas: la región Californiana o también llamada Mediterránea, y la región del Desierto Central o Desierto Sonorense. A lo largo del territorio ocupado por el CEEM predomina la presencia de Chaparral de Montaña. La fauna presente en este bioma es capaz de sobrevivir con muy poca agua, tanto en el calor del verano, como en el frío invierno, salvo en el caso de la mayoría de las especies de aves, que migran durante los meses de invierno (INEGI 2014).

Áreas con potencial natural para la instalación de plantas eoloeléctricas

Los estudios sobre el recurso eólico de México no han sido tan exhaustivos como podría pensarse, empero, el National Renewable Energy Laboratory (NREL) ha realizado de manera específica estudios en algunas regiones del país, en participación con la CFE e instituciones como el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). De manera específica, se han elaborado mapas para algunas regiones del país, para los estados de Oaxaca y Baja California, las costas de Yucatán y Quintana Roo, y las franjas fronterizas de los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua (Sener 2009); el NREL calcula que en las zonas más ventosas del estado de Oaxaca podrían instalarse 6 000 MW (Zamora, Leyva y Lambert 2010; Cadenas y Saldívar 2007).

Como parte del proyecto Plan de acción para eliminar barreras para el desarrollo de la generación eoloeléctrica en México, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) ha instalado anemómetros en diversos puntos del país y ha encontrado potenciales significativos en varios de ellos. Asimismo, como

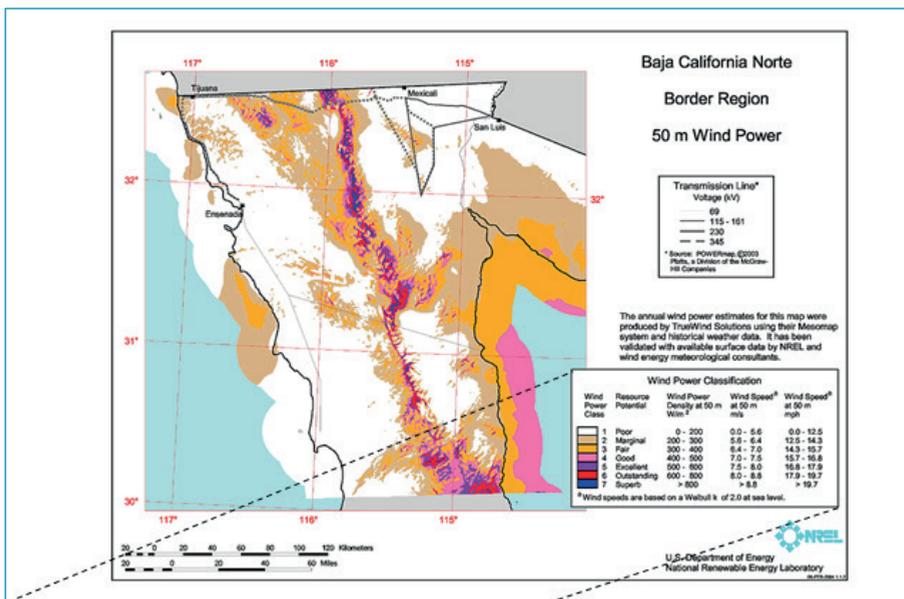
parte de las actividades del Perge (Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala), está previsto que la CFE realice en el transcurso de los próximos años una evaluación, la cual, junto con la información disponible de otras fuentes, permitirá contar con un mapa eólico nacional (Zamora, Leyva y Lambert 2010). Actualmente, la Sener en conjunto con el IIE publicó en línea el *Atlas Nacional de zonas factibles para el desarrollo de las energías renovables*, donde representa las zonas disponibles en el país para la construcción de centrales eléctricas, principalmente eólicas y solares, de acuerdo con los aspectos ambientales y de uso de suelo (INER s/f).

Específicamente, estos estudios consideran al estado de Baja California como una de las regiones con mayor potencial de energía eólica del país. En la figura 3.6 se aprecia un mapa de la región fronteriza de México y Estados Unidos, que contienen estimaciones de viento para los territorios pertenecientes a los estados de Baja California, Sonora y Chihuahua (Zamora, Leyva y Lambert 2010); según el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), el recurso eólico en el estado de Baja California oscila entre 501 y 600 watts por metro cuadrado (W/m^2).³⁶

Para el caso de Baja California, las zonas con mayor potencial se encuentran en la sierras de La Rumorosa, de Juárez y San Pedro Mártir (274 MW); esto se debe a que la Península de Baja California posee una barrera eólica natural perpendicular a los vientos occidentales. Tal es el caso de las áreas cercanas a los poblados ubicados en La Rumorosa. De acuerdo con el Department of Energy del National Renewable Energy Laboratory, en La Rumorosa “la velocidad del viento a 50 m de altura oscila entre 8.0 y 8.8 m/s, lo que la sitúa como un área de alto potencial eólico” (figura 3.6). No obstante, Quintanilla et al. (1999) monitorearon el estado de Baja California durante más de tres años, y encontraron en otras poblaciones rurales velocidades de viento promedio anuales hasta de 6 m/s. (González et al. 2006; Quintanilla y Arfeuille 2011, 93).

³⁶ En forma de intensidad o densidad de flujo energético, cuando además del tiempo se tiene en cuenta la superficie. En el sistema internacional se mide en W/m^2 .

Figura 3.6
Potencial eólico del territorio ocupado por el CEM y su área de influencia



Clasificación del potencial eólico

POTENCIAL DEL RECURSO	ENERGÍA EÓLICA DENSIDAD A 50 M (W/M ²)	VELOCIDAD DEL VIENTO* A 50 M (M/S)
Pobre	0 - 200	0.0 - 5.6
Marginal	200 - 300	5.6 - 6.4
Aceptable	300 - 400	6.4 - 7.0
Buena	400 - 500	7.0 - 7.5
Excelente	500 - 600	7.5 - 8.0
Destacada	600 - 800	8.0 - 8.8
Espléndida	> 800	> 8.8

* La velocidad del viento está basada en una distribución Weibull k de 2.9 a nivel del mar. Para la industria eólica es muy importante ser capaz de describir la variación de las velocidades del viento, por lo que en un emplazamiento típico ésta suele describirse utilizando la llamada "distribución de Weibull". Este emplazamiento particular tiene una velocidad media del viento de 7 metros por segundo, y la forma de la curva está determinada por un parámetro de forma de 2 (WindPower, 2003). Fuente: Tomado de Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory (NREL 2010).

Llama la atención que entre los sitios identificados con viento de alta calidad se encuentran las zonas costeras con génesis geomorfológica de llanuras lacustres y eólicas, lo que también le da al estado un potencial para generación de energía eólica en territorio marítimo, particularidad que aún no se ha aprovechado.

Particularmente, en la región norte del estado de Baja California (Zona Valle), se realizó el estudio “Zonas Potencialmente Productoras de Energía Eléctrica Eólica, en Baja California” presentado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (Cicese) para el Gobierno del estado de Baja California en mayo de 2003. En el trabajo realizado, La Rumorosa fue seleccionada como una de las localidades con mayores potenciales de fuertes corrientes de viento dentro del país, debido a su particular ubicación geográfica compuesta por una cordillera escarpada y por estar ubicada entre el mar de Cortés y el Océano Pacífico (figura 3.7). Aunado a lo anterior, está el hecho de su cercanía con Mexicali y con la red de subestaciones y de transmisión de la CFE, que a su vez se encuentra interconectada con la de Estados Unidos de América, el cual constituye uno de los mercados de mayor consumo de energía eléctrica en el mundo (Cicese 2003).

En el trabajo presentado por el Cicese se propusieron diversas zonas para establecer una central eólica en el estado de Baja California, las cuales se presentan en la figura siguiente.

Con base en los anteriores resultados, se emplazaron los primeros dos parques eólicos en la región: La Rumorosa y Energía Sierra Juárez, este último de capital privado y de inversión bipartita, inversión de capital financiero proveniente de dos transnacionales (Sempra Energy e Intergen). El proyecto Energía Sierra Juárez, se encuentra justamente en la cordillera montañosa de la Sierra de Juárez, la cual tiene alturas que oscilan entre los 1 200 y 1 400 m.s.n.m., y que presentó los valores más elevados de velocidad del viento. La topografía del lugar se considera sumamente compleja, con zonas de fuertes pendientes de más de 17° de inclinación que cubren aproximadamente el 50 % del terreno y grandes afloramientos de roca en toda la zona.

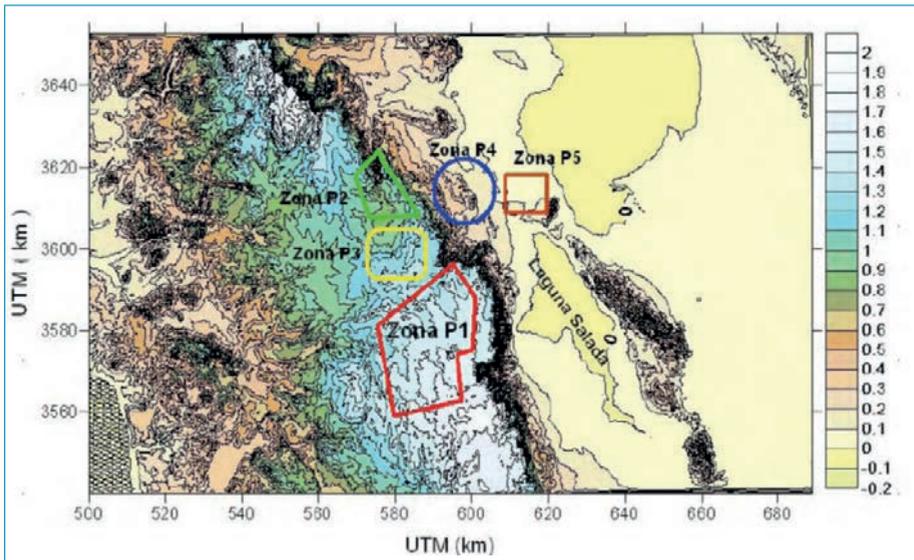
De acuerdo con los estudios previos realizados por la empresa para su propuesta de certificación y financiamiento, la región donde se ubica el

proyecto cuenta con excelentes recursos eólicos. En la zona hay vientos fuertes, con una velocidad media anual de alrededor de 8.2 m/s a 79.5 m, 84 m y 85 m de altura (Cocef 2013; Cicese 2003).

Con el establecimiento de una o varias centrales eólicas y la subsecuente generación de electricidad en esta región, según el discurso oficial, se pretende disminuir el alto costo de la electricidad en Baja California. Los resultados del potencial muestran que es viable el aprovechamiento de la energía eólica mediante el establecimiento de una central de aerogeneradores.

No obstante, es de señalar que el desarrollo de la energía eólica depende no sólo del potencial físico del recurso, sino también de la capacidad adaptativa y de resiliencia que los ecosistemas, la sociedad y la economía tengan a estas “nuevas” energías, así como a la capacidad industrial y la capacidad que el sistema eléctrico posea para absorber la electricidad generada, sin poner en riesgo la seguridad y la estabilidad del sistema dentro del territorio del CEEM.

Figura 3.7
Zonas propuestas para establecer una central eólica
en el estado de Baja California



Fuente: Tomado de Cicese (2003).

Características socioeconómicas de la zona de estudio

La disponibilidad de energía es indispensable para el desarrollo de las actividades productivas y para asegurar la competitividad de la economía (Díaz 2003). La cantidad de población y sus características socioeconómicas, así como su distribución espacial, ayudan a comprender de manera más clara la demanda de energía eléctrica en el CEEM, y su relación con la disponibilidad de la misma permite evaluar al subsector eléctrico regional en sus dos facetas: la producción y el consumo de electricidad.

Debido a que el corredor tiene un área de influencia que involucra algunas zonas de los cinco municipios del estado de Baja California, en este apartado se abordan las características socioeconómicas del estado en lo general, y en lo particular las que conciernen a los municipios que lo componen y los aspectos de su dinámica regional asociados al CEEM; lo anterior, con el fin de orientar el análisis hacia la relación que guarda el subsector eléctrico con la población misma, la economía del estado y el desarrollo regional.

Una de las características de la población en el estado de Baja California es su distribución en varios núcleos urbanos altamente concentrados hacia el norte, a lo largo de la franja fronteriza y de la costa del Pacífico, lo cual contrasta con gran parte del territorio estatal, que se encuentra deshabitado o presenta localidades rurales dispersas que no rebasan los 50 habitantes.

Otra particularidad de la entidad es su ubicación geográfica fronteriza con Estados Unidos, lo que ha convertido a sus centros urbanos en un trampolín para aquellos que aspiran a vivir el “sueño americano”. La migración hacia las ciudades fronterizas que conforman el CEEM constituye uno de los fenómenos más dinámicos que ha experimentado esta región, responsable de las mayores transformaciones ocurridas en los años recientes. El cambio de lugar de residencia de la población se relaciona con la atracción que ejerce la localización de fuentes de trabajo, así como con la infraestructura y la disponibilidad de servicios con que cuentan los centros urbanos de destino, circunstancias que moldean la dirección, magnitud y composición de los diversos flujos migratorios (Coplade 2013; INEGI 2010).

La visión que se puede obtener del estado de Baja California a través de la información censal, si bien está referida a un corte transversal, permite observar claramente la dinámica espacial y temporal de los procesos demográficos y las características socioeconómicas de la población de la entidad (INEGI 2010). Asimismo, en este apartado se seleccionaron y actualizaron una serie de indicadores base, sociales y económicos de sustentabilidad energética, planteados por Muñoz et al. (2012) en el “Perfil Energético del estado de Baja California 2010-2020”.

Características demográficas y socioeconómicas de la población

a) Características demográficas y crecimiento urbano

Según el Censo General de Población y Vivienda 2010, en ese año el estado de Baja California tenía una población total de 3 155 070 habitantes, con una distribución porcentual hombre-mujer prácticamente igual: el 49.6 % son mujeres y el 50.4 % hombres; la edad media de la población es de 26 años, lo que caracteriza a la sociedad bajacaliforniana como una población joven, en términos generales. La mayor concentración de población estatal se encuentra principalmente en los municipios cercanos a la frontera: cerca del 50 % de la población reside en Tijuana, 29.7 % en Mexicali, 14.8 % en Ensenada, 3.2 % en Tecate y tan sólo 2.9 % en Playas de Tijuana (figura 3.8)

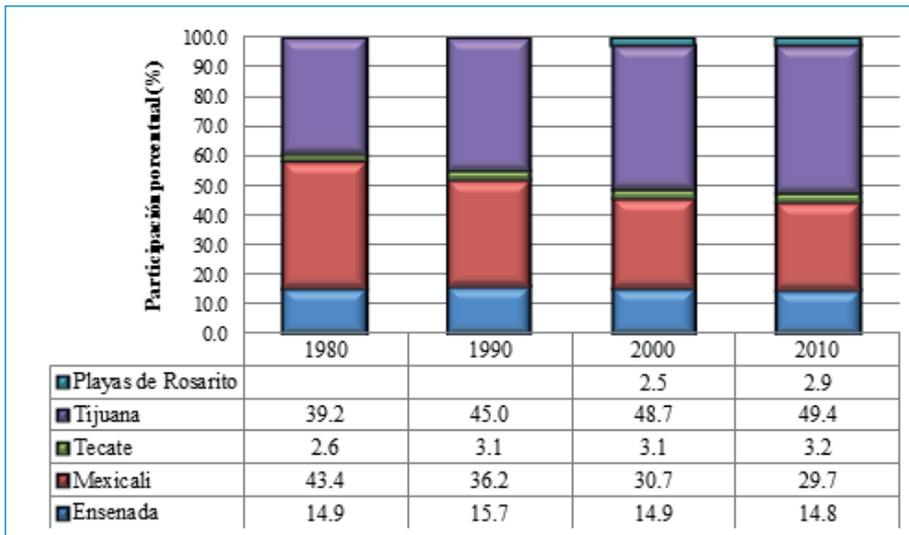
Con base en los datos censales del periodo 1980-2010, la distribución de la población a nivel municipal no varía de forma significativa, salvo en la década de 2000-2010, debido a que el Gobierno del estado emitió un decreto en 1995 que convirtió a Rosarito en el municipio de Playas de Rosarito, razón por la cual no aparece en los datos censales de 1980 y 1990. Es de llamar la atención el hecho de que en 1980, el municipio de Mexicali concentró la mayor cantidad de población (43.4 %), superior a la del de Tijuana, mientras que para 1990 se invirtió el patrón, siendo Tijuana el municipio que concentró el

mayor porcentaje de población estatal, y esta tendencia se ha mantenido en los dos decenios siguientes.

Un factor que favoreció el comportamiento anterior, fue la aceleración del crecimiento de la maquila, que se produjo hacia fines de los años ochenta; esta rama industrial logró su consolidación en los últimos años del decenio de 1990 gracias a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN; Coplade 2015).

Si bien el incremento absoluto de la población es importante, para comprender mejor la dinámica demográfica se requiere calcular las tasas de crecimiento medio anual (TCMA) de la población por municipio, puesto que éstas consideran tanto el crecimiento natural (diferencia entre nacimientos y defunciones) como el social (diferencia entre inmigración y emigración). Conocer el comportamiento del ritmo de crecimiento de la población es relevante porque en él intervienen factores de carácter biológico pero sobre todo factores sociales, culturales, económicos, y políticos, entre los más destacados. De este

Figura 3.8
Distribución porcentual de la población total
del estado de Baja California por municipio y década, 1980-2010



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2012b).

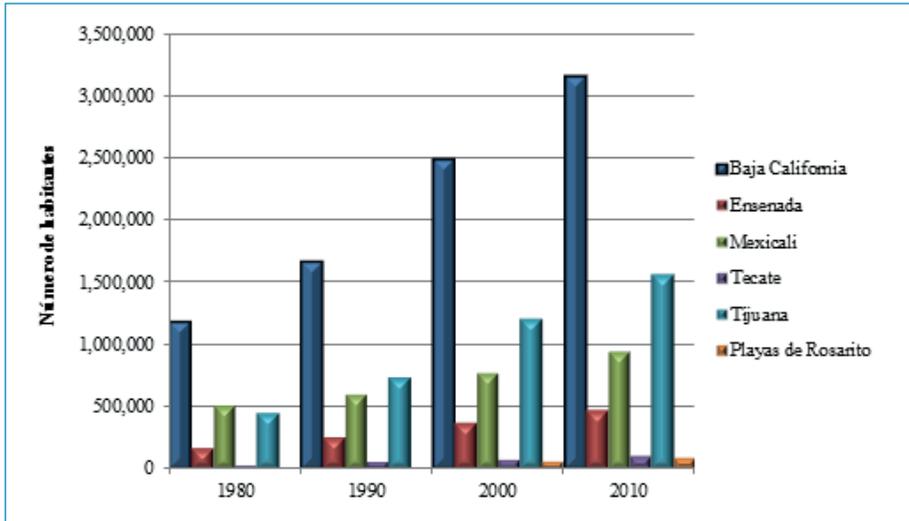
modo, el comportamiento del ritmo de crecimiento poblacional suele ser un indicador indirecto de la estructura social y económica prevaleciente en los periodos que se analizan.

A lo largo de la historia reciente, los municipios de Baja California han atestiguado cambios sustanciales en su situación demográfica que se reflejan en el acelerado crecimiento que presentó la población, particularmente en los municipios de Tijuana y Mexicali, desde principios de los años treinta hasta la segunda mitad del siglo xx. Esto, debido a que la depresión económica que experimentó Estados Unidos en esos primeros años tuvo un impacto directo en la evolución de la población de Baja California dadas las deportaciones y repatriación de mexicanos desde Estados Unidos, quienes decidieron establecerse en la frontera (Coplade 2015). A partir de entonces, las localidades ubicadas a lo largo de la frontera mantuvieron su poder de atracción de migrantes, como destino temporal antes de lograr cruzar a Estados Unidos en la búsqueda de mejores fuentes de trabajo.

Al revisar el comportamiento de las tasas de crecimiento medio anual (TCMA) de la población estatal entre 1980 y 2010, se observa una desaceleración en dicho crecimiento a partir de 1980, hasta alcanzar la TCMA más baja en 2010, de 2.4% (figura 3.10). Pese a que la tasa de crecimiento comenzó a disminuir desde la segunda mitad del siglo xx la población ha seguido aumentando en números absolutos (figura 3.9). Dicha tendencia puede atribuirse a distintos fenómenos demográficos, como el decremento en los niveles de fecundidad y la disminución de los flujos migratorios (INEGI 2010).

Mexicali, que en su tiempo fungió como el municipio con el mayor número de habitantes, y por ende, como uno de los principales centros de atracción laboral en el estado de Baja California, guarda una relación con Tijuana, misma que tomó el lugar como eje del desarrollo económico del CEEM en las dos últimas décadas por la implantación de gran número de industrias maquiladoras, ocupando una posición privilegiada por encima de los demás municipios (figura 3.9). Esta situación se confirma con el hecho de que, en el decenio de 1990 al 2000, la población absoluta de Tijuana aumentó exponencialmente, no obstante, en el último decenio el municipio que sobresale con la mayor tasa de crecimiento es Playas de Rosarito, en gran parte, debido

Figura 3.9
Población total por municipio y década, 1980-2010



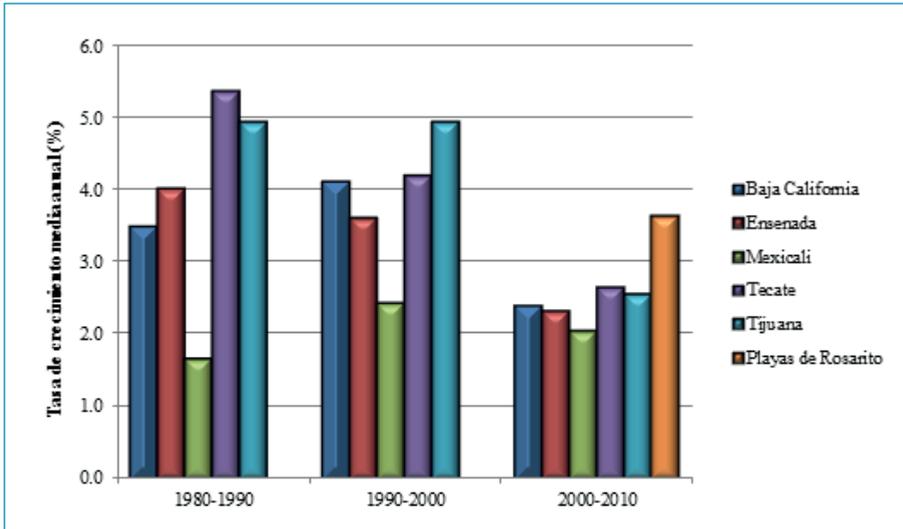
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2012b).

al turismo transfronterizo y los servicios que demanda, así como la industria eléctrica, particularmente la regasificadora (figura 3.10).

En el primer caso, existe una relación directa con el hecho de que entre 1980 y 1990, Mexicali consolidó un proceso de urbanización conservador, y la tasa media anual de crecimiento de la población fue de 1.7% en ese periodo, comparada con 3.5% anual, pero después se mantuvo en 2.5 y 2% en los decenios 1990-2000 y 2000-2010. La tasa de crecimiento de Tijuana decreció al 2.6%. Mientras que en el último caso, se explica por la relativa reciente creación del municipio de Playas de Rosarito originado por el crecimiento exponencial debido a su dinamismo empresarial, nuevas vialidades y sus programas de desarrollo turístico, a la par de que al enlazarse con Tijuana y Tecate, integran el principal corredor del noroeste de México (Coplade 2015).

En general, se observa para la mayoría de los municipios, la misma tendencia de desaceleración en el crecimiento poblacional que la mostrada en la entidad, ya que las tasas de crecimiento medio anual para el decenio 2000-2010 son inferiores a las presentadas en años anteriores. Sin embargo, se aprecia

Figura 3.10
Crecimiento demográfico por municipio y década (1980-2010)



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2012b).

que Tecate, Ensenada y Tijuana, presentaron decrementos importantes en sus TCMA de este periodo lo que indica un crecimiento menos dinámico que en las dos décadas anteriores.

En Baja California, 85 % de la población habita en 17 localidades urbanas de 15 000 o más habitantes. Según el INEGI (2010b), entre 1990 y 2010 las localidades rurales y mixtas en el rango de 2 500 a 14 999 habitantes han disminuido su concentración de población. Las de 15 000 a 99 999 habitantes, ciudades pequeñas, son las únicas que muestran incrementos propiciados principalmente, por la cercanía con grandes ciudades como la de Tijuana o Mexicali, cuyas nuevas edificaciones se realizan en localidades colindantes (cuadro 3.1). Ésta es la situación de localidades como Santa Isabel, Puebla, La Joya, El Refugio, Pórticos de San Antonio, Terrazas del Valle, entre otras (INEGI 2012b).

Por lo tanto, la mayor parte de la población estatal se encuentra en áreas urbanas, y pese a que ésta tan sólo representa el 3 % de la población total nacional para 2010, Baja California está caracterizado por un rápido crecimiento en

Cuadro 3.1
Tipos de localidades del estado de Baja California
según rangos de tamaño y número de habitantes, 2010

TIPOS DE LOCALIDADES	TAMAÑO DE LAS LOCALIDADES	NÚMERO DE LOCALIDADES	POBLACIÓN	
			TOTAL	PORCENTUAL
Rurales	1 a 4 999	4 510	326 523	10%
Mixtas	5 000 a 14 999	20	158 804	5%
Urbanas	15 0000 y más	17	2 669 743	85%
Total estatal		4 547	3 155 070	100%

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010b).

su población, en gran parte debido a su condición de estado fronterizo con Estados Unidos. Dicha situación imprime ciertas características al aprovechamiento y la demanda de electricidad por la población y las actividades económicas, debido a la premisa de que a mayor urbanización, mayor será la demanda de servicios públicos y, por ende, de electricidad para alumbrado público, consumo en hogares, y para el desarrollo de múltiples actividades económicas, entre otras.

La migración es un fenómeno importante a considerar, dado que es un componente que determina el crecimiento de la población y su distribución. En el caso del municipio de Tijuana la mayor parte de la población residente, 52.2 %, es inmigrante. Es importante destacar que este municipio se consolida gracias a los inmigrantes, tanto de aquellos provenientes de otras entidades federativas que buscan oportunidades laborales o educativas, como de los que esperan cruzar la frontera, o bien de los que han sido deportados de Estados Unidos, que ante la imposibilidad de retornar a sus lugares de origen encuentran asilo en este municipio. Los municipios de Ensenada y Mexicali tienen una proporción más baja de población migrante. De aquí que aproximadamente uno de cada dos habitantes del estado de Baja California es nacido en otro estado o país (INEGI 2010b).

A su vez, el volumen y la proporción de personas que han radicado en el extranjero, ha aumentado en cada evento censal desde 1990; en ese año esta población representaba 0.9 % del total; en 2000 ascendía a 1.1 % hasta alcanzar 1.8 % en 2010.

b) Características sociales de la población

La población humana es un elemento constante del espacio ya que hace uso de los recursos naturales que el medio le proporciona modificando su entorno según sus necesidades. Debido a que el sistema territorial considera el subsistema social o la modificación de un espacio por parte de la población, es necesario conocer y analizar las principales características de este elemento del espacio geográfico, tales como vivienda y servicios, mismos que son componentes fundamentales para analizar al sector eléctrico. Existen otros componentes sociales que no se abordan, como educación y salud, debido a que para la escala de análisis no influyen directamente en la dinámica del sector eléctrico regional.

En el caso de la vivienda, la cual tiene la función de ser el escenario conductual que da vida a los procesos grupales de la población, es sumamente relevante considerar sus características, ya que son indicadores de gran importancia para analizar las condiciones de vida de la población, así como la demanda de servicios básicos.

Según el INEGI (2010c), en Baja California hay 853 254 viviendas particulares, donde el promedio de ocupantes por vivienda es de 3.8 %. El 3.3 % de las viviendas cuenta con piso de tierra, de cada 100 viviendas 3 tienen piso de tierra.

De los tres servicios básicos de la vivienda: energía eléctrica, drenaje y agua entubada, la energía eléctrica es el servicio que cuenta con una mayor cobertura estatal. El drenaje es el servicio distribuido de manera más heterogénea y menos disponible, sólo el 81 % de las edificaciones habitadas cuentan con él, mientras que el agua entubada dentro del hogar se tiene en un 87.7 % de las viviendas.

La electricidad es uno de los servicios básicos y frecuentemente asociado al progreso de las sociedades. Los avances en este rubro representan nueve puntos porcentuales en los últimos 20 años, ya que 89.5 % de las viviendas contaban con energía eléctrica en 1990, mientras que en 2010 esta cifra alcanzó 96.6 por ciento.

Al analizar la disponibilidad de electricidad por municipio, se obtiene que en Tijuana y Mexicali, 98 y 96.3 % de sus viviendas, dentro del municipio,

respectivamente, cuenta con ese servicio, esto es, en una proporción ligeramente mayor que la registrada en el estado. Los valores correspondientes a Ensenada (94.7%), Tecate (93.8%) y Playas de Rosarito (88.8%) se encuentran por debajo del promedio estatal e inclusive del nacional, que es de 96.1 por ciento.

Al respecto, es preciso señalar que la accesibilidad a la energía eléctrica en la vivienda en el estado de Baja California se diferencia según el tamaño de la localidad de residencia: la proporción de viviendas que cuentan con el servicio es menor en localidades con menos de 2 500 habitantes, donde 93.9% de las viviendas tiene electricidad, porcentaje que aumenta a medida que se incrementa el número de habitantes, y va de 97.9% en las de 2 500 a 14 999 habitantes, a 99.1% en las localidades de 100 000 y más habitantes (INEGI 2010b).

El fenómeno contrario ocurre si se observa la proporción de viviendas sin electricidad, a nivel nacional y estatal, tal como se aprecia en el cuadro 3.2, a partir de datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2014). En 1995 y 2010 se aprecia que la proporción de viviendas sin electricidad en Baja California es inferior a la del país, lo cual es lógico en virtud del elevado porcentaje de población urbana con que cuenta. En contraste, la proporción de viviendas sin electricidad aumentó desmesuradamente en 2000 y 2005, sobrepasando por mucho la proporción a nivel nacional, efecto que puede ser debido a que en ese año la ENIGH modificó su forma de registro.

Si se comparan los datos de 2010 con los de 2000, se encuentra que el municipio con la menor proporción de viviendas con energía eléctrica, Playas de Rosarito, es el que cuenta con la mayor tasa de crecimiento en el número de viviendas con esta característica en el periodo de referencia (5.8% promedio anual). En términos relativos, el municipio con el incremento más alto en cuanto a la proporción de viviendas con energía eléctrica, respecto al total, es Ensenada, ya que de representar 94.1% en 2000, para 2010 alcanzó 97.1%. Mexicali es el municipio con la menor tasa de crecimiento en viviendas con este servicio entre 2000 y 2010 (3.7% promedio anual) y también el que en menor proporción aumentó en ese lapso, al pasar de 98.5 a 98.9 por ciento.

Es importante resaltar que el comportamiento de la proporción de viviendas sin electricidad en el estado mantiene una pauta de comportamiento

Cuadro 3.2
Proporción de viviendas sin electricidad

AÑOS	TOTAL DE VIVIENDAS		TOTAL DE VIVIENDAS SIN ELECTRICIDAD		PROPORCIÓN DE VIVIENDAS SIN ELECTRICIDAD	
	NACIONAL	BAJA CALIFORNIA	NACIONAL	BAJA CALIFORNIA	NACIONAL	BAJA CALIFORNIA
1995	19 403 409	505 174	1 349 025	26 262	7.0	5.2
2000	21 942 535	609 667	1 497 010	66 106	6.8	10.8
2005	24 706 956	738 338	1 512 445	78 168	6.1	10.6
2010	28 607 568	870 310	1 092 538	29 645	3.8	3.4

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (1995, 2000, 2005, 2010).

propia, no repitiendo exactamente el patrón nacional en el mismo rubro. Esto refleja el acelerado crecimiento poblacional por migración interna en el estado, en donde la población tiene una demanda igualmente creciente de servicios, tales como la electricidad, la cual no ha sido atendida de manera eficiente a lo largo de las dos décadas de mayor crecimiento, por lo que no ha habido un desarrollo planeado de la infraestructura y los servicios (González 2009; Muñoz et al. 2012).

El ingreso es un indicador social que se puede asociar a la demanda energética; permite conocer la proporción del ingreso de las viviendas que se gasta en combustibles y electricidad. Tal como se observa en la figura 3.12, el peso del consumo energético de las familias en Baja California mantuvo una tendencia al crecimiento entre 2010 y 2014, años en que se incrementó de 4.25 % del ingreso promedio al 5.15 %, respectivamente. Esta mayor proporción del presupuesto destinado a energía impactó de manera equivalente a los diferentes municipios ya que prácticamente todos los municipios vieron incrementados sus gastos en energía.

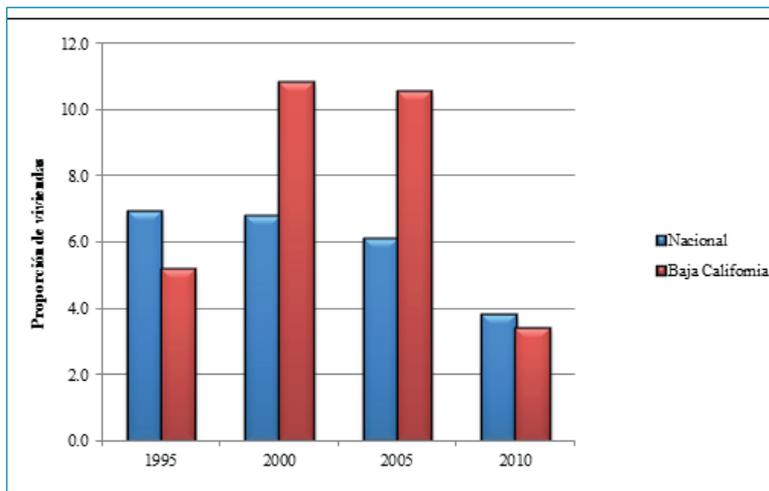
Sin embargo, para el 2010 la proporción del gasto energético en el presupuesto de las familias disminuyó a 4.2 %, el nivel más bajo observado en el periodo de 2005 al 2014, pero contrario a la tendencia descrita hubo municipios que llaman la atención en cuanto al incremento sustancial en la parte de

sus ingresos destinados a gasto energético; tal es el caso de Mexicali, que de 5.85 % pasó a destinar un 9.50 % del gasto. Éste es el cambio más importante que se aprecia en la microeconomía energética de la región.

En la figura 3.11 se compara el gasto destinado a dos rubros; por un lado, la alimentación como una necesidad básica primordial, y por el otro, la energía eléctrica como un servicio básico; ambos en el caso ideal deberían ser asegurados y por lo tanto, la premisa con base en orden de importancia debería ser que el porcentaje de gasto destinado a alimentos es mayor que el porcentaje destinado al pago por el servicio de energía eléctrica. En el caso de Baja California esta premisa se cumple, pese a que el costo del servicio de electricidad es alto y la energía que se requiere en el estado es mucho mayor que en otras partes de la República debido a las condiciones climática que predominan a lo largo del año, la mayor contribución al gasto es para alimentos.

En conclusión, en México el abastecimiento de servicios para la vivienda representa uno de los principales retos en donde es notable la desigualdad

Figura 3.11
Participación porcentual del gasto total destinado a consumo de energía y alimentos en los municipios de Baja California, 2005, 2010 y 2014



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la ENIGH (2005, 2010 y 2014).

asociada a la calidad de vida. Los servicios en la vivienda, como el drenaje, agua y energía eléctrica disminuyen la vulnerabilidad social de la población que la habita; sin embargo, la disponibilidad de éstos en el estado es desigual (Muñoz et al. 2012).

El crecimiento demográfico que ha experimentado el estado de Baja California ha traído consigo una creciente demanda de servicios e infraestructura. Para satisfacer la demanda de servicios que se requerirán para atender a la población creciente en los próximos años, es necesario contar con una infraestructura para el abastecimiento de combustibles, agua potable, energía eléctrica y drenaje, así como impulsar el desarrollo industrial para satisfacer las demandas laborales de la población (MIA 2009, 76).

c) Características económicas de la población

Baja California experimenta, al igual que otros estados de la frontera norte con ciudades importantes, una intensa interacción económica y social con Estados Unidos. Ello se debe a que cuenta con una economía muy abierta y dinámica, y una población con alta movilidad y con un nivel elevado de ocupación. Tijuana, Mexicali y Tecate son ciudades que sentaron las bases para el cambio estructural en el marco de liberalización total de la economía con la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Las principales actividades económicas del estado son la industria manufacturera, la hotelería y el turismo; también son parte de éstas la producción agrícola, ganadera y pesquera. Actualmente, la agricultura hortofrutícola es una de las actividades de mayor éxito en Mexicali; cebolla y espárrago están entre los cultivos más importantes, igualmente el algodón y el trigo siguen siendo cultivados (Coplade 2015).

Respecto al sector de comunicaciones, el estado cuenta con buenas y modernas carreteras que unen los principales destinos dentro y fuera del estado, así como ferrocarriles, puertos marítimos y aeropuertos. En esta zona del país se vive una relación de libre comercio con la economía estadounidense (INEGI 2010b).

La población ocupada se distribuye en tres sectores básicos de actividad económica, el primario, secundario y terciario. Según INEGI (2010a), la población económicamente activa (PEA) es de 1 310 850 personas, que equivale al 41.5 % de la población total, mientras que el 58.5 % restante comprende a la población económicamente inactiva (cuadro 3.3). De la PEA estatal el 63.6 % son hombres y el 36.4 % mujeres.

Tal como se muestra en la figura 3.12, del total de personas ocupadas en la entidad, 61.8 % se emplea en el sector terciario (comercio y servicios); entre el 2000 y 2010, este sector fue el más dinámico ya que alcanzó un crecimiento de 8.2 puntos porcentuales, incluso es el único que presentó crecimiento en este periodo; el sector secundario (industria manufacturera y de la construcción) presentó la mayor reducción, ya que en el 2000 empleaba a 35.6 % de la PEA y en 2010 había disminuido al 31.6 %; por último, el sector primario (agropecuario y pesquero) sufrió un retroceso al pasar de 7.6 % en 2000 a 5.4 % en 2010 (INEGI 2010b).

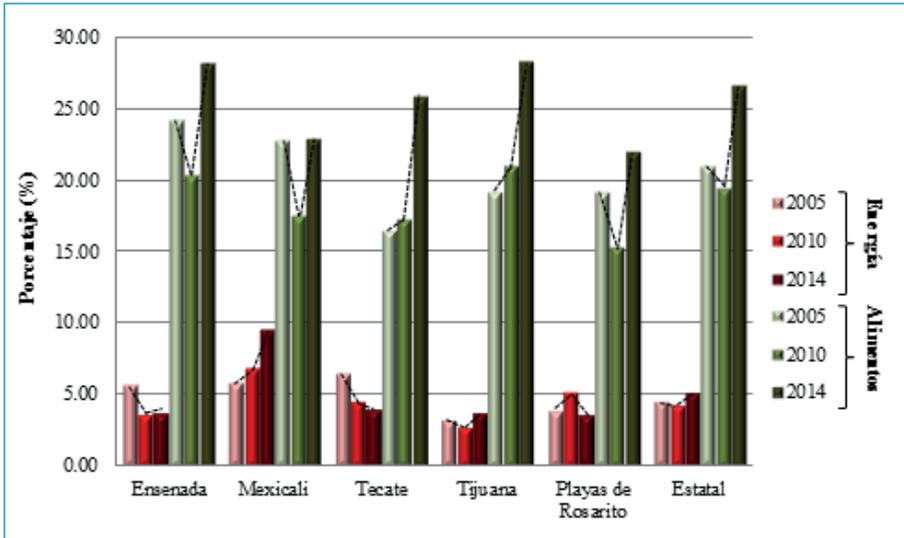
A nivel municipal, Tijuana es el que alberga la mayor cantidad de población ocupada. El sector terciario tiene el mayor porcentaje de población ocupada, seguido por el secundario; en contraste, es menor el porcentaje de habitantes en las actividades primarias (figura 3.13); de la misma forma, los municipios de Tecate y Playas de Rosarito presentan un comportamiento similar de la PEA

Cuadro 3.3
Población económicamente activa y población inactiva, 2010

	POBLACIÓN		PORCENTAJE (%)	
	TOTAL	OCUPADA	PEA OCUPADA	PEA DESOCUPADA
Baja California	3 155 070	1 310 850	41.5	58.5
Ensenada	466 814	197 111	42.2	57.8
Mexicali	936 826	384 781	41.1	58.9
Tecate	101 079	39 811	39.4	60.6
Tijuana	1 559 683	650 723	41.7	58.3
Playas de Rosarito	90 668	38 424	42.4	57.6

Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010a).

Figura 3.12
Participación porcentual de la pea por sectores económicos, 2010



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010a).

ocupada total (39.4% y 42.4%, respectivamente). Mexicali (41.1%) y Ensenada (42.2%), asimismo, tienen una mayor PEA ocupada en el sector primario, 6.9 y 20.2% respectivamente, no obstante, el sector terciario es en el que labora un mayor número de habitantes con el 63.2 y 57.3 por ciento.

Principales actividades económicas de la zona de estudio

Existe una relación directamente proporcional entre la participación porcentual de los sectores y actividades principales que ocupan a la población con los sectores y actividades que mayor aportación tienen al producto interno bruto (PIB) y al Valor Agregado Censal Bruto (VACB). En este sentido, durante 2009 el PIB de Baja California creció a una tasa anual de 4.99%, y se estima que alcanzó los 242 700 000 de pesos, equivalente al 2.9% del PIB nacional, así que ocupa el lugar trece respecto al porcentaje que aporta al PIB nacional (figura

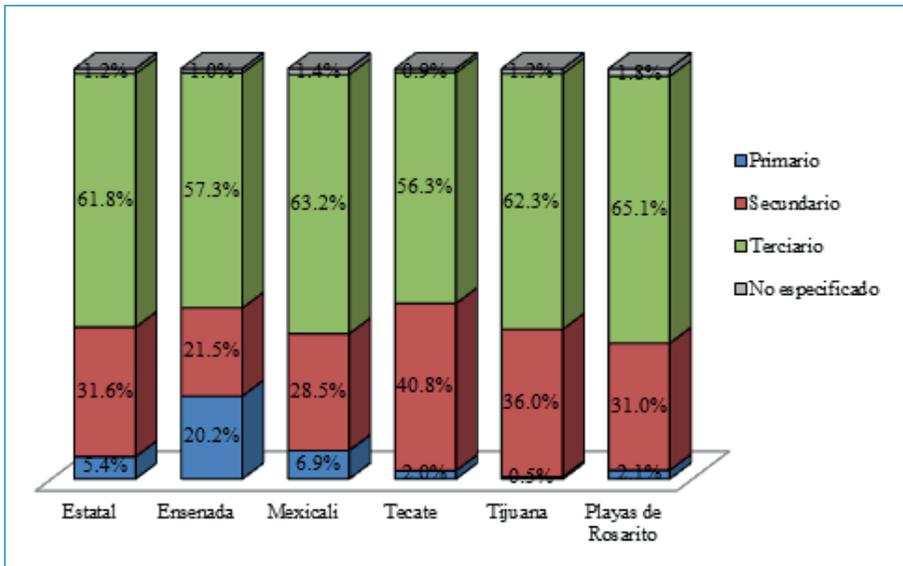
3.13). Cabe destacar que la economía tijuanaense ha contribuido con cerca del 50 % del PIB estatal (INEGI 2010b).

La participación del sector industrial manufacturero conformado principalmente por maquiladoras es la más significativa, ya que aporta el 20.67 % del PIB estatal total, mientras que todo el sector industrial en conjunto aporta el 33.14 por ciento.

Por su parte, el sector comercio, restaurantes y hoteles aporta cerca del 19.25 %, en tanto que el sector de servicios inmobiliarios y de alquileres de bienes muebles e intangibles participa con el 12.50 %. Otros sectores de gran aportación son el de la construcción y el transporte, correos y almacenamiento, que juntos representan el 6.98 %. El sector energético es equivalente al 2.30 % del total estatal en comparación con el 4.3 % que representa a nivel nacional (INEGI 2010b).

El valor agregado censal bruto (VACB) es una de las variables de análisis regional que resulta de restar a la producción el importe de los insumos totales

Figura 3.13
Porcentaje de aportación al pib estatal por sector económico, Baja California



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2009b).

(INEGI 2015b). Los municipios que integran el área de influencia del CEEM representan el 2.5 % del VACB nacional; lo que muestra la importancia económica de la región y de los municipios que la integran algunos de los cuales poseen una actividad económica significativa no sólo a nivel regional, sino nacional, como el caso de Tijuana y la industria manufacturera.

Sin embargo, es importante considerar que existen grandes diferencias en el tamaño de la economía de los municipios, tal como se observa en la figura 3.15 a Playas de Rosarito, cuya participación en la económica en el estado es poco significativa, con el 2 % del VACB a diferencia del 50 % que aporta Tijuana, siendo este último, junto con Mexicali los municipios que aportan mayor valor agregado a la entidad. Estas dos concentraciones demográficas son también centros de concentración económica, lo que implica que una parte importante de la actividad económica que se realiza a lo largo del CEEM guarda relación con estos dos centros productivos.

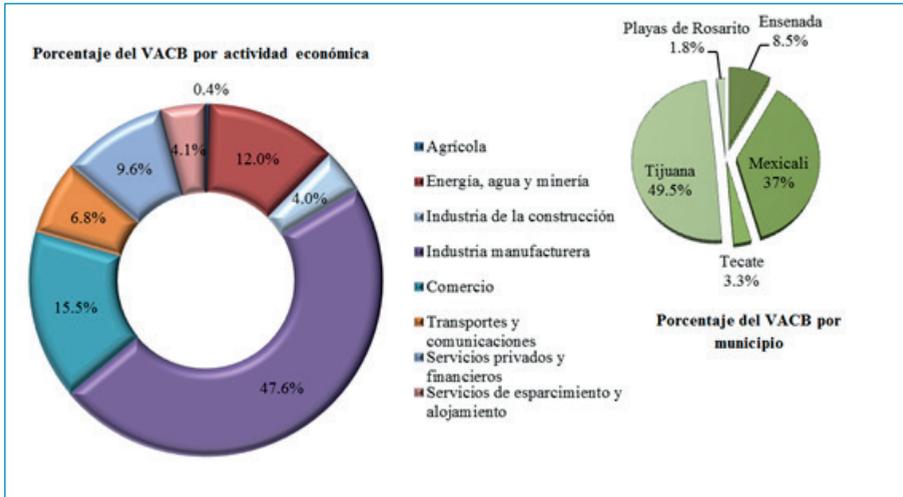
Haciendo un análisis de los sectores generadores de valor se observa que el mayor porcentaje corresponde a la industria manufacturera con 48 % (figura 3.14). El comercio y la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas, así como la minería, son los siguientes en importancia, sumando el 27 %; a nivel nacional, Baja California representa el 1.8 % del valor agregado de los mismos. Estas actividades se desarrollan a lo largo de la totalidad del territorio del CEEM, pero en valor se encuentran concentradas en las grandes zonas urbanas.

Estructura actual del sector eléctrico regional

Estructura de la capacidad instalada para la generación eléctrica regional

La actual infraestructura del sector eléctrico en el corredor económico Ensenada-Mexicali forma parte del Área de Control Baja California (ACBC), la cual administra el despacho de energía en los estados de Baja California, Baja

Figura 3.14
Participación porcentual del valor agregado censal bruto (vacb) de Baja California por actividad económica y municipio



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2010b).

California Sur y una parte pequeña de Sonora que incluye diversas poblaciones, entre las cuales destaca San Luis Río Colorado (Poise 2012).

La infraestructura eléctrica de Baja California consta de 6 centrales eléctricas y 32 unidades de generación (CFE s/f; cuadro 3.4). Por tipo de tecnológica de generación empleada hay una planta geotermoelectricas, tres centrales de turbogás, tres de ciclo combinado y una de vapor. De las 28 unidades de generación existentes en el estado, 13 corresponden a la central geo-termoelectricas, siete pertenecen a las centrales de turbogás y seis a la única central de vapor que opera en la entidad. Por su parte, la central de ciclo combinado tiene seis unidades de generación. Desde 2009, la capacidad instalada aumentó en 10 MW con la entrada en operación del Parque Eólico de La Rumorosa (Muñoz et al. 2012, 4).

Con base en el *Perfil Energético 2010-2020* elaborado por Muñoz et al. (2012, 5), para el estado de Baja California, “el crecimiento de la capacidad eléctrica instalada ha sido a través del uso de gas natural como combustible, lo

Cuadro 3.4
Centrales eléctrica del estado de Baja California
por tipo y capacidad instalada

CENTRAL	UNIDADES	TIPO	CAPACIDAD INSTALADA (MW)
Presidente Juárez (Rosarito)	6	Térmica convencional	1 324
	2	Ciclo combinado	
	3	Turbogás	
Mexicali	2	Ciclo combinado	600
La Rosita	1	Térmica convencional	900
	4	Ciclo combinado	
Cerro Prieto	13	Geotérmica	720
Mexicali	3	Turbogás	62
Ciprés (Ensenada)	2	Turbogás	54

Fuente: Elaboración propia con base en Muñoz et al. (2012).

que refleja el estancamiento en el crecimiento de la fuente histórica, la geotermia, que para 1990 representaba el 75 % de la capacidad instalada”. Por su lado, las unidades de ciclo combinado han presentado el mayor crecimiento, operando con gas natural; en nueve años ya representan el 48 % de la capacidad instalada. “Al crecer la demanda se requirió más capacidad instalada, lo cual, aunado a las limitaciones del recurso geotérmico, modificó significativamente la matriz energética. Como consecuencia de lo anterior, aumentó la dependencia energética de Baja California”.

En la actualidad, la energía eléctrica en el estado es generada principalmente con base en gas natural y en menor grado diésel, siendo el gas el energético primario más importante del que se demandan 317.5 MMPdc,³⁷ la mayor parte proveniente de la regasificadora de Ensenada, y representa el 3.9 % de los 8 157.4 MMPdc que fueron consumidos en el país durante 2012 (Sener 2013). Debido a su ubicación geográfica, esta región ha sido un área estratégica para el desarrollo de empresas maquiladoras cuya demanda máxima de electricidad en 2011 fue de 2 237 MW y el crecimiento medio en los últimos cinco años fue de 0.3 por ciento.

³⁷ Millones de pies cúbicos diarios.

En el área de control a la que pertenece Baja California, las plantas, subestaciones y líneas de transmisión se distribuyen geográficamente en dos áreas: la Zona Valle y la Zona Costa. La primera está compuesta por la región Tijuana, Tecate y Ensenada, mientras que la segunda por Mexicali y San Luis Río Colorado. Estas zonas son diferentes entre sí, por las variaciones estacionales en la carga, derivadas de las temperaturas extremas durante el verano, principalmente en la Zona Valle (Muñoz et al. 2012).

Debido a que Baja California no está conectada al sistema de la red de electricidad nacional y se encuentra interconectada con California, el sistema del ACBC opera permanente interconectado con el de San Diego Gas & Electric (SDG&E) e Imperial Irrigation District (IID), por medio de dos enlaces en 230 kV, uno entre las subestaciones La Rosita (CFE)-Imperial Valley en la periferia de Mexicali y otro entre las subestaciones Tijuana I (CFE)-Miguel en la Zona Costa, formando el enlace Costa-Valle.

Las cuatro líneas de transmisión pertenecen a las empresas estadounidenses de Sempra, InterGen, y San Diego Gas & Electric; estos enlaces permiten al ACBC llevar a cabo transacciones de compra-venta de energía eléctrica en el mercado oeste de Estados Unidos (Poise 2012; Quintanilla et al. 2003).

Zona Costa

En el municipio de Tijuana predomina el suministro de carga residencial e industrial y la demanda se mantiene sin variaciones importantes en las distintas estaciones. La ciudad de Tijuana se provee de electricidad de las plantas de Mexicali (geotérmica) y Playas de Rosarito (ciclo combinado). Sin embargo, existe dificultad para adicionar nuevos elementos de transmisión dentro de la ciudad, por la accidentada topografía y la densidad de carga.

El municipio de Ensenada se clasifica como predominantemente residencial y de servicios turísticos, con una demanda máxima nocturna, la cual permanece constante la mayor parte del año; a través de Ensenada se suministra energía a diversas poblaciones rurales dispersas que se ubican al sur de Ensenada (Poise 2012).

Zona Valle

En esta región las condiciones climáticas afectan considerablemente el comportamiento de la demanda debido las variaciones extremas de la temperatura. Durante el verano predomina la carga industrial y de equipos de refrigeración residencial, comercial y de servicios; sin embargo, durante el invierno la demanda disminuye alrededor de 40 % (Poise 2012).

Energía Azteca X S. de R. L. de C. V. (EAX), “opera parte del complejo de La Rosita con 3 turbinas de gas de 160 MW y una de vapor de 270 MW con capacidad de 750 MW de las cuales están concentradas con CFE 660 MW y 90 MW para exportación. Energía de Baja California, S. de R. L. de C. V. opera el otro ciclo combinado de una turbina de gas de 160 MW y una de vapor de 150 MW para un total de 310 MW dedicada a la exportación. Esto da una capacidad de 1 060 MW de las cuales según CFE está disponiendo de 506 MW como productor independiente” (Muñoz et al. 2012, 65).

También se encuentra la Termoeléctrica de Mexicali, S. A. de C. V. (TDM) que “opera una planta de ciclo combinado de 650 MW con dos turbinas de gas de 170 MW y una de vapor de 310 dedicadas a la exportación” (Muñoz et al. 2012, 65, con base en Quintero 2005).

La central geotermoeléctrica de Cerro Prieto y las centrales de ciclo combinado operan como centrales base del sistema. Las centrales reguladoras, operan preferentemente sólo en los picos de demanda (área superior bajo la curva) y tienen un mayor costo de generación como es el caso de centrales convencionales de termoeléctrica Presidente Juárez en Rosarito (Muñoz et al. 2012, 65).

El sistema de Baja California ha presentado un crecimiento limitado debido a la última recesión ocurrida a nivel mundial y que afectó la economía de Estados Unidos, lo cual ha impactado al sector industrial y minero. La zona, durante los meses de verano, requiere importar energía del Western Electricity Coordinating Council (WECC) dados los retrasos en la aprobación de los proyectos de generación, lo que pone en riesgo el suministro del sistema en condición de falla (Poise 2012).

Por otro lado, tal como lo señala Sánchez et al. (2004, 1, con base en George 1982)

la producción y distribución de la energía tienen una importancia estratégica para el desarrollo de un país. El sector energético constituye el sustento y el motor de la economía; los flujos suficientes y oportunos de energía de los lugares de producción a los de consumo en los países, equivalen a la circulación de la sangre, que es indispensable para mantener vivo y en buen funcionamiento a un organismo humano.

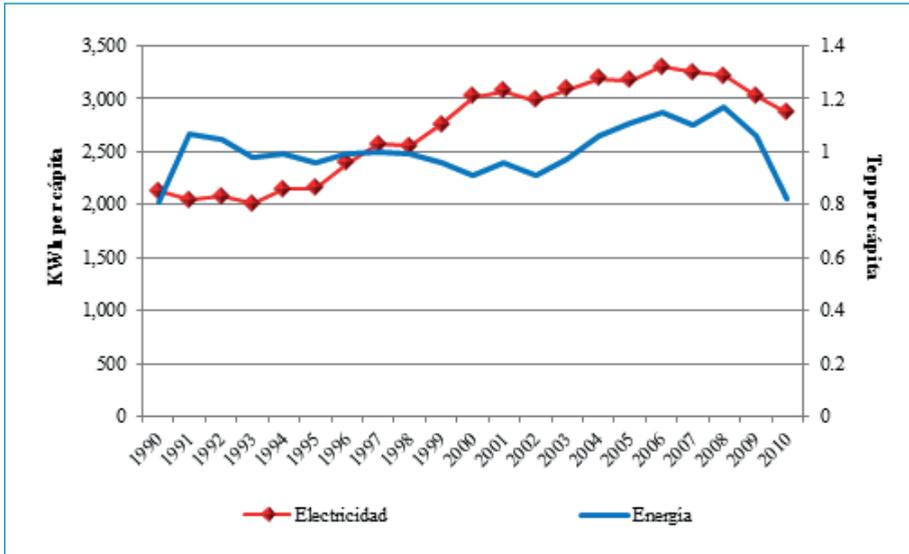
Es por ello que el consumo per cápita de energía constituye un indicador del grado de desarrollo económico de un país.

El consumo de energía per cápita es un indicador económico de sustentabilidad energética. Para esta investigación, este indicador se construyó usando tanto información estadística sobre energéticos reportados para el estado de Baja California en las prospectivas de petrolíferos, gas natural, gas LP y electricidad (Sener 2008, 2010b, 2010c, 2010d), como datos poblacionales tomados de los censos y conteos de población y vivienda para los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010 del INEGI.

Los datos colectados fueron trabajados previamente por Muñoz et al. (2012) y en todos los casos se hicieron estimaciones a fin de calcular este indicador, que mide el nivel de utilización de la energía por habitante, y refleja los patrones de uso de la energía y la intensidad energética agregada de la sociedad bajacaliforniana. Todo ello con el fin de que este indicador refleje el nivel de consumo de energía eléctrica, considerando la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución, transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración (BM 2013).

En la figura 3.15 se presenta graficado el indicador de uso de energía per cápita en sus dos componentes: energía per cápita expresada en toneladas equivalentes de petróleo (TEP) y electricidad expresada en kilovatios por hora (kwh), para el periodo 1990 a 2010. El componente de energía (combustible) per cápita, en particular, considera la matriz de petrolíferos suministra-

Figura 3.15
Uso de energía per cápita en Baja California, 1990-2010



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2007, 2010); INEGI (2010b).

da a la región excluyendo aquellos combustibles que se usaron para generar electricidad; los petrolíferos incluidos son gasolina, diésel, turbosina (otros) querosenos, lubricantes, gas LP, gas natural para usos residencial, de servicios e industrial, y coque de petróleo. Por su parte, el componente de electricidad per cápita incluye la demanda en los sectores doméstico, comercial, servicios, agrícola e industrial.

En el gráfico siguiente se puede observar la tendencia de comportamiento de electricidad consumida por habitante en Baja California para el periodo 1990-2010; cuyo promedio de consumo fue de 2716 kwh. Sin embargo, el consumo de electricidad en el estado está creciendo a una tasa anual compuesta con base en 1990 de 4.9%. Al inicio del periodo, el consumo era de 2015 kwh per cápita, valor que fue en aumento hasta alcanzar un máximo de 3300 kwh per cápita en 2006, para luego tener una tendencia de disminución en las tasas de crecimiento de ambos indicadores, es decir, una reducción en el uso de energía (combustibles) y electricidad per cápita.

De 1990 a 2002, el consumo nacional promedio de electricidad per cápita fue de 1 295 kwh/habitante (UN & IAEA 2007); en contraste, en ese mismo período en Baja California dicho consumo fue de 2 456 kwh/habitante, 1.9 veces mayor. Hacia 2010, el consumo total nacional de electricidad se ubicaba en 2 120 kwh/habitante (Sener 2008), en tanto que el consumo total por habitante en Baja California fue 2 864 kwh/habitante, esto probablemente se deba a los altos consumos industriales.

Por su parte, el promedio de energía consumida como combustible por una persona en Baja California en el periodo 1990 a 2010 fue de 1.01 tep. Como se observa, este componente, aunque con caídas, mantuvo una tendencia a la alza. Recientemente presentó un descenso, probablemente como una repercusión de la crisis económica global (Muñoz et al. 2012).

Generación y consumo regional de energía eléctrica

a) Generación eléctrica regional e importancia en el contexto nacional

Para el 2012, el sector eléctrico en el estado de Baja California tuvo una producción de 11 993 Gwh, lo que equivale al 4.6 % del total de energía producida en el país, ese año según Sener (2014), el total de producción de energía nacional fue de 260 306 Gwh, tal como se observa en el cuadro 3.5.

Es de señalar que con el 68.5 % del total de energía producida, Baja California es el estado con mayor generación de energía eléctrica a partir de geotermoeléctrica a nivel nacional, lo que confiere una relevancia estratégica en la utilización de energías limpias; en contraste, existen pueblos y comunidades que están fuera de la red eléctrica de la CFE y los habitantes tienen que comprar generadores de diésel o instalar paneles solares que combinan con el uso de éstos.

A pesar de esto, México es uno de los principales países del mundo en producir energía a partir de fuentes geotérmicas; contrario a lo que pareciera, esta fuente ha permanecido estancada por más de 30 años y por ello se pretende

Cuadro 3.5
Energía producida en México y Baja California, 2012 (gwh)

FUENTE	TOTAL NACIONAL	BAJA CALIFORNIA	PORCENTAJE (%)
Ciclo combinado	117556	7199	6.1
Geotermoeléctrica	5816	3982	68.5
Termoeléctrica convencional	53917	677	1.2
Turbogás	6145	135	20.2
Total	260306	11993	4.6

Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2013).

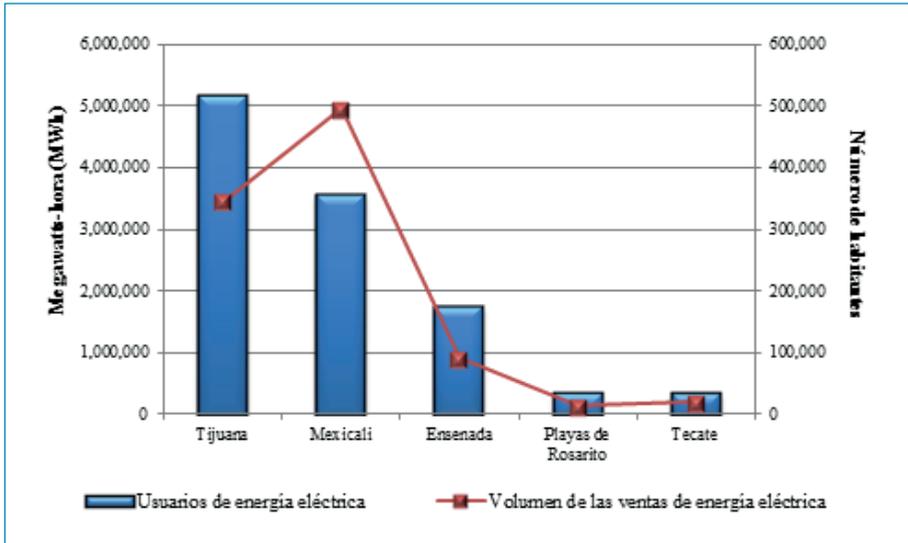
fomentar la producción de energía renovable, a través de la geotermia; tal y como lo señalan las metas del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

b) Estructura regional de las ventas de electricidad

Las ventas de electricidad por municipio en 2012 se muestran en la figura 3.16. Mexicali con el 31.8% de los usuarios de la entidad consume el 51.3% de la electricidad debido a su clima desértico y altas temperaturas, que obliga a utilizar aire acondicionado en verano, además de la presencia de industrias y servicios de alto consumo de electricidad; pese a que Tijuana tiene la mayor participación porcentual de su población a nivel estatal con 46.1% no es el municipio que consume más electricidad, ya que sólo consume el 35.7% del total estatal; Ensenada y Tecate consumieron el 11.5%, mientras que el restante 1.04% corresponde al municipio de Playas de Rosarito.

Lo anterior evidencia que las ventas de energía eléctrica no son directamente proporcionales a la cantidad de habitantes, toda vez que la demanda depende de múltiples factores, como son los económicos (el tipo de ramas industriales y de servicios presentes, por ejemplo), sociales (condiciones de vida) y climáticos (climas y temperaturas extremos). Esto se observa claramente en el estado de Baja California, lo cual redundará en su consumo de energía.

Figura 3.16
Ventas de energía eléctrica por municipio y número de usuarios, 2012 (mwh)



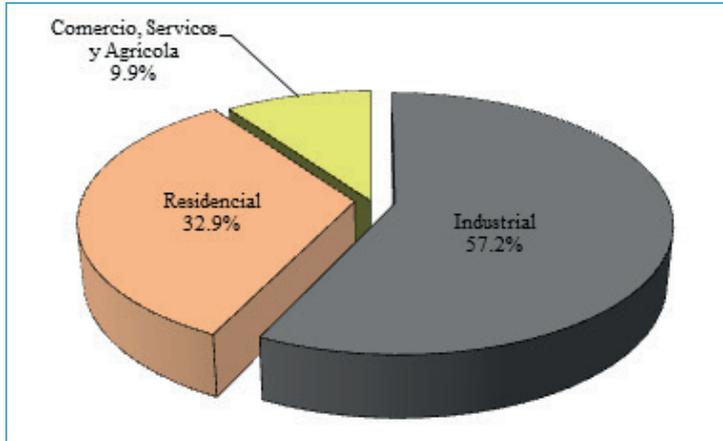
Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2012b).

c) Ventas de energía eléctrica a nivel regional por tipos de consumidores

Al analizar las ventas de electricidad en el estado se observa que en el periodo 1990-2010 éstas crecieron a una tasa anual compuesta con base en el año 1990 de 4.9%. Mexicali presentó una tasa de crecimiento anual del 6%, Tijuana del 4.4%, y entre estos dos municipios concentraron el 82% de las ventas de electricidad del estado. Mexicali incrementó su consumo del 40 hasta el 49%, lo que está directamente relacionado con el crecimiento de establecimientos industriales con mayor consumo de energía. Por otro lado, Tijuana actualmente consume el 33.5%; Rosarito 0.8%, Tecate 1.1% y Ensenada 8.1%, por lo que la Zona Valle representó el 56.5% del consumo estatal (Muñoz et al. 2012).

Para el 2012, las ventas de energía eléctrica en el estado de Baja California fueron de 9 681.5 gwh, lo que equivale al 4.7% del total de energía consumida en el país, que ese año, según Sener (2014), consumió 206 480.6 gwh. El sector residencial representa el 32.9%, y los sectores comercial, ser-

Figura 3.17
Ventas de energía eléctrica por sector, Baja California, 2012



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2014).

vicios y agrícola contribuyen con el 9.9% restante. El sector industrial, con el 3.1% de los usuarios a nivel nacional, consume el 57.2% de las ventas internas estatales de electricidad (figura 3.17). El consumo industrial en media y alta tensión está creciendo con una tasa dos veces mayor que el consumo residencial, mientras que los sectores comercial, de servicios y agrícola crecen a tasas más bajas que el sector doméstico. Lo anterior se atribuye a “la instalación de empresas intensivas en el uso de la energía asociado con precios más altos en las tarifas domésticas, comerciales y de servicios. Sin embargo, se observa una tendencia a la disminución en la tasa de crecimiento del consumo a partir de 2002, excepto en el sector agrícola”, lo cual evidentemente es el efecto de la elasticidad de la demanda (Muñoz et al. 2012, 6; Sener 2014).

d) Consumo de electricidad por las principales actividades económicas: primarias, secundarias y terciarias

En Mexicali el 64.8% de la electricidad consumida se destina al sector industrial y de servicios en la entidad, y el 32.8% corresponde al sector doméstico,

mientras que la participación de Tijuana en estos mismos sectores es de 76.8 y 20.7 %, respectivamente. Por su parte, Ensenada participa con el 63.2 % de las ventas para el sector industrial y de servicios y con un 26.6 % en el sector doméstico, mientras que en Tecate predominan las ventas en los sectores, industrial y de comercio con 49.1 %, y doméstico con un 43.3 %. En contraste, en el caso de Playas de Rosarito, el 67.9 % de las ventas municipales son para el sector doméstico, mientras que el 30.16 % es para el sector industrial y de servicios (figura 3.18).

El considerable consumo eléctrico en el sector industrial es consecuencia de que las actividades manufactureras y de ensamblado constituyen una porción importante de la economía de Mexicali y Tijuana. Además, en Mexicali existen algunas industrias de gran demanda de energía eléctrica, como las de producción de vidrio y acero.

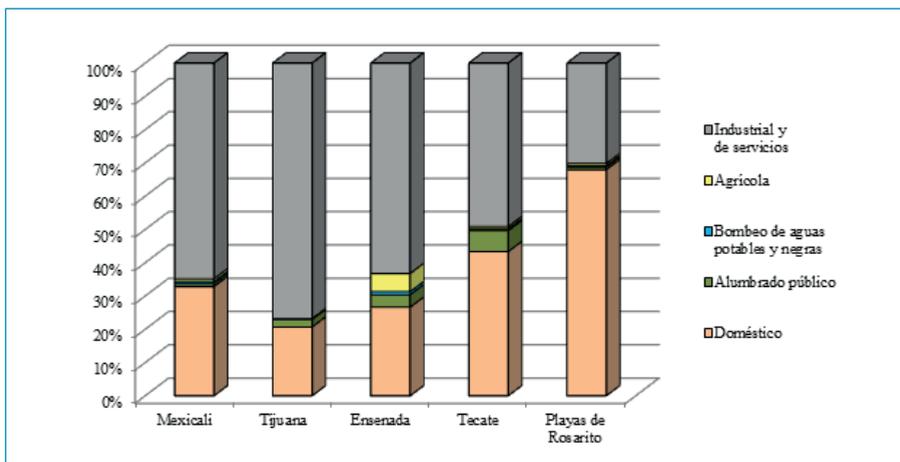
Lo anterior se evidencia debido a que, como se señaló en el apartado anterior, la industria maquiladora ha desempeñado un papel primordial en el crecimiento económico de la ciudad. Durante los años cincuenta y sesenta del siglo pasado se acentuó el carácter terciario de la economía tijuana. En 1950, el 54 % de la población económicamente activa estaba dedicada a las actividades terciarias y para 1960 este porcentaje se incrementó solamente al 55 %. En este mismo periodo, la ocupación en la industria se incrementó en términos relativos, mientras que el sector primario perdió importancia en términos absolutos y relativos (Semarnap et al. 2000, 23).

El proceso de industrialización se inició a partir del Programa de Industrialización Fronterizo en 1966, con el objetivo de abatir el desempleo en la región de la frontera norte y estimular su desarrollo industrial e integración regional al país. Actualmente, la actividad manufacturera comprende diversos giros, lo que da un gran dinamismo a este sector productivo (Sener 2014).

e) Obras principales de interconexión

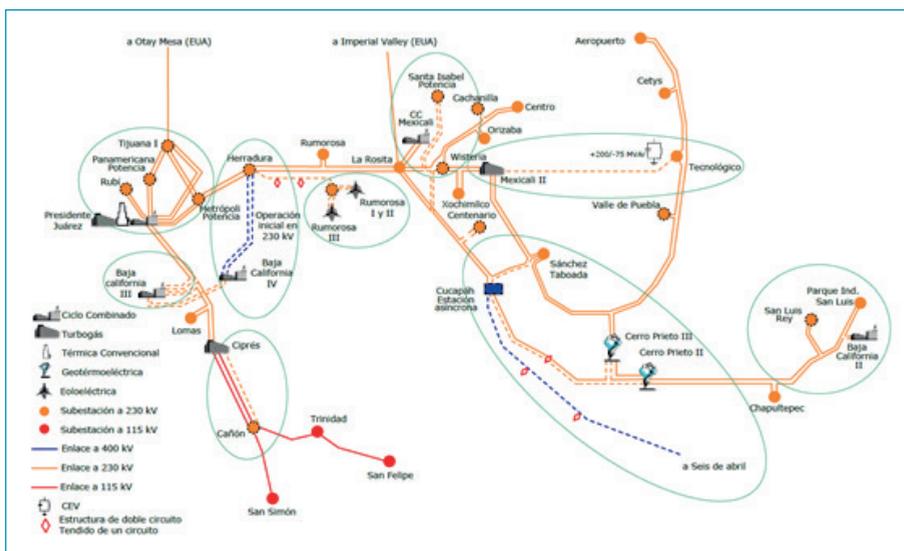
Como se observa en la figura 3.19, la distribución espacial de la red de transmisión eléctrica en el estado de Baja California se vislumbra como troncal y

Figura 3.18
Participación porcentual de las ventas de energía eléctrica por tipo de servicio y municipio, 2011



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2012b).

Figura 3.19
Principales proyectos en la red troncal del área Baja California



Fuente: Tomado de Poise (2012, 186).

periférica con canales de distribución locales-fronterizos y presencia de nodos (subestaciones) importantes que están en función de la demanda; para el caso de la industria tanto nacional como internacional configuran clústeres de diversas índoles.

De acuerdo con el esquema del Programas de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (Poise 2012) se ha programado la adición de capacidad de transformación con la nueva subestación (SE) Santa Isabel con una potencia de 225 MVA de capacidad, mediante la cual se podrá atender el suministro de la zona de Mexicali. Su conexión al sistema es mediante la construcción de una línea de transmisión que entronca la línea de tensión (LT) Presidente Juárez-Ciprés (figura 3.19).

También se tienen programados adiciones de transformación en las subestaciones Centenario, San Luis Rey, Cachanila y Wisteria de 40 MVA de capacidad cada una y relación 230/13.8 kV que permitirá el suministro confiable y seguro de la demanda de la Zona Valle (Poise 2012, 51).

Asimismo, se tiene el proyecto de la interconexión del área al Sistema Interconectado Nacional (SIN) para abril de 2015, mediante un enlace de transmisión en 400 kV, entre la subestaciones Seis de Abril del área Noroeste y Cucapáh (futura), a través de una estación asincrónica de 300 MW de capacidad ubicada en la subestación Cucapáh. Con las obras involucradas se formarán dos anillos en 230 kV que rodearán la ciudad de Mexicali.

El enlace de transmisión Mexicali II-Tecnológico en 2016 permitirá la formación de un anillo interno en 230 kV entre las subestaciones Centro, Cety's, Tecnológico y Aeropuerto II. Para el 2016, se tiene planeado en la zona de Tijuana, el cambio de tensión en la red de subtransmisión de 69n kV a 115 kV de la parte sur y poniente de la ciudad, lo que permitirá incrementar la capacidad de transmisión. Se formará un anillo externo en 115 kV entre las subestaciones Presidente Juárez, Metrópoli Potencia, La Herradura y Tijuana 1.

Para atender el crecimiento de las poblaciones ubicadas al sur de la ciudad de Ensenada, San Quintín, San Simón y San Felipe, así como los desarrollos turísticos sobre el Golfo de California, se ha programado para el 2017 la adición de 100 MVA de capacidad de 230/115 kV en la subestación Cañón (Poise 2012, 51). Posteriormente, para el 2018, el Poise considera un nuevo

proyecto de 565 MW en el área de influencia cercana al sitio la Jovita, por lo cual se ha programado una red en 400 kV que interconectará las zonas Ensenada y Tijuana y permitirá el suministro de la ciudad de Tijuana.

En general, la estructura de la red eléctrica indica el nivel y tipo de interacciones socioeconómicas y, por lo tanto, el proceso de construcción de la red revela el proceso de apropiación territorial. Bajo este tenor, es que el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (Poise) queda a expensas de la infraestructura de apoyo que particulares puedan ofrecer.

f) Importación y exportación de energía eléctrica

A partir de la firma del TLCAN y de disposiciones especiales en la materia, se ha venido presentado una expansión significativa del comercio internacional de energéticos. Dicha expansión ha sido posible debido a que se ha atendido estratégicamente la demanda de bienes y servicios en el mercado internacional, mediante esquemas que optimizan el aprovechamiento de los recursos disponibles en la región.

En 2012, la importación nacional de electricidad fue de 2 166 GWh, de los cuales el 15.7 % correspondieron al área de Baja California (341 GWh), muy por arriba de la importación realizada en 2005, que fue tan solo de 75 GWh. En el caso de la exportación sucede lo contrario; la exportación de energía eléctrica a nivel nacional fue de 1 117 GWh, donde Baja California participó con 57.6 % del total nacional (643 GWh; Poise 2012; Sener 2013).

De acuerdo con Quintanilla (2003, 89), de haber sido una región importadora neta de energía, Baja California pasó a ser exportadora de 1983 a 1997, debido al importante ritmo de crecimiento del sector; en el 2002 se ha convertido en importador nuevamente porque el crecimiento de la generación eléctrica no se ajustó al crecimiento industrial, económico y poblacional. Sin embargo, debido a la crisis energética que ha padecido California se está exportando energía nuevamente a partir del año 2003.

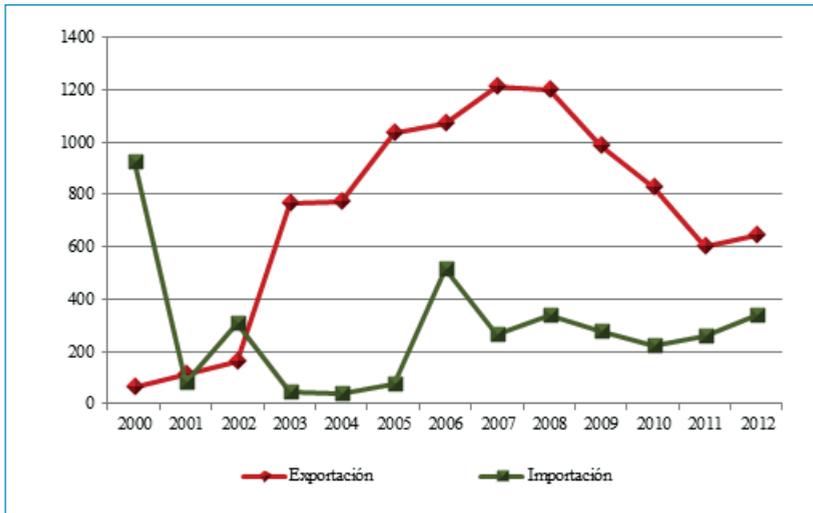
Actualmente, los mayores flujos de comercio exterior de energía eléctrica con Estados Unidos se realizan mediante las interconexiones SEN-WECC.

El WECC se enlaza con el SEN en Baja California. Se tienen convenios de asistencia en emergencia con el operador independiente del sistema de California (Caiso, por sus siglas en inglés).

A pesar de compartir más de 3 000 km de frontera, el comercio de energía eléctrica entre México y Estados Unidos es relativamente limitado, y representa menos del 0.5 % del consumo, ya sea de México o de los estados de California y Texas. Sin embargo, la adopción en esos estados fronterizos de metas obligatorias para la producción de electricidad a partir de fuentes renovables ha generado una fuerte demanda que representa una oportunidad de desarrollo para el sector mexicano de generación de energía eólica para exportación (figura 3.20; USAID 2009).

Quintanilla, Montoya y Fischer (2003) señalan que al desconectar la exportación de energía suministrada a Estados Unidos y añadir la importación para obtener la energía neta necesaria para Baja California se evidencia que la importación de energía está asociada a que la demanda máxima del sistema no permite mantener la capacidad mínima de reserva para afrontar casos de

Figura 3.20
Exportación e importación de energía eléctrica en Baja California (gwh), 2002-2012



Fuente: Elaboración propia con base en Poise (2012) y Sener (2013).

contingencia; por su lado, la exportación, cuando las condiciones de mercado son favorables, permite elevar los factores de planta y abatir los costos fijos del sistema mejorando la economía del mismo.

De los sectores económicos regionales, Baja California ha sido el más dinámico en términos de producción de energía, debido a las ventajas relativas que ha tenido para ampliar su capacidad instalada con base en el aprovechamiento de sus recursos naturales disponibles. La capacidad instalada de producción ha presentado excedentes que han permitido vender fluido eléctrico al sur de California para pagar un crédito que fue otorgado a México para la construcción de la planta Cerro Prieto III (Quintanilla, Montoya y Fischer 2003).

Permisos para la generación de energía eléctrica

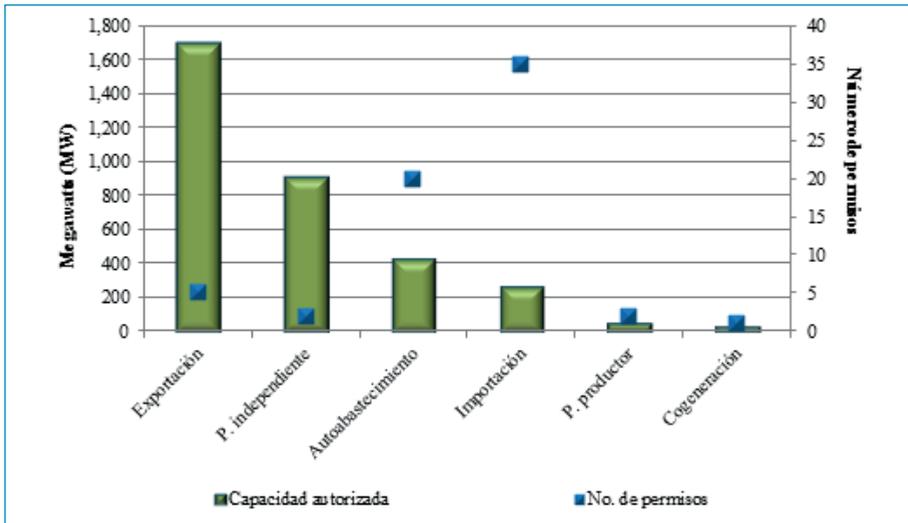
Debido a que la participación de las empresas privadas en la generación eléctrica está vinculada con el crecimiento de la capacidad instalada en centrales de ciclo combinado es fundamental analizar la evolución y el estado actual que guardan los permisos de generación eléctrica en el estado de Baja California.

La Comisión Reguladora de Energía ha otorgado, hasta el 31 de diciembre de 2014, 65 permisos para la generación e importación de energía eléctrica en el estado de Baja California; de éstos, el 72 % ya está en operación, el 23 % en construcción y el restante 5 % por iniciar obras, lo cual suma una capacidad autorizada de 3 303.3 MW. Nueve son específicamente para la generación e importación de energía a través de fuentes renovables, con un total de 642.84 MW de capacidad autorizada, de los cuales, solo dos están ya en operación y el restante está proyectado que entre en operación en los próximos años.

Del total de capacidad eléctrica autorizada en el estado de Baja California hasta el año 2014, a la modalidad exportación le corresponden 1 692.17 MW, producción independiente de energía 899.91 MW, autoabastecimiento 421.86 MW, importación 251.88 MW, pequeña producción 45.4 MW y cogeneración 22.7 MW (figura 3.21; CRE 2015).

El mayor número de permisos otorgados por la CRE corresponden a la modalidad de importación, los cuales se otorgan a empresas industriales de

Figura 3.21
 Modalidades de permisos otorgados por la CRE en el estado de Baja California
 en el sector eléctrico, según capacidad autorizada



Fuente: Elaboración propia con base en la Comisión Reguladora de Energía (CRE 2015).

capital privado, principalmente, que importan energía desde Estados Unidos, exclusivamente para usos propios. En el caso de la modalidad de autoabastecimiento, la mayoría de los permisos otorgados son de pequeña capacidad, aunque cuenta con 20 permisos. Le siguen los permisos de exportación que están destinados a empresas que construyeron y operan centrales de ciclo combinado y eoloelectricas, de manera que con sólo cinco permisos tienen la mayor proporción de capacidad autorizada, por lo que la generación privada para exportación también es notable.

Cabe señalar que la participación del sector privado en la industria eléctrica del país, y en particular del estado, no es nueva; desde 1995 la colaboración privada se dio primero en proyectos de electricidad para la CFE, bajo el esquema Construir-Arrendar-Transferir (CAT), que evolucionó en un esquema de productores externos de energía (PEE), por lo que parte de la electricidad consumida en el país es “maquilada” por productores independientes de electricidad (PIE). En el estado de Baja California, los PIE están representados por

centrales eléctricas de ciclo combinado de alta potencia eléctrica, que cuentan con dos permisos y poseen la segunda mayor proporción de capacidad autorizada privada; estos productores venden la energía generada a la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Tal como se observa en el cuadro 3.5, del total de los permisos autorizados en Baja California para generación e importación de energía eléctrica, en la mayor parte de los casos el energético primario empleado es el diésel, seguido por el gas natural, y en tercer lugar se ubica el viento. Los sectores que más utilizan diésel para sus centrales son el de alimentos, farmacéutico, industrias diversas, manufacturero, maquilado, municipal y de servicios; en general, la industria es la actividad de la que más permisos de generación de energía eléctrica se desprenden (cuadro 3.6).

Por su parte, el viento ha cobrado importancia como energético primario, ya que cuenta con cinco permisos que suman una capacidad autorizada de 568.8 MW; estos proyectos están destinados a la exportación, industrias diversas y para uso municipal.

La participación porcentual de los permisos está distribuida en ocho tipos de centrales diferentes, de las cuales la importación ocupa un 54 %, seguido de las centrales por combustión interna (20 %) y de ciclo combinado (9 %). Las centrales eoloelectricas tienen 8 % de los permisos; la fotovoltaica 5 %; las turbinas de gas y combustión interna suman un 2 %, mientras que las turbinas hidráulicas tienen una presencia del 2 % (figura 3.22).

Las centrales que producen energía a través de fuentes renovables suman una participación del 15 %, lo que revela que el 85 % de los permisos que se están otorgando en el estado no están siendo prioritariamente encaminados a una transición energética hacia las energías renovables, contrario a lo que marca la Estrategia Nacional para la Transición Energética, la Ley de Energías Renovables para el estado de Baja California, el Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, la Ley General de Cambio Climático, así como la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

En este sentido, los años clave en los que se otorgaron mayor número de permisos para la generación e importación de energía eléctrica fueron 2003, con un total de 14 permisos y 2014, con un total de 11 permisos; en 2009 se

otorgó el primer permiso de generación de energía eólica, posteriormente se tienen autorizados siete proyectos más, que en el periodo de 2014 al 2017 entrarán en operación para generar energías renovable por medio del viento, sol y agua (cuadro 3.6).

Como puede observarse en el cuadro 3.6, Ensenada cuenta con tan sólo cuatro permisos, que suman una capacidad autorizada de 586.3 MW, lo que posiciona a Ensenada como el segundo municipio con la mayor capacidad autorizada por debajo de Mexicali. De estos permisos sólo Energía Costa Azul se encuentra en operación desde el 2008, y por tratarse de una central de ciclo combinado utiliza gas natural; la electricidad generada es utilizada en las industrias instaladas en Baja California y el resto se exporta a Estados Unidos.

Cuadro 3.6
Permisos otorgados para la generación e importación de energía eléctrica en Baja California, según tipo de energético primario y destino

ACTIVIDAD	ENERGÉTICO / DESTINO							TOTAL
	AGUA	DIESEL	GAS NATURAL	GAS NATURAL Y DIESEL	SOL	VIENTO	IMPOR-TACIÓN	
Alimentos		3						3
Exportación			3			2		5
Farmacéutica		1						1
Gobierno	1							1
Importación							35	35
Industrias diversas		3	1	1		2		7
Manufacturero		1			1			2
Maquilador		1						1
Municipal		1				1		2
P. independiente			2					2
Papelero			1					1
Pequeño productor					2			2
Servicios		3						3
Total general	1	13	7	1	3	5	35	65

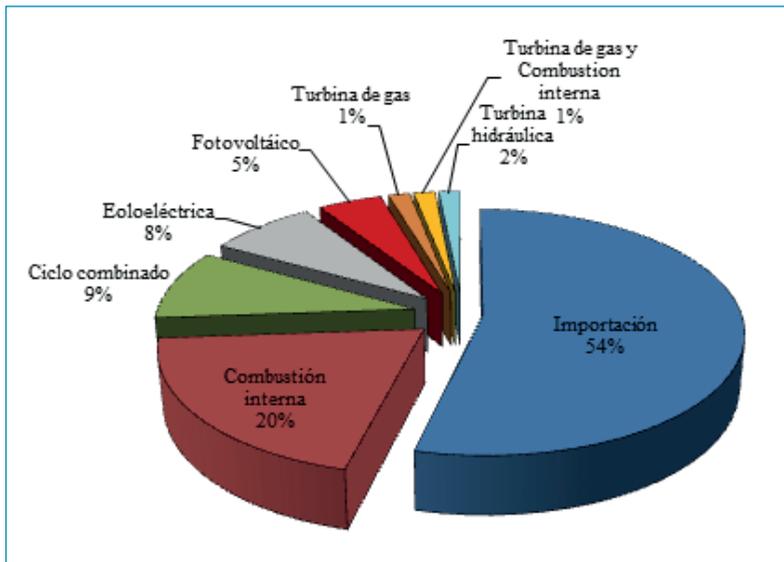
Fuente: Elaboración propia con base en CRE (2015).

También en Ensenada se tienen autorizados dos proyectos de generación de energía eólica para autoabastecimiento de industrias diversas que suman una capacidad autorizada de 102 MW y que se pretende entren en operación en 2014 y 2015.

Mexicali concentra la mayor capacidad autorizada para generación eléctrica con más de 2 184.5 MW y un total de 39 proyectos, de los cuales el 87% se encuentran en operación y el 13% en construcción. La mayor cantidad de permisos son para la importación (23); no obstante, estos permisos no representan la mayor capacidad autorizada y esto se debe a que el 83% de esta autorizada corresponde a proyectos de exportación de electricidad generada mediante el empleo de gas natural en centrales de ciclo combinado.

La termoeléctrica de Mexicali, subsidiaria de IEnova, es una central de ciclo combinado alimentada con gas natural y cuenta con la mayor capacidad autorizada a nivel estatal (679.7 MW); inició operaciones en 2003 y su energía se

Figura 3.22
Participación porcentual de los permisos otorgados en el estado de Baja California, 2014 por tipo de planta



Fuente: Elaboración propia con base en CRE (2015).

destina a la exportación. La termoeléctrica con la mayor capacidad autorizada es la de la empresa Energía Azteca X, S. de R. L de C. V. Cabe destacar que el municipio de Mexicali es el primero en contar con un parque eólico que entró en operación en 2009, cuya energía generada se vende al mismo municipio con la que se abastece 80 % del alumbrado público (Muñoz et al. 2012).

Tecate cuenta con cuatro proyectos autorizados que suman una capacidad autorizada de 459.7 MW, de los cuales dos son para exportación de energía eléctrica generada a través de aerogeneradores; ambos proyectos se encuentran en construcción, y la misma empresa que pretende exportar energía eólica también tiene un permiso para importar energía, evidentemente en menor cantidad. El único proyecto en el municipio que actualmente se encuentra en operación corresponde a un supermercado con un permiso de importación.

Tijuana es el municipio con menor capacidad autorizada, pero el segundo municipio con mayor número de permisos; esto se debe a que el 51 % de los permisos son para la importación de electricidad y el 49 % para autoabastecimiento. Los permisos de autoabastecimiento fueron otorgados a las maquilas e industrias diversas. A su vez, parte de las empresas que cuentan con estos permisos forman un clúster de productos especializados.

La dinámica de crecimiento de la energía eléctrica autorizada en estas modalidades ha sido desigual desde el inicio de las funciones de la CRE. El aumento más notable ha sido el experimentado por la energía generada para importación, la cual ha tenido lugar a partir del 2003, cuando se expidió el permiso para importar electricidad de una planta ubicada en Estados Unidos, y el incremento más notorio se registra en 2012 y 2013. En contraste, la energía eléctrica autorizada aportada por los permisionarios en proyectos de exportación y pequeña producción ha aumentado muy lentamente, y sólo en los dos últimos años experimentó un crecimiento a un ritmo más rápido. La energía autorizada con fines de cogeneración ha tenido un aumento poco significativo (cuadro 3.7).

Por su parte, todos los permisos destinados a la importación de energía eléctrica están reservados para el abastecimiento de usos propios por parte de las grandes empresas que han recurrido a ellos para ahorrar energía; este

servicio es proporcionado por alguna empresa estadounidense, e incluye la conducción, transformación y entrega de energía.

Entre los casos más recientes, destacan el permiso de importación de energía para Tiendas Soriana, S. A. de C. V., en Tijuana, otorgado el 27 de junio de 2013 (cuadro 3.7), que puede importar hasta 3.163 MW y consumir anualmente hasta 15.088 GWh, de la empresa Intercom Energy, Inc., con sede en Coronado, California. Las sucursales incluidas en este permiso son Otay, Rampa Aeropuerto; Rubí, Bulevar Fundadores; Colonia Los Pinos; Industrial, Bulevar Industrial en Mesa de Otay; Indeco, Calzada Tecate esquina Universidad. Soler, Gato Bronco, Agua Caliente, Santa Fe, Acueducto, Guaycura, Villa Fontana, Bulevar Reforma, Casa Blanca, Jardines, Pacífico y Mall Otay.

En la frontera con Estados Unidos, Intercom Energy se encarga de entregar la energía eléctrica a la permisionaria, en la subestación de la CFE “Tijuana I”. “El 7 de marzo de 2013, Tiendas Soriana en Mexicali también obtuvo permiso para consumir energía en seis de sus sucursales, proveniente de la empresa Intercom Energy, Inc., en Coronado. Con una demanda tope de 2.349 GW y anual de 9.691 GWh” (Zeta 2013).

En cuanto a los permisos para generar electricidad por medio de fuentes renovables, el estado cuenta con dos: uno para una planta fotovoltaica y el otro para una turbina hidroeléctrica que entrarán en operación en el 2004 y 2017, respectivamente.

En el futuro se espera que exista una mayor inversión en el sector eléctrico y, por ende, una mayor cantidad de permisos otorgados debido a la instrumentación del TLCAN entre Estados Unidos, Canadá y México. La intención por parte del gobierno federal de privatizar la industria eléctrica en el corto plazo, sugiere que disminuirá y nulificará el dominio del gobierno federal en las políticas energéticas del país (Quintanilla 2003).

El desplazamiento de la CFE por productores particulares extranjeros continúa, y al cierre del 2014 los PIE poseen permisos para generar hasta 27% de la energía total que se consume en el estado, en sus diversas modalidades. Como resultado de la recientemente aprobada reforma energética, en el estado de Baja California se multiplicarán los proyectos de inversión para producir

Cuadro 3.7
Permisos de generación e importación de energía eléctrica
en Baja California, 2003-2014

Municipio	Capacidad autorizada (MW)	Permisos	Capacidad autorizada (MW)	Tipo de planta	Energía primaria	Modalidad	Año de entrada en operación	Actividad económica	Estado actual
Total Estatal	3,383.3								
Encañada	584.3								
<i>Hidroeléctrica Baja California, S.A. de C.V.</i>	302.7	Ciclo combinado	Gas natural	P.I.E.	2016	P independiente	Por iniciar obras		
<i>Energía Costa Azul, S. de R. L. de C.V.</i>	181.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2008	Industria diversa	En operación		
<i>MFG Ramona, S.A. P. I. de C.V.</i>	72.0	Electrolitica	Viento	AUT.	2014	Industria diversa	En construcción		
<i>Fuerza Eléctrica de San Mateo, S. A. de C.V.</i>	30.0	Electrolitica	Viento	AUT.	2015	Industria diversa	Por iniciar obras		
Mexicali	2,184.5								
<i>Termoeléctrica de Mexicali, S.A. de C.V.</i>	670.7	Ciclo combinado	Gas natural	EXP.	2003	Exportación	En operación		
<i>Energía Atacañ, S. de R.L. de C.V.</i>	597.3	Ciclo combinado	Gas natural	P.I.E.	2003	P independiente	En operación		
<i>Energía de Baja California, S. de R.L. de C.V.</i>	337.1	Ciclo combinado	Gas natural	EXP.	2003	Exportación	En operación		
<i>Energía Atacañ, S. de R. L. de C.V.</i>	215.6	Ciclo combinado	Gas natural	EXP.	2003	Exportación	En operación		
<i>Energía Atacañ, S. A. de C. V.</i>	30.0	Ciclo combinado	Gas natural	AUT.	2014	Industria diversa	En construcción		
<i>Fábrica de Papel San Francisco, S. A. de C. V.</i>	40.0	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En operación		
<i>Fábrica de Papel San Francisco, S. A. de C. V.</i>	22.7	Turbinas de gas	Gas natural	COG.	2015	Papelero	En construcción		
<i>Energía de Baja California, S. de R. L. de C. V.</i>	20.0	Importación	Importación	IMP.	2002	Importación	En operación		
<i>Energía Atacañ, S. de R. L. de C. V.</i>	20.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Fuerza Industrial, S. A. de C. V.</i>	20.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Sinex Internacional S. A. de C. V.</i>	20.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Costa Soler, S. A. P. I. de C. V.</i>	15.4	Fotovoltaico	Sol	P.P.	2015	Pequeño productor	En construcción		
<i>Termoeléctrica de Mexicali, S. de R. L. de C. V.</i>	12.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Konverh Mexicana, S. A. de C. V.</i>	10.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Municipio de Mexicali</i>	10.0	Electrolitica	Viento	AUT.	2009	Municipal	En operación		
<i>Vidra y Cristal del Noroeste, S. A. de C. V.</i>	10.0	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En operación		
<i>Slojovka Soluciones de México, S. de R. L. de C. V.</i>	10.0	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En operación		
<i>LN Safety Glass S. A. de C. V.</i>	8.0	Importación	Importación	IMP.	2009	Importación	En operación		
<i>Inventora Adress, S. A. de C. V.</i>	6.0	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En operación		
<i>Productos Urólogos de México, S. A. de C. V.</i>	6.0	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En operación		
<i>Hibach Technologies de México, S. de R. L. de C. V.</i>	3.6	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Industrias Zakovi, S. A. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Productos Urólogos de México, S. A. de C. V.</i>	3.0	Combustión interna	Diesel	AUT.	2009	Farmacéutico	En operación		
<i>Cerámicas San Lorenzo de México, S. A. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En construcción		
<i>Spectrum Brands Hki México, S. de R. L. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En operación		
<i>Sulvares Agroindustrial, S. A. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En operación		
<i>Enemas, S. A. de C. V.</i>	2.9	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Kuang Sung Electronics México, S. A. de C. V.</i>	2.3	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Bimbo, S. A. de C. V., Planta Bimbo de B.C.</i>	2.5	Combustión interna	Diesel	AUT.	2007	Alimentos	En operación		
<i>Tiendas Soriana, S. A. de C. V.</i>	2.3	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En construcción		
<i>Rkem Mexicali, S. de R. L. de C. V.</i>	2.2	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Muebles de Baja California, S.A. de C.V.</i>	2.0	Importación	Importación	IMP.	2006	Importación	En operación		
<i>James Mexicali, S. A. de C. V.</i>	1.7	Importación	Importación	IMP.	2005	Importación	En operación		
<i>Bimbo, S. A. de C. V., Planta Tijuana</i>	1.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2004	Alimentos	En operación		
<i>Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali</i>	1.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2005	Municipal	En operación		
<i>Bimbo, S. A. de C. V., Planta maravele de B.C.</i>	1.2	Combustión interna	Diesel	AUT.	2007	Alimentos	En operación		
<i>Hibach Technologies de México, S. de R. L. de C. V.</i>	1.0	Combustión interna	Diesel	AUT.	2007	Industria diversa	En operación		
<i>Dajfex, S. de R. L. de C. V.</i>	0.8	Combustión interna	Diesel	AUT.	2007	Industria diversa	En operación		
<i>Teléfonos del Noroeste, S. A. de C. V., Central Principal</i>	0.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2006	Servicios	En operación		
Tecate	459.7								
<i>Hid Power de México, S. A. de C. V.</i>	300.3	Electrolitica	Viento	EXP.	2015	Exportación	En construcción		
<i>Energía Sierra Juárez, S. de R. L. de C. V.</i>	156.0	Electrolitica	Viento	EXP.	2014	Exportación	En construcción		
<i>Tiendas Soriana, S. A. de C. V.</i>	2.3	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En operación		
<i>Energía Sierra Juárez, S. de R. L. de C. V.</i>	0.1	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En construcción		
Tijuana	72.9								
<i>Energía del Agua de Baja California, S. A. de C. V.</i>	27.6	Turbinas hidráulicas	Agua	AUT.	2017	Gobierno	En construcción		
<i>Nellcor Puritan Bennett México, S. A. de C. V.</i>	10.0	Importación	Importación	IMP.	2005	Importación	En operación		
<i>Recicladoras Internacionales, S. A. de C. V.</i>	6.0	Importación	Importación	IMP.	2005	Importación	En operación		
<i>Especialidades Médicas Kemar, S. A. de C. V.</i>	6.0	Importación	Importación	IMP.	2003	Importación	En operación		
<i>Tiendas Soriana, S. A. de C. V., Cargas Tijuana</i>	3.1	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En construcción		
<i>Sistemas Médicos Alaris S. A. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2012	Importación	En operación		
<i>Avery Products, S. de R. L. de C. V.</i>	3.0	Importación	Importación	IMP.	2013	Importación	En operación		
<i>Continental Sovencon Plásticos de Tijuana, S. de R. L. de C. V.</i>	2.0	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En construcción		
<i>Perfor Honeyfly de México, S. A. de C. V.</i>	2.0	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En construcción		
<i>Ensamblas Hyatt, S. A. de C. V.</i>	1.8	Combustión interna	Diesel	AUT.	2014	Maquilador	En operación		
<i>Grupo Tehtata, S. A. de C. V.</i>	1.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2007	Industria diversa	En operación		
<i>Teléfonos del Noroeste, S. A. de C. V., Central Árbol III</i>	1.6	Combustión interna	Diesel	AUT.	2006	Servicios	En operación		
<i>Cavaleras Specialty Materials México, S. de R. L. de C. V.</i>	1.5	Combustión interna	Diesel	AUT.	2010	Manufacturero	En operación		
<i>Pilma, S. A. de C. V.</i>	1.0	Fotovoltaico	Sol	AUT.	2014	Manufacturero	En operación		
<i>Industrias Eléctricas Pacifico, S. A. de C. V.</i>	1.0	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En construcción		
<i>Homconetics Mexico Manufacturing, S. de R.L. de C. V.</i>	1.0	Importación	Importación	IMP.	2014	Importación	En construcción		
<i>Teléfonos del Noroeste, S. A. de C. V., Central Lomas</i>	0.7	Combustión interna	Diesel	AUT.	2006	Servicios	En operación		

Fuente: Elaboración propia con base en CRE (2015).

energía eléctrica en su territorio que no necesariamente se destinarán a su propio abastecimiento.

En este tenor, las importaciones y exportaciones entre México y Estados Unidos se han concentrado, particularmente, en la región California, Estados Unidos-Baja California. No obstante, se prevé que este patrón de comercio transfronterizo se modificará en el corto plazo, y que México se podría convertir en un exportador neto de electricidad al mercado estadounidense.

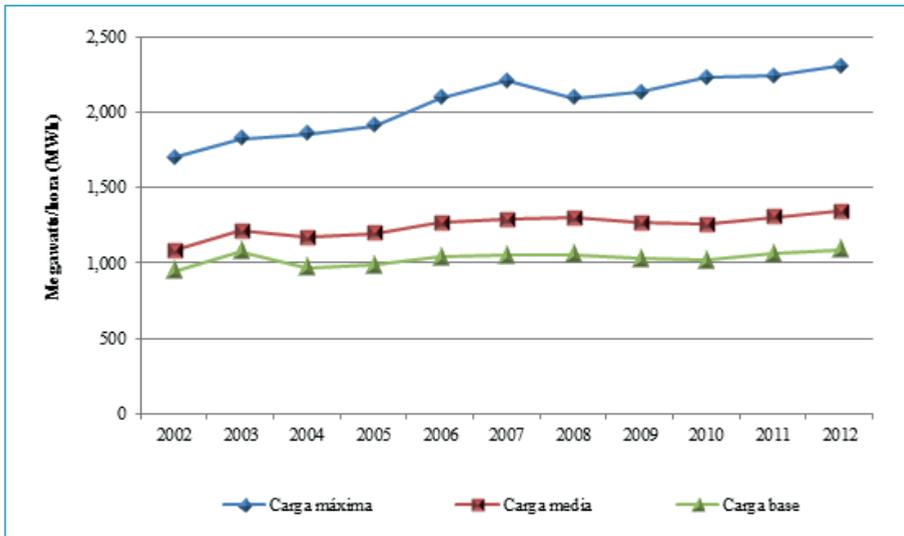
Evolución regional de la demanda de electricidad y perspectivas futuras

En el análisis del sector eléctrico, las estimaciones de demanda y consumo de energía eléctrica en el mediano y largo plazo son una referencia fundamental para dimensionar y diseñar de manera óptima la expansión de la capacidad de generación y transmisión en la planeación del sector eléctrico (Poise 2012). En un escenario ideal, debería tener como fin de satisfacer con equidad, calidad, confiabilidad y estabilidad, las necesidades en materia de energía eléctrica.

La demanda máxima se refiere a la demanda que ocurre en cada localidad en el momento en que la suma de las demandas provoca un máximo en todo el sistema y normalmente difieren de las demandas máximas que se presentan en cada localidad. A las demandas que ocurren en cada localidad hay que añadir las demandas por usos propios del sistema para obtener la demanda de la entidad (figura 3.23).

En este caso hay que considerar además la demanda de San Luis Río Colorado, Sonora, y las demandas por exportación e importación de energía con Estados Unidos. La demanda máxima en Baja California creció a tasas anuales compuestas de 2% a 3% (Base 2002) en el periodo 2002 a 2010, y presentó una tendencia moderada a la alza, patrón que según las prospectivas se mantendrá, ya que para el periodo entre 2012 y 2016 se espera una tasa de crecimiento medio anual de 4% (Poise 2012; Muñoz et al. 2012, 20).

Figura 3.23
Evolución de la demanda máxima bruta por tipo
de carga en Baja California, 2002-2012



Fuente: Elaboración propia con base en Sener (2013).

El sistema debe tener la capacidad de reserva para mantenimientos programado y salidas no programadas de unidades. Esta reserva para el Sistema de Baja California debe ser como mínimo el valor que sea mayor a la capacidad de la unidad más grande en operación (160 MW) o del 15 % de la demanda máxima (Muñoz et al. 2012, 20).

El margen de reserva es un indicador de la suficiencia o insuficiencia de generación en el sistema y se define como “el excedente de capacidad disponible sobre la demanda máxima” (Poise 2012, 365). “Como la energía eléctrica no se puede almacenar, y por lo tanto se debe producir cuando se necesita, el valor del margen de reserva depende de los tipos de centrales que lo conforman, de la capacidad y disponibilidad de las unidades generadoras y la estructura del sistema de transmisión” (Poise 2012, 66).

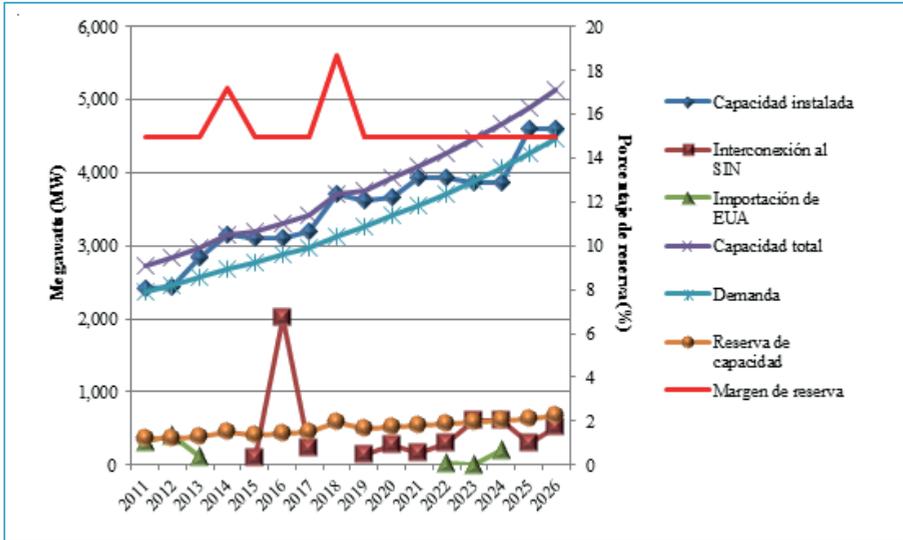
En la figura 3.24 se observa el margen de reserva para el sistema Baja California, en el eje secundario, donde la evolución de la capacidad considera el plan de expansión incluido en el Programa de obras (PRC) y los criterios establecidos para la planificación de este sistema. La diferencia entre la capacidad total instalada y la demanda máxima se conoce como reserva total del sistema, la cual se compara con la reserva mínima (en este caso 15 % de la demanda máxima), la cual, para garantizar la confiabilidad del sistema, siempre debe ser menor o igual a la reserva total. En los últimos veinte años esto sólo ocurrió en 1993, 2002-2005, 2009 y 2010. En el resto de los años, Baja California estuvo obligada a importar energía de Estados Unidos.

A pesar del crecimiento de la demanda en Baja California, existen problemas de capacidad debido a los siguientes factores: reducción de capacidad disponible en la central geotermoeléctrica de Cerro Prieto de 412 MW, debido a la disminución en la producción de vapor en el campo geotérmico; retraso en la entrada en operación de la Central Turbogás (TG) Baja California II Fase 140 y, finalmente, por la postergación para la adjudicación de la Central de ciclo Combinado (CC) Baja California III (La Jovita) por problemas de autorización de uso de suelo por parte de las autoridades municipales. Por lo anterior, ha sido necesario importar energía durante los meses de verano de 2013 a 2016 para garantizar la confiabilidad del suministro y seguridad del sistema capacidad (Sener 2013, 155).

Muñoz et al. (2012, 146) señalan que

si se descuenta la operación de las unidades de turbogás (188 MW) que están de respaldo para casos de emergencia o como un elemento de negociación comercial en la alternativa de operarlas o importar energía, se observa que el sistema sólo tuvo superávit en 2002, 2004 y 2005 con las centrales base y reguladoras. Esta es la razón principal que defiende CFE para los altos costos de la energía en las horas de punta y de la demanda en el verano, buscando desincentivar la demanda y el consumo en estas situaciones para evitar importar energía u operar con centrales de turbogás, ambas alternativas de alto costo.

Figura 3.24
Escenarios del margen de reserva del sistema Baja California, 2011-2026



Fuente: Elaboración propia con base en el Poise (2013).

Con base en los datos anteriores, es indubitable que la demanda irá a la alza, y en consecuencia, la infraestructura, proyectos y planeación del sistema eléctrico nacional deben garantizar la confiabilidad en la estructura del sistema de transmisión, tanto nacional como estatal, puesto que de esto dependerá la capacidad para satisfacer la demanda máxima y el consumo de energía en los próximos años.

Transmisión y transformación de energía eléctrica del sector privado. Infraestructura de apoyo al sector eléctrico regional

Desde el verano del año 2000, el estado de California ha experimentado una situación de crisis en el abasto de energía eléctrica; crisis que afecta al suroeste de Estados Unidos y que ha provocado, entre otras cosas, una desaceleración en el crecimiento económico y la necesidad de una integración energética regional.

Varios años de bajo volumen de precipitación pluvial han resultado en una baja generación de energía hidroeléctrica. Por lo que la generación de energía por fuentes diferentes a la anterior ha sido insuficiente para abastecer el constante crecimiento de la demanda. Aunado a lo anterior, parte de las tres ciudades más grandes de Estados Unidos (Los Ángeles, San Diego y Phoenix) han experimentado “apagones” de diversos grados, por lo que su seguridad eléctrica se ha visto endeble.

Debido a esta crisis, el Gobierno federal de Estados Unidos ha pedido al Gobierno mexicano exportar la mayor cantidad posible de energía eléctrica al estado de California para ayudar a mitigar los efectos adversos (MIA 2001). Es bajo este escenario que la presencia de empresas privadas en el sector eléctrico y energético se ha desarrollado en el estado de Baja California.

En este tenor, hay que recordar que existe un marco regulatorio el cual busca incentivar la generación de electricidad mediante el aprovechamiento de recursos renovables. En lo que corresponde a Baja California, se encuentra en la Ley de Energías Renovables para el estado de Baja California, publicada en el 2012, así como en la Ley de Impulso a la Eficiencia Energética para el estado de Baja California, publicada en el 2012. Las anteriores acompañadas en lo general, de las iniciativas de leyes secundarias en materia energética 2014 y de la Estrategia Nacional de Energía.

La ley reconoce desde 1992 la distinción entre servicio público y privado de electricidad y esa distinción es importante para Baja California, ya que considerando los servicios público y privado, la capacidad instalada de generación es de poco más de 3 000 MW. Es bajo este marco jurídico que se el servicio privado opera el intercambio de energía.

En el caso del servicio privado de electricidad que “está orientado principalmente a la exportación de electricidad y su principal mercado es el estado de California, EE. UU.” (Muñoz et al. 2012, 5), las negociaciones con las plantas productoras de electricidad para la cogeneración de energía, y obtención de bajas tarifas para la industria local, se han hecho posible a través del Programa de Autoabastecimiento de energía eléctrica para la industria de Baja California, el cual se dice que podrá generar ahorros de hasta un 50 % en el

costo de las tarifas del servicio en horario punta para las empresas de ubicadas en la entidad (Poise 2012).

A su vez, con el fin de garantizar el abastecimiento a las centrales actuales y futuras del área de Baja California, la CFE contrató la compra de gas natural en esta área teniendo como precio de referencia el del sur de California (Socal). El proyecto entró en operación en julio de 2008 con una capacidad contratada por CFE de 235 MMpcd. Según Poise (2012, 122), la capacidad excedente a la contratada se destina a otros mercados en el sur y oeste de Estados Unidos.

Existen también dos compañías privadas que están produciendo electricidad para el mercado local y de California. Cuentan con dos centrales de ciclo combinado y funcionan con base en gas natural, así como el resto de las viejas plantas de la CFE que funcionan a base de combustóleo y diésel y que fueron reconvertidas para el uso de gas natural.

La demanda de gas natural era abastecida originalmente por medio de gasoductos que conectaban el sur de California con el estado de Baja California. “Pero ante el incremento extraordinario de gas natural por la construcción de las dos nuevas centrales con capacidad total de 1800 MW en la segunda mitad del 2000, Sempra y los gobiernos estatal y federal decidieron construir la Terminal regasificadora denominada Terminal Costa Azul” (Muñoz et al. 2012, 67).

De esta manera, las grandes empresas transnacionales que sobresalen en el estado y que han invertido capital en su territorio son InterGen y Sempra Energy; recientemente se ha unido la empresa española Iberdrola; las tres están dedicadas a la producción, distribución y comercialización energética, en especial de electricidad.

InterGen es una empresa global de generación de energía que opera con 12 centrales eléctricas en diferentes países, representando una capacidad de producción de 6 312 MW. Las plantas están localizadas en el Reino Unido, Holanda, México, Filipinas y Australia.

En México, InterGen tiene cuatro centrales generadoras que suman una capacidad de total de generación de 2 225 MW:

- “La Rosita”, Mexicali, Baja California, con una capacidad de 1 100 MW
- “Chihuahua”, en Ciudad Juárez, Chihuahua, con una capacidad de 271 MW
- “Bajío” en San Luis de la Paz, Guanajuato, con una capacidad de 600 MW
- “Campeche” en Campeche, Campeche, con capacidad de 252 MW

Recientemente, el 21 de abril del 2014, InterGen firmó un contrato de compra-venta del 50 % del capital social de Energía Sierra Juárez, S. de R. L. de C. V.

El proyecto de energía La Rosita InterGen es una central de ciclo combinado que utiliza gas natural. Aproximadamente 500 MW están bajo contrato con la CFE, con un acuerdo de compra de energía con vigencia de 25 años, mientras que la capacidad restante se destina a satisfacer la demanda en la región fronteriza. El combustible para La Rosita es transportado por un gasoducto de 126 millas de longitud, que cruza la frontera y es propiedad de Sempra/PG&E. El gasoducto va desde Ehrenberg, Arizona, hasta la planta localizada en las cercanías de Mexicali.

La central posee cuatro unidades y, según la empresa, se considera una de las empresas generadoras más limpias en México, porque tres de las unidades están equipadas con reductores catalíticos selectivos, tecnología avanzada de control de emisiones que reduce el óxido de nitrógeno (NOx), un precursor del humo, y es considerada como la mejor tecnología disponible por el estado de California (Internet 7).

Por otro lado, Sempra Energy es una compañía *holding*³⁸ de servicios de energía con operaciones en Estados Unidos, México y otros países de Latinoamérica; está clasificada como una de las principales 500 empresas del mun-

³⁸ Una compañía *holding* se define como “una unidad que mantiene activos (con una participación dominante en el capital) de un grupo de sociedades subsidiarias y cuya actividad principal es ser propietaria del grupo” (FMI 2009, 67). Es decir, es una forma de organización o agrupación de empresas en la que una compañía adquiere todas o la mayor parte de las acciones de otra empresa con el único fin de poseer el control total sobre la otra empresa.

do según el índice Fortune 500. La compañía ingresó al mercado energético mexicano mediante la denominación IEnova (Infraestructura Energética), dedicada a generar electricidad, distribuir gas natural, construir y operar infraestructura de energía en México; abarca varias líneas de negocios dentro de la cadena de valor del sector energético abierto a la inversión privada (Sempra Energy 2015; IEnova 2015).

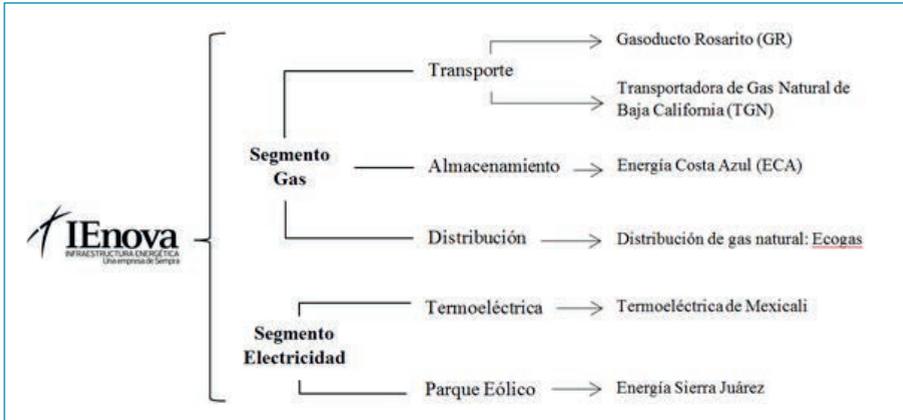
IEnova, antes Sempra México, es la primera empresa de energía que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), además que se enfoca en varias áreas de negocio; los principales intereses de IEnova en Baja California son los que se muestran en la figura 3.26. Sus activos están distribuidos en dos segmentos, el gas y la electricidad; es propietaria y operaria de varios sistemas de transporte, almacenamiento y compresión de gas natural y gas LP.

IEnova comenzó sus actividades a principios de la década pasada, luego de presentar una MIA para la construcción del gasoducto Rosarito (GR), el cual es un sistema bidireccional ubicado en Baja California que se interconecta con los sistemas de gasoductos de Estados Unidos. Por otro lado, la Transportadora de Gas Natural de Baja California (TGN) funciona como un sistema bidireccional que se interconecta con el Gasoducto Rosarito y con los sistemas de gasoductos de Estados Unidos (figura 3.26). Para el almacenamiento de gas natural, cuentan con la primera terminal de recibo, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado (GNL) en la Costa Oeste del continente Americano, conocida como Energía Costa Azul.

El mercado de distribución está controlado por Ecogas, un sistema de distribución de gas natural integrado por ductos con una longitud aproximada de 3 468 km, y actualmente atiende a casi 100 000 clientes industriales, comerciales y residenciales.

Para el segmento de electricidad, la empresa cuenta con dos proyectos; el primero de ellos es la Termoeléctrica de Mexicali, una planta de generación de electricidad de ciclo combinado alimentada con gas natural; inició operaciones en 2003 y recibe gas natural a través de una interconexión con el Gasoducto Rosarito, lo cual le permite recibir tanto GNL regasificado de parte de Energía Costa Azul, terminal de la misma empresa, como gas importado de Estados Unidos. El más reciente proyecto de energía renovable de la empresa

Figura 3.26
IEnova: Segmentación, productos y mercados en Baja California



Fuente: Elaboración propia con base en IEnova (2015).

en el estado de Baja California es Energía Sierra Juárez, un parque eólico que genera energía eléctrica para exportarla a Estados Unidos.

a) Terminal Marítima de Regasificación (Sempra Energy)

El uso de gas natural en el estado de Baja California se ha limitado como consecuencia de su aislamiento geográfico con respecto del Sistema Nacional de Gasoductos; por ello, para el suministro la entidad ha dependido de las dos interconexiones con Estados Unidos (Mexicali-Valle Imperial y Tijuana-San Diego), lo que ha traído como consecuencia el incremento de los precios y el uso limitado del combustible.

La terminal regasificadora Energía Costa Azul se encuentra ubicada en la costa oeste del estado de Baja California, en un predio ubicado a 28 km al norte de la ciudad de Ensenada. “Fue oficialmente inaugurada el 28 de agosto de 2008, pero empezó a construirse en 2003”. Su objeto es el recibo, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado para ser distribuido por un ducto a los diversos consumidores. En este sentido, no se trata de la distribución por ductos, ya que las instalaciones solamente reciben el gas licuado y

lo regasifican para enviarlo a ductos propiedad de otras empresas (MIA 2002; Muñoz et al. 2012, 70).

Baja California es el mercado principal para el suministro del gas natural de “Energía Costa Azul; actualmente, 92 % del gas natural que es procesado en Energía Costa Azul es consumido en Baja California, este gas natural procesado se usa en las centrales de generación eléctrica y en otras industrias instaladas en Baja California. Se transmite a través de un gasoducto de 75 kilómetros propiedad de Gasoducto Bajanorte, que conecta la terminal con los sistemas de gasoductos existentes a lo largo de la frontera entre Baja California, México, y el sur de California en Estados Unidos.

El gas natural proviene de diversas partes del mundo y es transportado en barco-tanques hasta la terminal; el producto que no es consumido en México se exporta a Estados Unidos, hasta que la demanda en Baja California sea capaz de consumir la capacidad de procesamiento de la terminal (Internet 5).

No obstante, a lo largo del planteamiento del proyecto existieron claro oscuros, tal como lo menciona Muñoz et al. (2012, 66): “esta terminal, además de atender las necesidades de las centrales generadoras, también atendería la demanda industrial y residencial de gas natural en la región fronteriza que incluye a Baja California y el sur de California”.

La justificación del proyecto empleaba argumentos diversos, tales como los siguientes (MIA 2002; Muñoz et al. 2012, 69):

- La suficiencia en el abasto de energía, condición indispensable para soportar el desarrollo regional.
- El crecimiento de la demanda de gas en Baja California entre 2004 y 2013 se estima en 10.7 % al año y se duplicará para el 2020.
- Baja California está aislada de la infraestructura energética nacional.
- Baja California importa todo el gas desde Estados Unidos y se encuentra al final del sistema de gasoductos del suroeste de ese país (desventajas en disponibilidad y precio).
- La producción de gas en Estados Unidos y Canadá ha venido disminuyendo mientras la demanda aumenta en California;

- Las dos entidades, constituidas en una sola región geográfica, comparten la problemática y requieren de una solución integral de sus necesidades.

Empero, la manifestación del impacto ambiental muestra inconsistencias sobre las medidas para prevenir afectaciones a la población y al medio físico. La MIA no detalla aspectos como: 1) el riesgo que implica el manejo del gas que arriba a la planta, el cual debe descongelse para su aprovechamiento, utilizando agua marina, y 2) alternativas del vaciado al mar del residual acuoso, que por su menor temperatura y alta concentración de cloro, es altamente tóxico, por lo que representa una amenaza para la flora y fauna marinas, así como un daño ecológico irreparable en hábitats, ciclos de reproducción, prácticas alimenticias e inclusive en la misma respiración de las especies (Luna y Santes 2015).

Pese a lo anterior, en 2010 Sempra LNG completó su primer año de operación y cerca de dos tercios de la capacidad de la terminal ubicada en México y otra localizada en Luisiana, tenían contratos de suministro de gas licuado por 20 años. También, Sempra LNG había negociado un contrato de corto plazo con el principal proveedor de gas licuado para completar la cantidad remanente de las dos terminales. En octubre de 2014 Sempra firmó un contrato de suministro de 20 años con BP y sus socios de Tangguh LNG por 500 MMpcd de gas natural, que cubre la mitad de la capacidad de Costa Azul. Días después, se firmó otro acuerdo por 20 años con Shell para suministrar la mitad restante.

La planta puede procesar 1 000 millones de pies cúbicos al día (MMpcd) de gas natural. La inversión total fue de 1.2 miles de millones de dólares. Tiene dos tanques de almacenamiento con capacidad de 160 000 metros cúbicos.

El proyecto de construcción de Costa Azul fue asignado el 3 de enero de 2005. Techint, S. A. de C. V. de México, Black & Veatch de Kansas City, Mitsubishi Heavy Industries of Tokyo, y Vinci Construction Grands Projets de Francia ganaron los cerca de 500 millones de dólares de contratos de ingeniería primaria, contratos de China Harbour, uno de los más importantes grupos de construcción.

El 11 de enero de 2011, Sempra LNG firmó un contrato para suministrar gas natural durante 15 años a la empresa estatal CFE. El contrato fue estimado

en 1.4 miles de millones de dólares a lo largo de su vida útil. Empezando en 2008 y hasta 2022, el acuerdo suministrará a CFE un promedio de 130 MMpcd de gas natural. El contrato de largo plazo con CFE consumirá más de un cuarto de los 500 MMpcd que Sempra LNG adquiere en Indonesia (Muñoz et al. 2012).

b) Red regional de gasoductos e interconexiones fronteriza

Los cambios más sobresalientes que ha presentado el sector energético en México se refieren al rubro de hidrocarburos, debido al incremento de la producción de gas natural, y de su consumo residencial y comercial. En los años más recientes se ha hecho una utilización intensiva del gas natural, debido a que ha sustituido al combustóleo en las centrales generadoras de electricidad. Por lo anterior, las inversiones en este sector particular se han fomentado además de que se trata de evitar el riesgo de que las centrales eléctricas no cuenten con el combustible necesario para su operación (Muñoz et al. 2012; Díaz 2003).

México ha tenido un rápido proceso de apertura de la distribución, transporte, almacenamiento y comercialización de gas natural al sector privado. A partir de mayo de 1995, la legislación abrió la transmisión, distribución y almacenamiento de gas natural a la inversión privada y permitió a las compañías privadas importar y exportar gas natural. La considerable expansión de la infraestructura existente fue necesaria tanto para proveer el gas natural para la generación de electricidad, como para proveer acceso al mercado residencial; gran parte de la expansión ha sido llevada a cabo por el sector privado. Adicionalmente, los proyectos propuestos para la expansión de la capacidad de gasoductos a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México también reflejan el creciente interés de las compañías estadounidenses por expandir su comercio con México.

Tal como lo señala Muñoz et al. (2012, 5):

el crecimiento de la capacidad eléctrica instalada se ha dado utilizando gas natural como combustible, esto ha ocasionado la sustitución de la fuente histórica: la geotermia, que para 1990 representaba el 75 % de la capacidad

instalada. Al crecer la demanda se requirió más capacidad instalada, lo cual combinado con las limitaciones del recurso geotérmico, modificó significativamente la matriz energética. Como consecuencia de lo anterior aumentó la dependencia energética de Baja California.

Baja California, al no encontrarse conectada al Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) no tiene acceso a la producción nacional de gas natural. Así, el consumo regional es abastecido mediante la importación a través de gasoductos. Antes de 1995, el comercio de gas natural era pequeño, pero representaba una manera importante de ajustar la oferta con la demanda. Desde entonces, se han construido ocho nuevas interconexiones para incrementar el volumen de las importaciones provenientes de Estados Unidos. Las 15 interconexiones actuales pueden suministrar 3 387 MMPcd (Sener 2007).

Transportadora de Gas Natural (TGN) de Baja California es una línea de transporte de gas natural de 47 km de longitud y 30 pulgadas de diámetro, que puede transportar hasta 800 millones de metros cúbicos de gas por día. Inicia en la interconexión de Gasoductos Rosarito, conocido como Bajanorte en el área de Tijuana. El gas puede ser enviado hacia el norte hasta la interconexión con el sistema de San Diego Gas & Electric en la frontera internacional en Otay Mesa, California, o hacia el sureste a la Central Termoeléctrica Presidente Juárez de CFE en Rosarito, Baja California.

El sistema de transporte de gas natural Gasoducto Rosarito está compuesto por tres gasoductos que en total miden aproximadamente 300 km (186 millas) de longitud, así como una estación de compresión de 30 000 hp. TGN abastece de gas natural a CFE y a la comunidad industrial aledaña. Esta empresa es subsidiaria de IEnova. Operan tres compañías de gas en Mexicali, Chihuahua y La Laguna, dando servicio a más de cien mil consumidores (IEnova 2014).

El gas natural se empezó a usar como combustible para la generación de energía en 1999 en la Zona Costa y en 2003 en la Zona Valle, en el primer caso desplazó en gran medida el uso de combustóleo, y en la Zona Valle, el uso de gas natural fue mayor al 80 %, reduciendo así el empleo del vapor geotérmico antes dominante (UABC 2006). En la última década, el estado ha presentado el

más rápido desarrollo de la demanda, a una tasa de 38.9% anual entre 1999 y 2009 (Sener 2010).

Sempra es la empresa internacional con mayores intereses económicos en el estado por las cuantiosas inversiones que ha llevado a cabo desde el 2003. En prospectiva, no hay claridad sobre el desarrollo que tengan estos intereses dado que la empresa en los últimos años ha enfrentado serios problemas en el ámbito global y local que empiezan afectar su capacidad financiera.

Muñoz et al. (2012, 71) con base en el Bloomberg Business cita algunos de los temas que llevaron a la caída en el valor de las acciones de Sempra en el mercado financiero a lo largo del 2011, y que llevó a la disminución en la calificación crediticia hecha por Standard & Poors en junio de ese año (Internet 6):

- En 2009 la Comisión Europea forzó a deshacer su alianza con el Royal Bank of Scotland (RBS) y vender las acciones que tenía en la empresa conjunta RBS Commodities. Esto causó una caída en la cotización de las acciones de Sempra Energy y le llevó al cambio de estrategia de negocios.
- En 2011, la central Energía de Mexicali enfrentó al menos dos interrupciones en la operación en febrero y mayo, al parecer derivadas de una menor demanda de electricidad en California.
- La Ley emitida por el Senado y firmada por el gobernador de California en abril de 2011 (la SB X1 2), que establece la obligación de las empresas de electricidad de California de obtener 33 % de su energía de fuentes renovables para 2020, iniciando con 20 % promedio entre enero de 2011 y 31 de diciembre de 2013. En respuesta, Sempra impulsa un proyecto de energía solar en Nevada y el proyecto de energía eólica en Baja California.
- Las disputas alrededor de la terminal de Costa Azul, primero el conflicto entre niveles de gobierno que provocó la repentina clausura de parte del municipio y la rápida reapertura ordenada por el Gobierno Federal y estatal el 16 y 17 de febrero de 2011; además, la demanda de un particular

en junio de 2010 reclamando la cancelación de los permisos otorgados a la empresa por la compra a un propietario apócrifo de terrenos adyacentes a la terminal. Finalmente, el 10 de mayo de 2013 Sempra se emplazó en el litoral bajacaliforniano, violando las leyes estatales y municipales, sobre terrenos arrebatados al particular.

Las problemáticas anteriores han afectado la relación de Sempra con Baja California de diversas maneras. Por ejemplo, modificó el pronóstico de demanda de gas natural en la región, lo que justificó la construcción del proyecto de Costa Azul y la TGN, con la dificultad además de que Sempra tiene contratos de largo plazo para el suministro de gas licuado a la terminal.

Pese a la serie de problemas que ha enfrentado la firma energética, hoy en día, esta empresa ha despuntado a partir de la entrada en vigor de la reforma energética mexicana, junto con sus reformas estructurales. Por lo tanto, empresas como IEnova, entre otras del mismo giro, buscarán aprovechar la apertura del sector energético, compitiendo con la CFE por la venta de electricidad en los sectores industrial y doméstico, en donde antes sólo podían participar a baja escala.

Principales factores que influyen en el sector de la energía de Baja California

Después de examinar la situación sociodemográfica y la estructura económica de Baja California, y su relación con el sector eléctrico, así como la estructura actual del sector eléctrico regional y con el fin de mostrar una síntesis de la situación que presenta el sector energético en Baja California, cabe retomar a Muñoz et al. (2012, 112) en su diagnóstico contextual del perfil energético de Baja Californias, en donde analiza los factores que influyen en el sector energético del estado, así como los impactos positivos y negativos de dicho sector. En el citado estudio se señalan once impactos positivos y once negativos con un grado de interacción muy similar entre ambos tipos de impactos (cuadro

3.8). Esto refleja un equilibrio muy precario del sector energético, el cual es sumamente sensible a los cambios externos.

En ese sentido, los impactos negativos que influyen directamente en el sector energético de Baja California tienen un peso importante dentro del grado de sensibilidad del sector, por lo que fungen como puntos focales dentro de la planeación energética del estado.

Para disminuir la sensibilidad a los cambios externos se requiere de un proceso sistemático de evaluación de las consecuencias ambientales de políticas propuestas, planes o iniciativas de programas, con el propósito de asegurar que están incluidas y contempladas, en las etapas de toma de decisiones, equilibradas entre las consideraciones económicas y sociales, sin dejar de lado la manifestación territorial de los mismos.

La importancia de identificar los factores de diversa índole que influyen en el sector de la energía de Baja California recae en una la mejor evaluación de los impactos, los patrones de riesgo y los beneficios potenciales que el sector podría tener. Con base en ello, se puede estudiar la manera de reducir el riesgo y gestionar los impactos por medio de una planificación energética que considere al sistema territorial en su estructura y funcionamiento, así como en su imagen externa.

A partir de lo anteriormente expuesto y según el Plan de Ordenamiento Ecológico de Baja California, la organización territorial de la estructura eléctrica y el desarrollo del sistema energético se ha restringido a los espacios donde la presencia humana y sus actividades son intensivas. Esto por un lado, y por el otro, la tendencia al consumo del espacio natural, como insumo para generar energía que abastezca a los principales sectores y núcleos de población, se desarrolla en territorios con baja densidad poblacional, como los ejidos.

En términos conceptuales, resulta complejo realizar una valoración homogénea por municipio o generalizar las características de un determinado espacio a toda una región, dado que en su interior se presentan variaciones respecto a su potencia natural, diversidad de actividades y su ámbito social. No obstante, para el caso del territorio que nos ocupa, que es el estado de Baja California, la delimitación del CEEM da una dimensión espacial del proceso sistémico y complejo que se presenta en el territorio.

Cuadro 3.8
Factores que influyen en el sector de la energía de Baja California

FACTOR	IMPACTOS	
	POSITIVO	NEGATIVO
Condición de frontera	Oportunidad de un mercado atractivo de energía en el sur de Estados Unidos. Acceso a tecnologías energéticas avanzadas	Flujo de electrodomésticos, equipos y maquinaria industrial de tecnología obsoleta, y vehículos usados e ineficientes y contaminantes
Condiciones climáticas		Temperaturas extremas en el valle de Mexicali, con alta permanencia en el verano obliga al uso de sistemas de acondicionamiento ambiental en viviendas, edificios, industrias y vehículos provocando un uso intensivo de los energéticos
Disponibilidad de agua		La extracción de los acuíferos, el transporte a la zona costa, la potabilización, y el tratamiento de aguas residuales son operaciones consumidoras de energía. La extracción y uso de agua de enfriamiento para el sector eléctrico
Crecimiento de la población	Contribución al desarrollo regional por consumo por habitante	Presión sobre el sector no sólo para satisfacer la demanda y crecer la infraestructura de distribución, sino también para proporcionar el servicio a precios accesibles
Tasa de inflación		La volatilidad de precios del mercado internacional de energéticos en especial del crudo y el gas ejerce presiones sobre la electricidad
Estabilidad política y económica		Cambios estructurales en materia energética y fiscal
Políticas nacionales		Establecimiento de políticas normativas y administrativas ajenas a las condiciones imperantes en la región
Políticas estatales	Atracción de inversiones de alta tecnología y estrategias de agrupamientos empresariales	
Inversión extranjera	Requerimiento de infraestructura de alta tecnología, que implica uso eficiente de energía y mitigación de impactos al medio ambiente	

Cuadro 3.8 (continuación)
Factores que influyen en el sector de la energía de Baja California

FACTOR	IMPACTOS	
	POSITIVO	NEGATIVO
Desarrollo tecnológico	Mejoras en los procesos de generación la presencia de ciclos combinados asociados a la instalación de regasificadoras y sistemas de gasoductos	Estancamiento tecnológico de los procesos de transmisión y distribución; así como en la explotación de la geotermia. Uso de instalaciones energéticamente ineficientes en industriales, comerciales, de servicios y domésticos
Tratado de Libre Comercio (TLC)	Provisión de disposiciones especiales donde pueden ubicarse el comercio internacional de energéticos, las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente de energía eléctrica	
Competencia internacional		Ausencia de alianzas estratégicas de empresas nacionales con extranjeras repercutirá en una menor participación en la toma de decisiones energéticas
Precio de los energéticos		Dependencia en combustibles fósiles
Capacidad instalada		Instalaciones de capacidad limitada, con baja eficiencia y frecuentemente obsoletas
Oferta de combustibles convencionales		Suministro externo (incluso internacional en algunos casos)
Ofertas de energías alternas	Alto potencial de energías renovables	Falta de planeación estratégica para su explotación apoyada en la innovación tecnológica y en una exploración y evaluación sistémica del potencial.
Desarrollo de capacidades empresariales en el estado	Demanda de un suministro competitivo y seguro de los energéticos	
Rediseño de las prioridades estatales de apoyo a la industria	Apoyo a infraestructuras para agua y energía y en la protección del medio ambiente.	
Emisión de contaminantes	Disminución de la participación del combustóleo en la matriz energética para la generación de electricidad	La presencia de subsidios a la gasolina en un parque vehicular obsoleto y no controlado

Cuadro 3.8 (continuación)
Factores que influyen en el sector de la energía de Baja California

FACTOR	IMPACTOS	
	POSITIVO	NEGATIVO
Producción energética (usos propios y pérdida)		Desempeño por debajo de indicadores internacionales correspondientes
Capacidades de almacenamiento de energéticos		Capacidad limitada de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia con base en Muñoz et al. (2012, 113-114).

Finalmente, a pesar de que Estados Unidos obtiene la mayor parte de su energía a base de hidrocarburos del Medio Oriente, también importa parte importante de su energía de dos países vecinos: Canadá y México. Por lo tanto, es indudable el hecho de que las empresas norteamericanas están poniendo su atención en los vastos y variados recursos energéticos de México con el fin de garantizar su seguridad energética a corto y largo plazo; estas empresas buscarán aprovechar la apertura del sector energético, para abastecer de energéticos y de electricidad a las empresas de Estados Unidos.

4

El desarrollo de la energía eólica en el corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez. El caso del Parque Eólico “Energía Sierra Juárez”

Evolución de la capacidad instalada para la generación eoloeléctrica en la región en estudio

Actualmente, la industria energética tiene intereses que sobrepasan la necesidad de abastecer de energía a las comunidades y a la industria local. El proceso de producción y reproducción del espacio, ligado en este caso a la construcción de parques eólicos y proyectos eoloeléctricos, en general, envuelve una complejidad que está más allá de las explicaciones generalizadas relacionadas con la problemática ambiental.

Por eso, el análisis debe ser planteado a partir del entendimiento del sistema territorial y de los procesos en que se encuadra, considerando las pretensiones del Estado y de los emprendedores de estos proyectos, donde lo que se busca realmente es atender a los mercados internacionales enmarcados en la globalización, más que beneficiar en su totalidad a las comunidades (Zapata 2015).

Proyectos de inversión existentes y sus objetivos

El corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez no cuenta con una interconexión con el Sistema Nacional de Infraestructura Energética, sino que conforma un sistema independiente, por lo que resulta de suma importancia aprovechar los recursos ubicados dentro de su territorio. Esto, a su vez, puede ser una oportunidad de crecimiento para el estado, debido a que el potencial

de recursos energéticos renovables en este territorio supera por mucho su capacidad de consumirlos todos internamente.

Existe una elevada concentración de recursos eólicos en el estado de Baja California, donde las mejores condiciones de viento se encuentran a lo largo de la Sierra de Juárez. El aprovechamiento del recurso eólico ha sido mediante la creación de parques eoloelectricos, apoyados por las autoridades, pero criticados por su impacto en la sociedad y el medio ambiente. En particular, en la región de La Rumorosa están en operación y proceso de construcción o de planeación un gran número de proyectos eólicos para el autoabastecimiento y la exportación (Sener 2009). Por lo anterior, en este apartado se presenta un panorama general de la evolución de los parques eólicos y su implantación en el CEEM y Sierra Juárez, así como un estudio de caso de uno de los proyectos eólicos con mayor envergadura e impacto a nivel local y regional.

En virtud de lo anterior, el gobierno de Baja California menciona que para aumentar la competitividad y la sustentabilidad del sector eléctrico, las fuentes alternas de energía en la entidad serán un detonador base, y para ello ha establecido dentro de su Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética (Peerse) una serie de prioridades para dicho sector; entre ellas se encuentran “la seguridad energética, el aprovechamiento sustentable de los recursos energéticos, la transición energética competitiva y la responsabilidad social” (Peerse 2013). Asimismo, como parte del “Plan Estratégico de Baja California”, el estado de Baja California ha fungido como promotor de inversiones transnacionales.

La reforma energética respalda lo antes mencionado, y las asociaciones del Estado con agentes privados para desarrollar proyectos de infraestructura en el sector energético se hacen más factibles. En esa tendencia, la Ley de Asociaciones Público-Privadas (LAPP)³⁹ contribuye a conformar el campo de acción de la participación privada en proyectos de “desarrollo” para la

³⁹ La ley regula los esquemas de asociaciones público-privadas, que definen como aquellos que sientan una relación contractual de largo plazo, “entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermedios, o al usuario final y en los que se utilice infraestructura provista total o parcialmente por el sector privado” (Suprema Corte de Justicia de la Nación 2014).

explotación de recursos nacionales y abre la posibilidad para que empresas privadas extranjeras operen en territorio mexicano (Luna y Santes 2015). Por lo anterior, los capitales transnacionales se pueden incorporar a la producción de las energías renovables con todas las ventajas que representan como objetivo de las políticas públicas por sus bondades y atractivos ambientales y tecnológicos.

Evolución, características y configuración espacial de los parques eoloelectrónicos en el CCEM

Desde hace algunos años, los proyectos de energías renovables se han apoyado con financiamientos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés) y el Banco Mundial. También han sido parte de las negociaciones de corredores energéticos regionales e interregionales. Muestra de ello es la iniciativa Senate Bill 1078 que establece las metas de producción de energía renovable por medio del California Renewables Portfolio Standards (RPS), el cual pretende que las empresas eléctricas de Estados Unidos incrementen al menos en un 1 % anual la participación de las fuentes renovables en su capacidad total de generación, con el objetivo de alcanzar un 20 % en el año 2017 y el 33 % para el 2020 (USAID 2009; Vargas y Govea 2012).

En esa forma, se trata de convertir al estado de Baja California en un productor de energía eléctrica renovable, particularmente eólica, aumentando la oferta regional con el fin de aprovechar los recursos productivos internos del estado para satisfacer las demandas de los sistemas productivos de Estados Unidos. Lo anterior se evidencia ya que a partir del 2009, Baja California presentó un auge en el otorgamiento de permisos para generar energía eólica, el interés corresponde tanto a empresas locales como a internacionales que, según estimaciones del Gobierno Estatal, irán en aumento en los próximos cinco años; la energía producida tendrá como destino la exportación principalmente, la venta a la CFE y el autoabastecimiento (MIA 2010; Muñoz et al. 2012).

Evolución en la implantación de parques eólicos en la región en estudio

En Baja California se tienen programados cinco proyectos para ser desarrollados en el periodo 2011-2016 (cuadro 4.1), con permisos otorgados por la Comisión Reguladora de Energía que tendrán una vigencia de 30 años, con posibilidad a renovarse con antelación. Sin embargo, no todos han definido el número de turbinas que utilizarán, pero sí el esquema de trabajo, el cual indica que la mayor parte de energía generada será para la exportación. Los proyectos pertenecen a desarrolladores como Unión Fenosa (España), IEnova/InterGen (Estados Unidos), México Power Group (México)/Cannon Power Group (Estados Unidos), Potencia Industrial (México; CRE 2015).

En el contexto del crecimiento en la generación eoloelectrónica que se ha dado en México en los últimos años, y aprovechando el recurso eólico que se tiene en el estado de Baja California como fuente potencial para la generación de energía eléctrica, se han desarrollado y autorizado en materia de impacto ambiental varios desarrollos eólicos a lo largo del área de influencia del CEEM.

En la modalidad de autoabastecimiento y exportación, al 30 de julio de 2015 se encuentran aprobados por la CRE cinco proyectos con una capacidad

Cuadro 4.1
Permisos de generación de energía eoloelectrónica a julio del 2015, Baja California

PERMISIONARIO	WIND POWER DE MÉXICO, S. A. DE C. V.	ENERGÍA SIERRA JUÁREZ, S. DE R. L. DE C. V.	MPG RUMOROSA, S. A. P. I. DE C. V.	FUERZA EÓLICA DE SAN MATÍAS, S. A. DE C. V.	MUNICIPIO DE MEXICALI
Ubicación de la planta	Tecate	Tecate	Ensenada	Ensenada	Mexicali
Modalidad	Exportación	Exportación	Autoabastecimiento	Autoabastecimiento	Autoabastecimiento
Capacidad autorizada (mw)	300.8	156	72	30	10
Energía autorizada (gwh/año)	998	457	200.75	89.87	27
Actividad económica	Exportación	Exportación	Industrias diversas	Industrias diversas	Municipal
Inversión (miles de dólares)	601 600.00	312 000.00	144 000.00	60 000.00	20 000.00
Fecha de otorgamiento	14/02/2013	214/06/2012	02/12/2010	27/03/2014	15/10/2009
Fecha de entrada en operación	30/09/2015	30/04/2015	19/12/2015	31/12/2015	09/03/2010
Estado actual	En construcción	En operación	En construcción	Por iniciar obras	En operación

Fuente: Elaboración propia con base en información de la Comisión Reguladora de Energía (CRE 2015).

instalada de 568.8 MW, de los cuales 166 MW han sido instalados y están en operación, uno en el municipio de Mexicali y otro en Tecate. Hay una capacidad de 30 MW por iniciar obras en el municipio de Mexicali; adicionalmente, existen cuatro proyectos en construcción con una capacidad total de 372 MW, los cuales se espera incrementen su capacidad hasta alcanzar más de 600 MW en el corto plazo. Wind Power de México y Energía Sierra Juárez son los proyectos que más capacidad autorizada poseen y, por lo tanto, los que producirán energía para exportarla a Estados Unidos.

b) Estructura empresarial de los parques eólicos existentes y en proyecto

1. Parque Eólico La Rumorosa 1

La generación de energía eólica en Baja California comenzó formalmente el 13 de enero de 2010 cuando el Gobierno del estado de Baja California inauguró el Parque Eólico La Rumorosa 1, mismo que fue realizado con recursos federales y estatales. La electricidad generada servirá para subsidiar el consumo de energía eléctrica de cierta parte de la población de Mexicali, es decir, el 80 % del alumbrado público de la ciudad. Según la Comisión Estatal de Energía de Baja California (CEEBC), los ahorros generados se distribuirán entre la gente más pobre de la ciudad para que puedan pagar sus tarifas eléctricas; sin embargo, aún no hay evidencias medibles de que esto esté siendo aplicado (Muñoz et al. 2012; CEEBC 2015).

Este es el primer proyecto eólico que opera en el norte del país y se encuentra ubicado en el km 75 de la carretera Libre Mexicali-Tijuana en las inmediaciones del poblado la Rumorosa al oriente de la ciudad de Tecate, sobre una superficie de más de 42 ha, propiedad del Gobierno del Estado (figura 4.1, 4.2 y 4.8) y cuenta con cinco aerogeneradores instalados (figura 4.4); esta energía es suficiente para abastecer a más 17 000 personas (USAID 2009; Machado et al. 2010; Vázquez 2012).

El proyecto se conecta al sistema con líneas de transmisión en el nivel 230 kV a través de un doble circuito de 80 km, desde la nueva subestación

Figura 4.1
Vista panorámica, La Rumorosa, diciembre de 2013



Fotografía: Elda Nohemí Navarro Salas.

Figura 4.2
Instalaciones de control del Parque Eólico
La Rumorosa 1, La Rumorosa, diciembre de 2013



Fotografía: Elda Nohemí Navarro Salas.

Figura 4.3
Parque Eólico La Rumorosa 1, La Rumorosa, diciembre de 2013



Fotografía: Elda Nohemí Navarro Salas.

Figura 4.4
Cuarto de control del Parque Eólico La Rumorosa 1
La Rumorosa, diciembre de 2013



Fotografía: Elda Nohemí Navarro Salas.

Figura 4.5
Base y aspas de aerogenerador, La Rumorosa, diciembre de 2013



Fotografía: Elda Nohemí Navarro Salas.

Figura 4.6
Parque Eólico La Rumorosa, 12 octubre de 2014



Fuente: Imagen tomada de GoogleEarth.

de interconexión hasta la subestación La Herradura incorporando, a partir de octubre de 2013, 80 km-c al sistema eléctrico.

La inversión del parque eólico fue de 26.1 millones de dólares, contando con una capacidad instalada de 10 MW y con una generación estimada promedio anual de 27 156 MWh. Según Muñoz et al. (2012); con este tipo de generación de energía se abatirán en Baja California anualmente, 17 000 toneladas de emisiones CO₂ a la atmósfera. Además, la puesta en marcha del Parque Eólico La Rumorosa 1 ha sido un parteaguas para el arranque de la instalación de más proyectos eólicos en esa zona, lo que significaría el desarrollo de un polo energético sostenible y el crecimiento de la generación de electricidad, pero sin incrementar la emisión de gases efecto invernadero ni otros contaminantes característicos en la generación con combustibles convencionales.

2. Parque Eólico Fuerza Eólica San Matías

Es uno de los proyectos aprobados que estará ubicado al sur del municipio de Ensenada, en el cañón del mismo nombre donde empieza la Sierra de San Pedro Mártir, en un área aproximada de 250 ha. En este lugar se pretenden instalar ocho aerogeneradores dentro de un ejido que pertenece a la comunidad nativa kiliwa, mismos que serán interconectados eléctricamente a través de una red de distribución subterránea. La potencia que se produzca por cada uno de los aerogeneradores será recolectada por la red subterránea y enviada a una subestación elevadora, para luego ser comercializada a la CFE.

El dueño de este proyecto es la empresa Potencia Industrial, que a la vez son fabricantes de aerogeneradores pequeños, con sede en el Distrito Federal (cuadro 2.9). La inversión será de 23 millones de dólares y se contempla concluir la construcción una vez que se tengan los contratos con los propietarios de la tierra y con la CFE, esto en un periodo aproximado de 12 meses. De acuerdo con el manifiesto de impacto ambiental de la empresa, la zona del proyecto no se encuentra comprendida dentro de alguna de las áreas naturales protegidas y el límite del Parque Nacional Sierra San Pedro Mártir se encuentra a 16 km de la zona del proyecto (MIA 2010).

No obstante, el sitio donde se desarrollarán las obras presenta conflictos de apropiación territorial, debido a que es un territorio habitado por indígenas, pero el interés de los particulares en el área se debe a la disponibilidad y comportamiento de los vientos en la zona, donde la energía eólica se califica como “destacada y espléndida”; la disponibilidad para arrendar terrenos, específicamente los del ejido Tribu Quilihuas; la existencia de vías de comunicación al sitio y las poblaciones cercanas, así como la cercanía a dos horas de la frontera con Estados Unidos y el gran potencial de desarrollo económico de la región, impulsado por el turismo y la minería.

Sin embargo, con base en el último interés mencionado: el potencial minero, el 14 de marzo de 2013 la empresa se desistió del permiso otorgado por la CRE, pero mantuvo un modelo de contrato en el que la empresa eólica puede usar 27 000 hectáreas del ejido sin dar detalles del proyecto a los kiliwa, ya que explotará el predio por un plazo de 20 años con opción a una prórroga automática de diez años. De acuerdo con el Panorama Minero del Estado de Baja California del Servicio Geológico Mexicano, el empresario Slim Helú tiene cinco permisos mineros para extraer plata y oro en la región kiliwa, colindante al complejo minero Sinaí, rico en esos metales preciosos (*4vientos* 2015).

3. Parque eólico Rumocannon, Primera Fase /MPG Rumorosa

México Power Group es la empresa privada promovente del Parque Eólico Rumocannon, cuyo corporativo se encuentra en el estado de Baja California; inició sus actividades de desarrollo de energía eólica en México hace más de quince años como una subsidiaria de Cannon Power Group, empresa de energía eólica con sede en la ciudad de San Diego, California, con más de 30 años de experiencia en el desarrollo y operación de proyectos en el mercado internacional. A la fecha, cuenta con cinco proyectos en los cuales se tiene pleno derecho de la tierra y con trámites avanzados en los estados de Baja California, Tamaulipas, Zacatecas, Quintana Roo, Puebla, Hidalgo, Nuevo León, Veracruz y Chihuahua; los proyectos se encuentran en distintas etapas de desarrollo y de los procesos de permisos requeridos (México Power Group 2014).

El área de emplazamiento del parque eólico en Baja California será ubicado en tierras de uso común, arrendadas al ejido Aubanel Vallejo en el municipio de Tecate, y el parque será construido en una sola etapa con una duración total de 12 meses a partir de la fecha de recepción de las autorizaciones correspondientes. El proyecto, en su primera etapa, estará constituido por la instalación de 36 aerogeneradores G9X-2.0 MW y una capacidad potencial de producción de 72 MWh (MIA 2011).

Inicialmente, el objetivo del proyecto era producir electricidad para el mercado californiano, pero con el tiempo la estrategia se modificó, y Cannon Power Group decidió entrar en el mercado mexicano bajo el esquema de autoabastecimiento.

Por lo anterior, una característica importante a señalar de este proyecto es que se basa en una asociación público-privada a partir del momento en que el Congreso del Estado de Baja California aprobó la inversión de recursos públicos de los ayuntamientos de Tecate y Playas de Rosarito para la construcción de la planta eoloeléctrica; este proyecto pretende abastecer de electricidad a los sistemas de alumbrado público de ambos municipios y vender el resto a maquiladoras extranjeras con tarifas inferiores a las establecidas por la CFE. En un momento dado, la energía eléctrica generada será utilizada para su exportación a Estados Unidos, específicamente a la empresa Bodega Latina Corporation (*Zeta Tijuana* 2013).

Esta asociación resulta disímil, debido a que compromete a los dos municipios a abastecerse de energía exclusivamente de la planta Rumocannon y en caso de no pagar el consumo de electricidad, el costo se cubrirá con aportaciones federales que reciben ambos municipios. Por consiguiente, según la CFE existen dos escenarios, por un lado, este proyecto podría ser detonador de la producción particular de energía eólica en la zona de La Rumorosa, ya que de ser un éxito, motivaría a otras empresas a invertir en este corredor, privilegiado por sus fuertes corrientes de viento. Pero a la vez, existe el riesgo de que no sea bien implementado, lo cual sería un gran detractor del desarrollo de energía renovable, ya que otras empresas no tendrán la certeza de que sus proyectos puedan funcionar (*Zeta Tijuana* 2013).

4. Parque Eólico Wind Power de México

Según el permiso otorgado por la CRE a Wind Power de México S. A. de C. V. (CRE 2013, 2), la actividad autorizada para este parque eólico consiste en la “generación de energía eléctrica destinada a la exportación a través de un proyecto de producción independiente”, lo que podrá incluir la conducción, transformación y entrega de la energía eléctrica generada. La generación de energía eléctrica se llevará a cabo utilizando una central eléctrica que estará ubicada las inmediaciones del poblado del Ejido Jacumé y Cañon de Picachos en La Rumorosa, Tecate.

La central eléctrica estará integrada por un máximo de 188 aerogeneradores de 1.60 MW cada uno, con una capacidad total de hasta 300.80 MW, y una producción estimada anual de energía eléctrica de 998.00 GWh. Se pretende que la central se interconecte al sistema eléctrico de Estados Unidos en la subestación ECO, de la línea de transmisión Sunrise Power Link, ubicada aproximadamente a 5 km de la central; la puesta en operación de la central se calcula a finales de 2015.

Este parque eólico, según la CRE, parece ser el mayor en cuanto a capacidad instalada y a número de aerogeneradores y, por lo tanto, el que cuenta con mayor inversión; no obstante, pese a su magnitud, no se tiene información detallada del proyecto ni su localización geográfica exacta, únicamente la información oficial que la CRE proporciona.

5. Parque Eólico Energía Sierra Juárez

Consiste en un parque eólico en desarrollo con una capacidad proyectada de hasta 1 200 MW, el cual será construido en varias etapas a lo largo de la cadena montañosa de Sierra de Juárez, en el estado de Baja California. La primera fase del proyecto se ubicará cerca de la frontera con Estados Unidos y en La Rumorosa, Baja California; pertenece al negocio conjunto de InterGen con IEnova, en el que esta última tiene una participación del 50 por ciento.

El parque eólico operará con dos permisos de generación de energía eléctrica otorgados en forma condicionada por la CRE en junio de 2012: el

primer permiso corresponde a la importación de energía eléctrica de Estados Unidos a México exclusivamente para satisfacer las necesidades del parque, el cual tiene una vigencia indefinida; mientras que el segundo concierne a un permiso de exportación de energía eléctrica, el cual tiene una vigencia de 30 años y puede ser sujeto a renovación (cuadro 4.1).

La infraestructura propuesta en la primera fase del proyecto se instaló específicamente en el municipio de Tecate, Baja California, y en el condado de San Diego, los cuales se encuentran contiguos a la frontera entre México y Estados Unidos. Para ello, el 14 de junio del 2012 la CRE otorgó a Energía Sierra Juárez, S. A. de C. V. el “permiso de generación de energía eléctrica destinada a la exportación a los Estados Unidos de América, a través de un proyecto de producción independiente”, utilizando una central de generación de energía eléctrica integrada por 52 aerogeneradores con una capacidad de 3.00 MW cada uno, sumando una capacidad total de 156.00 MW y una producción estimada anual de energía eléctrica de 40.010 GWh.

El parque eólico se desarrollará en un predio de aproximadamente 5 300 ha y la central se conectará al sistema eléctrico de Estados Unidos para lo cual se construyó una línea de enlace transfronteriza de doble circuito, denominada *línea de transmisión*”, de 7 km de longitud con tensión de 230 kV; el parque eólico y un segmento de 6.5 km de la línea de transmisión parte de las instalaciones de la subestación Jacumé, 6.5 km en territorio mexicano y 1.2 km cruzará la frontera y estará ubicado en el condado de San Diego, California. El parque eólico se emplaza en el ejido Jacumé en México, aproximadamente a 50 km al oriente de la ciudad de Tecate y 60 km al poniente de Mexicali (figuras 4.11 y 4.12; COCEF 2013).

El proyecto se interconectará con el sistema de Transmisión Suroeste (Southwest Powerlink), en la subestación de San Diego East County San Diego Gas and Electric (SDG&E). Eventualmente, también podría conectarse directamente con la red de transmisión de México (CRE 2012). La energía generada será comprada por la empresa eléctrica SDG&E, filial de Sempra Energy, que presta servicio a más de 2.25 millones de usuarios de energía eléctrica y gas natural en los condados de San Diego y Orange (COCEF, 9 de septiembre de 2013).

Cabe señalar que todos los consorcios extranjeros que construyen y operan los proyectos eólicos bajo este esquema, a excepción de La Rumorosa 1, son privadas, por lo tanto, son concebidos como un negocio y la energía generada será vendida a diferentes empresas fuera del país, por lo que las autoridades estatales y federales deberían buscar convenios para que las industrias locales puedan acceder a este servicio con una tarifa especial.

Análisis territorial de la industria de energía eólica en el CEEM. El caso de Energía Sierra Juárez

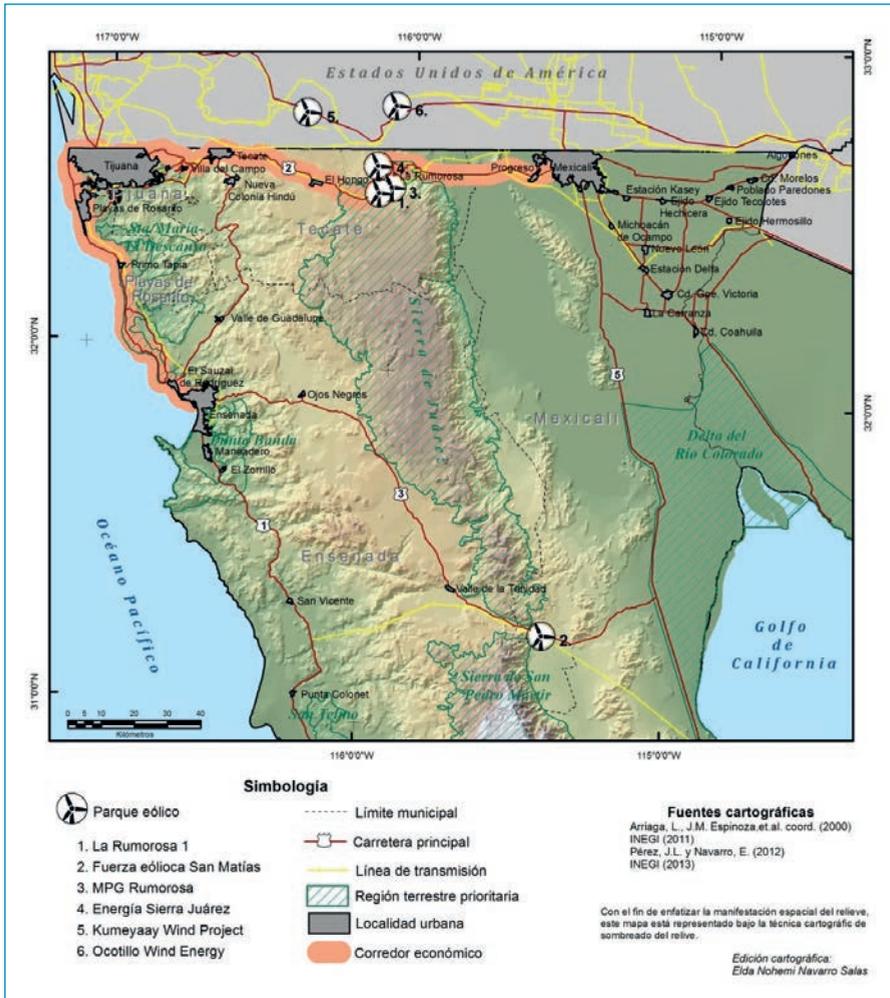
El diagnóstico anterior pone de manifiesto la necesidad de particularizar en un estudio de caso en el que se consideren varias herramientas: análisis documental y de la información, análisis FODA y trabajo de campo para realizar observación directa y aplicar diversas encuestas y entrevistas. La pertinencia de la investigación radica en el planteamiento de un análisis desde la perspectiva geográfica con el fin de estudiar la estructura y funcionamiento del sistema territorial de la industria eólica, y de contribuir en la mejora de la gestión territorial en las zonas con potencial eólico de la entidad, ya que cada proyecto de generación de energía eoloeléctrica tiene sus particularidades, vicisitudes y problemáticas.

En este apartado se analizan los componentes del sistema territorial de la industria de energía eólica del proyecto Energía Sierra Juárez, identificando las características de cada uno de los componentes que estructuran el sistema, así como sus relaciones espaciales, para entender el funcionamiento del mismo desde una perspectiva geográfica.

Estrategias metodológicas

Un estudio de caso puede ser concebido con dos fines distintos, por un lado, conocer a profundidad el estudio de un caso particular, y por el otro, con un fin metodológico o estratégico del desarrollo de la investigación, es decir, como

Figura 4.7
Proyectos eólicos en el área de influencia del CEEM



Fuente: Edición cartográfica de la autora.

un método para su abordaje (Gundermann 2008, 256). En esta investigación, el estudio de caso fue considerado de acuerdo a las dos concepciones, como un estudio de caso particular con el fin de analizarlo a profundidad y con un objetivo metodológico.

Ragin (2007, 175) señala que el estudio de caso particular es llamado “Estudio de Caso Único”, en donde “los diferentes hechos en el estudio de caso único son como las diferentes manifestaciones de un caso en la inducción analítica. En un caso único, bajo este mismo método de análisis debe haber una interacción entre la interpretación del investigador y los hechos que lo llevarán hacia un punto muerto o hacia el fin que desea estudiar”.

Según el mismo autor, debido a que existen muchos hechos y no todos tienen la misma importancia en la investigación, es necesario desagregar y eliminar aquéllos que no sean consistentes con el fin, teniendo como base el marco analítico que define los hechos como relevantes o irrelevantes. Mediante la inducción analítica, la evaluación de los hechos tendrá como fin constatar si todas las manifestaciones en el estudio de caso son relevantes con el planteamiento del problema, de acuerdo al marco propuesto y la causa estudiada (Ragin 2007).

El marco analítico que rigió la investigación fue determinado por el estudio de caso del sistema territorial⁴⁰ de la industria eólica en el CEEM y Sierra Juárez, particularmente el proyecto Energía Sierra Juárez como unidad de análisis. Se utilizaron tres herramientas metodológicas; la investigación y análisis tanto documental como de la información estadística, el análisis FODA y las entrevistas semiestructuradas y no estructuradas, respaldadas con dos trabajos de campo que permitieron definir el caso de estudio.

Los actores clave tienen un papel fundamental en esta investigación debido a las variables investigadas, pues la percepción de estos lleva al contraste con la investigación documental y de la información estadística, motivo por el cual se seleccionaron las herramientas antes expuestas.

⁴⁰ Dentro de este apartado debe entenderse como estructura del sistema territorial a los componentes bióticos y abióticos y su correspondencia al formar un todo, es decir, es la manera en la que se conforman los componentes ambientales (Nebel, Wright y Dávila 1999). Estos están dotados al mismo tiempo de servicios y funciones para su desarrollo. También puede considerarse como un modelo de ocupación del territorio, que fija de manera general la estrategia de localización y distribución de las actividades (Fraume 2007). Para describir la estructura del sistema territorial de la industria de energía eólica, se considera que el territorio es un sistema que manifiesta un estilo de desarrollo particular y que puede asumirse integrado por cuatro elementos o subsistemas (Gómez 2008).

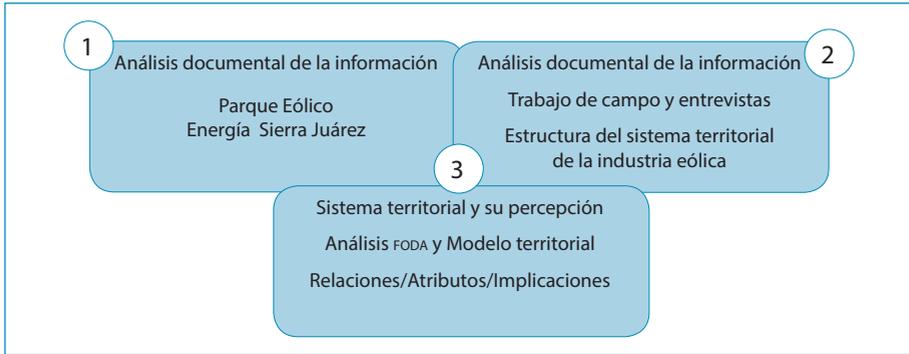
La estrategia metodológica planteada en esta tesis comprende tres etapas, en la fase uno se desarrolla la caracterización de los componentes territoriales o subsistemas del proyecto Energía Sierra Juárez; en la fase dos, se expone lo relacionado con el funcionamiento del proyecto eoloeléctrico, es decir sus relaciones dentro del sistema territorial, y en la fase tres se realiza el contraste entre los resultados de las dos primeras fases para develar de forma sintética y simplificada, a través de un modelo del territorio, las relaciones entre todos los subsistemas, así como la imagen externa que adopta el sistema territorial del parque eólico (figura 4.8).

El objetivo de la primera fase es determinar, a partir de las fuentes de información oficiales y generales, los componentes que integran el sistema territorial, capaces de interactuar dentro del Parque Eólico Energía Sierra Juárez, así como identificar su papel en el contexto regional-transfronterizo.

Los componentes que integran al sistema territorial de la industria de energía eólica, deben considerar diferentes niveles de análisis: global, sectorial y política, por lo que es imprescindible la consideración del contexto que rodea a aquéllo a ser evaluado. Los componentes del sistema pueden causar impactos positivos o negativos en el proceso de evaluación, por lo que un análisis integral permitirá conocer la capacidad del territorio en su conjunto para sostener la actividad de la industria eólica.

En la segunda y tercera fase, el análisis comprende la exploración general y las principales relaciones concernientes al marco legal; se enfoca en sus instrumentos rectores así como en la percepción de la población. El objetivo final es determinar aspectos clave con posibilidades de mejora para ser contrastados con el impacto que genera la industria eólica en la población. Este apartado se presenta en el siguiente orden: el sector energético fronterizo y el análisis de la información, la matriz FODA, las entrevistas, y finalmente, la síntesis representada en un modelo territorial.

Figura 4.8
Fases metodológicas de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Estructura del sistema territorial de Energía Sierra Juárez

La Rumorosa, Baja California, alberga al Parque Eólico Energía Sierra Juárez; por ser el primer parque eólico transfronterizo entre México y Estados Unidos presenta una interacción espacial importante, así como características que demandan analizarse de manera particular sin dejar de lado el sistema territorial que lo acoge.

Países como Estados Unidos han iniciado el desarrollo de energía eólica a partir de la crisis energética. La crisis petrolera de 1973 trajo consigo leyes de promoción de energías alternativas que fueron aprovechadas y aceptadas; especialmente en el estado de California se ubicaron granjas eólicas, pequeñas unidades de generación eléctrica que en su conjunto representan capacidades equiparables a las grandes plantas convencionales. Bajo este esquema, para el año de 1994 California contaba con 15 000 turbinas eólicas instaladas que generaban la energía equivalente a la consumida por todos los habitantes de la ciudad de San Francisco en un año (Ahumada et al. 2010, 97).

Debido a los casos de éxito de granjas de energía eólica en California, se desencadenaron nuevos proyectos eólicos en otros estados de Estados Unidos; se fomentó el surgimiento de proyectos en los estados de Colorado y, por ende, también en su país fronterizo, México. La implementación de metas

obligatorias para la producción de electricidad a partir de fuentes renovables en Estados Unidos ha desencadenado una demanda que fomenta el auge de inversiones para el sector mexicano de generación de energía eólica para exportación (USAID 2009).

Es bajo este contexto, que la empresa transnacional Sempra Energy ingresó al mercado energético mexicano de la industria eólica, por medio de su filial IEnova, misma que a través de su subsidiaria Controladora Sierra Juárez, S. de R. L. de C. V., firmó con InterGen un contrato de compraventa del 50 % del capital social de Energía Sierra Juárez, S. de R. L de C. V., subsidiaria a cargo del desarrollo de la primera etapa del proyecto denominado Energía Sierra Juárez. A la par, y para la construcción de la primera fase del proyecto, ambas empresas entraron en un esquema de financiamiento, bajo la modalidad conocida como Project Financing⁴¹ por 270 millones de dólares, pagables durante los 18 años siguientes a que el proyecto entra en operación comercial (figura 4.9).

La construcción se financió con un crédito asociado de entidades financieras formado por Mizuho Bank, Ltd., en su carácter de *coordinating lead arranger* (banco de inversión), el North American Development Bank

⁴¹ Es un mecanismo de financiación de inversiones de gran envergadura que se sustenta tanto en la capacidad del proyecto para generar flujos de caja que puedan atender la devolución de los préstamos como en contratos entre diversos participantes que aseguran la rentabilidad del proyecto. Asimismo, son proyectos caracterizados por incluir tecnologías ampliamente maduras. Un hecho fundamental en el desarrollo del *Project Financing* ha sido el aumento de grandes inversiones en infraestructuras y la tendencia de los gobiernos a reducir sus niveles de déficit presupuestario. Esta figura permite tanto a la administración pública como a la empresa privada emprender proyectos cuya inversión en capital es elevada.

El *Project Financing* es también una técnica de uso generalizado en la implantación del sector de telecomunicaciones (telefonía móvil, televisión por cable, etc.). Sin embargo, en la actualidad, ha tomado mucha fuerza en sectores como el eléctrico o del transporte, permitiendo desplazar estas grandes inversiones, históricamente unidas al sector público, hacia el sector privado. Más concretamente, grandes parques fotovoltaicos y eólicos son financiados mediante esta modalidad, pues la propia naturaleza de este tipo de proyectos se adapta plenamente a la filosofía del *Project Finance*, y la legislación actual permite asegurar una generación de flujos previsible y suficiente que sostenga el pago de las cuotas crediticias (The International Project Finance Association 2015).

Figura 4.9
Integración estratégica del parque eólico Energía Sierra Juárez



Fuente: Elaboración propia con base en IEnova (2014).

en su carácter de *technical and modeling bank* (prueba de modelos de banca de inversión) y Nacional Financiera, S. N. C. (Nafinsa), Institución de Banca de Desarrollo, Norddeutsche Landesbank Girozentrale, New York Branch y Sumitormo Mitsui Banking Corporation en su carácter de *lenders* (prestamistas; IEnova 2014).

El proceso de organización espacial de la industria eólica comenzó con la primera etapa que se encuentra actualmente en desarrollo, con su respectiva autorización de impacto ambiental, mismo que ampara todas las etapas del proyecto y con una autorización de cambio de uso de suelo de terrenos forestales a usos industriales, ambas otorgadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Adicionalmente a esto, la compañía obtuvo una autorización de impacto ambiental que ampara específicamente la apertura y el acondicionamiento de los caminos de acceso al proyecto (IEnova 2013).

La autorización de impacto ambiental permite el desarrollo del parque eólico en un terreno con vegetación boscosa y similar y tiene una vigencia de

20 años por lo que respecta a la preparación del sitio y a las obras de construcción, y de 60 años en lo concerniente a la etapa de operación (IEnova 2013).

En virtud de lo anterior, la compañía IEnova como una de las pioneras en la inversión privada en el sector energético de México, está colocada en una posición favorable para incrementar sus ingresos y su rentabilidad incurriendo en los nuevos sectores de negocios que se abran a la inversión privada, debido a las reformas legislativas, proyectadas con el fin de apropiarse de los recursos naturales del territorio mexicano para favorecer el entorno de interdependencia fronteriza entre México y Estados Unidos.

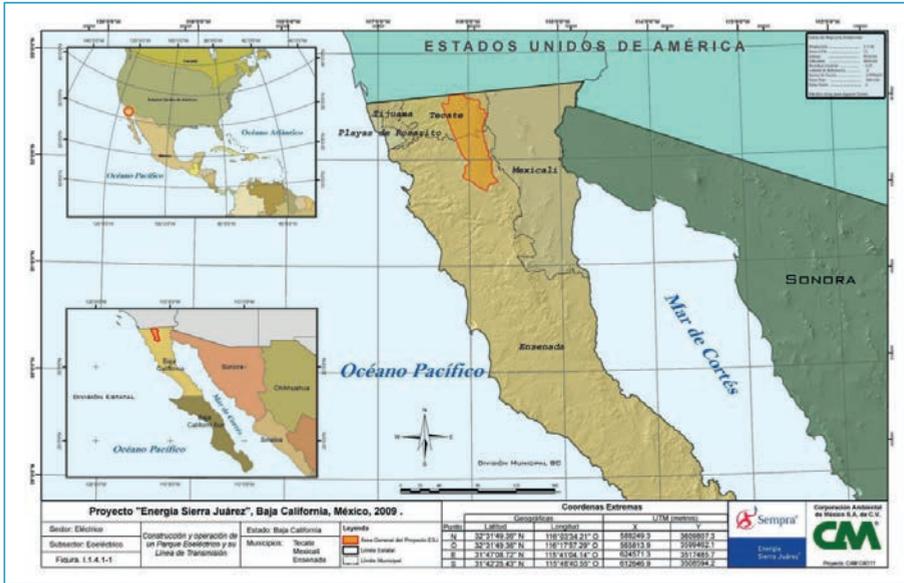
Localización y características geográficas del caso de estudio

De acuerdo a la Manifestación de Impacto Ambiental presentada por IEnova, Energía Sierra Juárez se trata de un parque de generación de energía eólica que se desarrollará en el sistema montañoso de Sierra de Juárez, en el estado de Baja California, al sur de la frontera EE. UU.-México (figura 4.10), y estará distribuido en fracciones de los ejidos Jacumé y Cordillera Molina, así como otros terrenos y propiedades de los municipios de Tecate y Ensenada (MIA 2009). Según el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali (POEMM, publicado en el Periódico Oficial del Estado el 24 de noviembre de 2000 y actualizado en 2013), el proyecto está dentro del municipio de Mexicali, mientras que de acuerdo con el INEGI, el proyecto se encuentra en los límites sin entrar a dicho municipio, como se observa en la figura 4.11.

En cuanto a la dimensión espacial del proyecto éste se divide en dos áreas: el Área General del Proyecto (AGP) y el Área de Proyecto (AP), misma que a su vez, se distribuye en dos áreas: Áreas de Ocupación durante las etapas de Preparación de sitio y Construcción (APC) y Áreas de Ocupación durante la etapa de Operación y Mantenimiento (AOM).

La superficie total considerada por el Proyecto es aproximadamente de 294273640 ha, se consideran como superficies construidas a todas aquellas ocupadas por obras definitivas (caminos, aerogeneradores, LCE, torres y postes, subestaciones eléctricas, edificios de operaciones y mantenimiento y torres

Figura 4.10
Localización del proyecto Energía Sierra Juárez en el contexto nacional

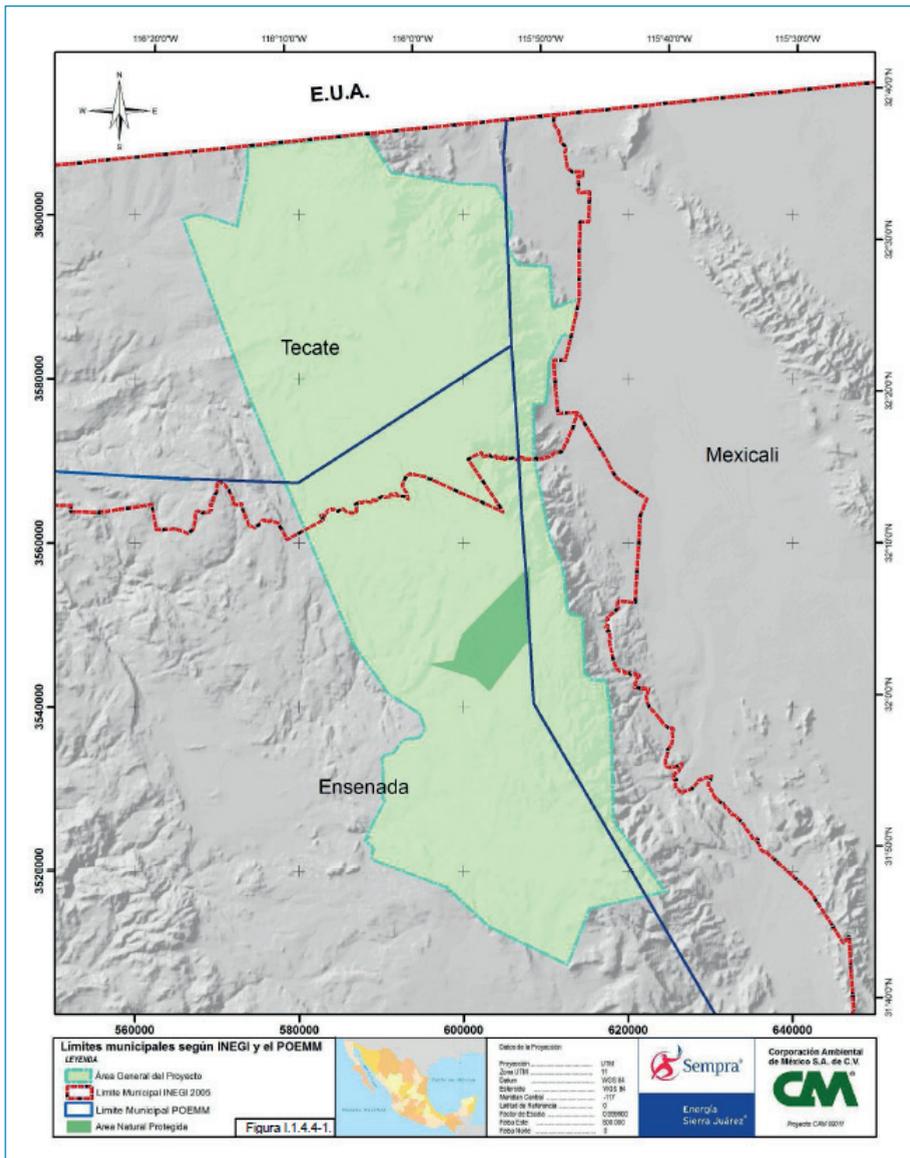


Fuente: Tomado de la MIA (2009).

meteorológicas permanentes), mientras que la superficie ocupada temporalmente corresponde a las obras provisionales (oficinas, almacenes y estacionamientos temporales, áreas de trituración y cribado, plantas de concreto, áreas de fabricación de torres de concreto y torres meteorológicas temporales) y a aquellas áreas susceptibles de ser rehabilitadas tras ser concluidos los trabajos constructivos.

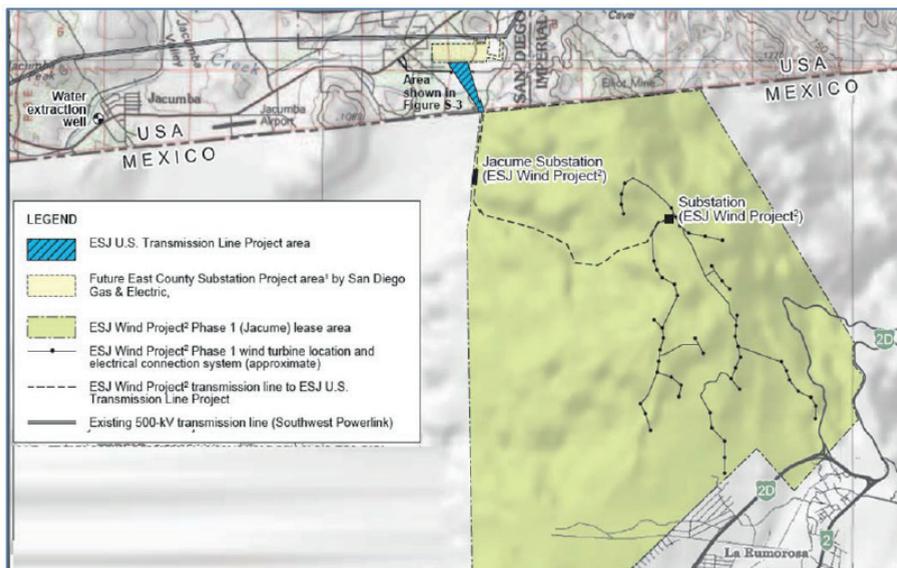
El sistema productivo de la industria eólica se conforma de múltiples fases, y para el caso del Parque Eólico Energía Sierra Juárez la primera fase son las actividades iniciales de la etapa uno, que consisten en llevar a cabo de manera simultánea la preparación del sitio y construcción de infraestructura, por consiguiente, algunos de los aerogeneradores podrán estar instalados y operando, mientras que otros estarán siendo ensamblados (figura 4.13), así como los cimientos colocados y los caminos construidos.

Figura 4.11
Localización del proyecto Energía Sierra Juárez



Fuente: Tomado de la MIA (2009).

Figura 4.12
Esquema del proyecto Energía Sierra Juárez



Fuente: Tomado de la Propuesta de Certificación y Financiamiento (Cocof 2013).

Figura 4.13
Construcción de cimientos para los postes de los aerogeneradores
del proyecto Energía Sierra Juárez



Fuente: Tomada del Reporte Anual de IEnova (2013)

Para el caso de la temporalidad de las actividades,⁴² la MIA indica si se llevarán a cabo de manera ininterrumpida (continua) a lo largo de la vida del Proyecto, periódicamente (intermitente) o si sólo se desarrollará durante los trabajos de preparación del sitio y/o de construcción (provisional).

El cuadro 4.2 muestra el programa general de trabajo para el Proyecto, en el cual se ilustran las diferentes etapas de las que constará éste (diseño e ingeniería, preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento).

La altura total de cada uno de los aerogeneradores, incluyendo la torre y las aspas, será aproximadamente de 125 a 250 m, dependiendo de la capacidad del aerogenerador, de la longitud de las aspas y de la altura de las torres seleccionadas (MIA 2009).

En este sentido, el desarrollo de un proyecto eólico es considerablemente diferente a los proyectos de generación eléctrica que utilizan fuentes de energía “tradicionales”. La necesidad de localizar cada aerogenerador en donde se pueda aprovechar el viento al máximo establece el diseño; es decir, el tamaño de las torres y de las turbinas, la localización de las mismas y, en gran medida, el resto de la infraestructura como carreteras, líneas de colección eléctrica, líneas de transmisión, subestaciones, edificios de operación, del parque eólico. Dado que el potencial eólico es intermitente y varía entre un lugar y otro, los aerogeneradores se instalarán de forma discontinua a través del paisaje, formando parches de aerogeneradores en aquellas zonas en las que la fuerza del viento es suficiente para conseguir su aprovechamiento de una manera técnica y económicamente viable.

La infraestructura estimada con la que contará el Proyecto consistirá en un estimado máximo de hasta 1 000 aerogeneradores, 900 km aproximadamente de camino, 100 torres meteorológicas temporales y 75 permanentes, 11 subestaciones eléctricas, una línea de conducción eléctrica de hasta 248.5 km, un sistema aéreo de recolección eléctrica de 980 km, 6 edificios de operaciones y mantenimiento y tres áreas provisionales de apoyo a la construcción, tales

⁴² La temporalidad de las obras se refiere a si éstas se mantendrán en la totalidad de la vida útil del proyecto (definitivas) o si permanecerán sólo el tiempo necesario para la conclusión de los trabajos de preparación del sitio y/o de construcción (provisionales).

Cuadro 4.2
Programa general del proyecto

Año	Etapa																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22-30	31-40	41-50	51-60	
Ingeniería y diseño	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Preparación del sitio			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Construcción			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Pre-operación				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Operación					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Mantenimiento																										

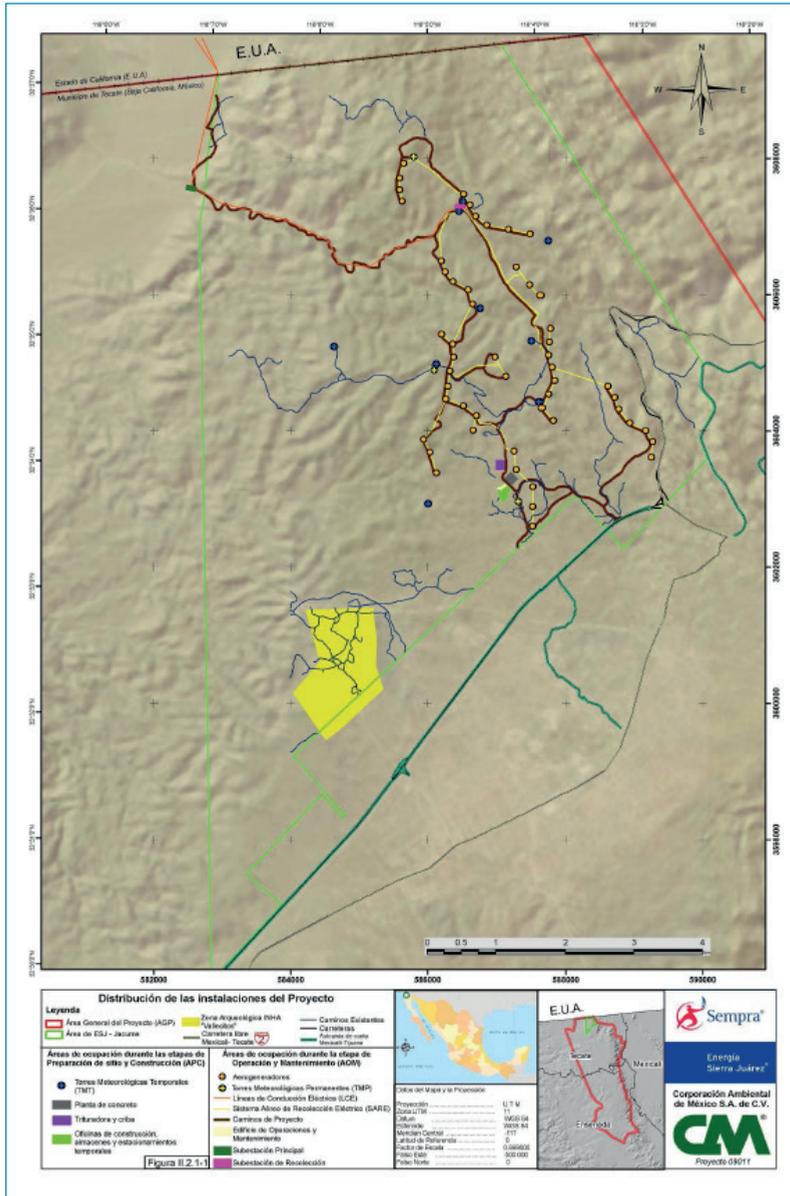
Fuente: Tomado de MIA (2009).

como campamentos, áreas de fabricación de torres de concreto, seis plantas de concreto, oficinas, almacenes y estacionamientos temporales, así como áreas de trituración y cribado de material producto de la excavación. Actualmente, cuenta con 11 torres meteorológicas temporales instaladas (figura 4.14).

La manera en la que se distribuirá la energía será a través del Sistema Aéreo de Recolección Eléctrico (SARE), consiste de líneas eléctricas suspendidas en postes (metálicos, de madera o de concreto), que reciben la energía generada en cada aerogenerador para transportarla a las Subestaciones de Recolección, las cuales estarán distribuidas estratégicamente en diferentes Áreas del Proyecto. En las Subestaciones de Recolección se eleva el voltaje de la energía (de 34.5 kV a 230 kV) para que la energía pueda ser enviada a la Subestación Principal y a su vez minimizar las pérdidas de conducción eléctrica.

La subestación principal recibirá la totalidad de la energía producida en todo el Proyecto, y será a partir de ahí que se enviará hacia su destino final, la Subestación al Este del Condado de San Diego (ECO Sub) en California. Es preciso señalar, que si el proyecto llegara a conectarse al sistema eléctrico mexicano, se requeriría de la construcción de otra subestación principal, no considerada como parte del proyecto actual. Esta subestación serviría para el mismo

Figura 4.14
Distribución de las instalaciones del proyecto Energía Sierra Juárez



Fuente: Tomado de MIA (2009).

propósito que la subestación principal, pero exclusivamente para el mercado mexicano, sin embargo, no hay planes a corto plazo para esta conexión.

A lo largo de la vida útil del proyecto, los principales residuos generados serían escombros de construcción, residuos del desmonte y despalme, residuos de oficina y domésticos (orgánicos e inorgánicos), grasa usada, aceites gastados, líquido enfriador y escombros de demolición. Todos los residuos serán dispuestos en sitios establecidos, mismos que se localizarán fuera del Área General del Proyecto; empero, no se señala el sitio específico donde serán depositados los desechos, ni cómo será el tratamiento que se le dará los residuos (MIA 2009).

Subsistema político

Como ya se ha mencionado, el desarrollo de proyectos eoloeléctricos forma parte de una política nacional de desarrollo, plasmada en diferentes instrumentos. El primero de ellos corresponde al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND), especialmente en el eje denominado México Próspero, particularmente en la sección de Energía.

En esta sección del PND, el Poder Ejecutivo Federal establece como objetivo 4.4: “Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo”. La estrategia consiste en “implementar una política integral de desarrollo que vincule la sustentabilidad ambiental con costos y beneficios para la sociedad”, esto, por medio de líneas de acciones específicas como “promover el uso y consumo de productos amigables con el medio ambiente y de tecnologías limpias, eficientes y de bajo carbono” (PND 2013).

En este sentido, el proyecto eólico Energía Sierra Juárez es relevante dado que genera energía eléctrica sin requerir de la quema de combustibles fósiles. En cuanto a sus impactos al suelo, según la MIA el proyecto se desarrollará de manera responsable y con respeto al medio ambiente. Esto se refleja, por ejemplo, en la propuesta de desarrollar un Plan de Estudio, Rescate, Protección de Flora y Rehabilitación, así como otros planes que mitigarán los impactos.

Estos planes tienen como objetivo ayudar a preservar la biodiversidad. Por lo tanto, el Proyecto pretende cumplir con lo establecido en la estrategia 4.4.4 del PND, que plantea proteger el patrimonio natural.

A la vez, derivado de las previsiones contenidas en el PND se encuentra el Programa Sectorial de Energía 2013-2018 (Prosener), el cual menciona en la estrategia “Incrementar la participación de energías limpias y renovables en la generación de electricidad” la línea de acción 5.1.4, que consiste en instrumentar mecanismos de mercado y regulaciones que aceleren la incorporación de energías limpias y renovables apoyados en inversiones públicas y privadas. Al generar energía eléctrica a través del viento, una fuente renovable de energía, y poseer inversión privada, el proyecto cumple con esta estrategia del PND.

En otra escala, se encuentra el Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019 (PED 2014), que en su subtema y estrategia 3.9.1 relativos al “desarrollo de la industria energética” correspondiente al eje “Energías Limpias”, reconoce que es necesario “aprovechar las ventajas naturales de la región para fortalecer la producción, transformación y comercialización de las energías alternativas y limpias”, lo que incluirá “atraer la participación de la inversión privada directa en el sector productivo de energías alternativas y limpias”.

Así también, el PED en su objetivo a lograr para el 2019 destaca la necesidad de la operación adecuada de los parques eólicos, cumpliendo con las metas programadas, así como aumentando la disponibilidad y la producción de energía.

En términos generales, el proyecto eólico en su MIA plantea ser consistente con la política nacional de desarrollo sustentable, ya que señala una contribución a la disminución de emisiones que favorecen el efecto de cambio climático, la diversificación de las fuentes primarias de generación eléctrica, el fomento el aprovechamiento de fuentes renovables de energía limpia, y la atracción de la participación privada e impulsa el uso de tecnologías limpias.

Por estas razones, el proyecto parece estar alineado a una de las estrategias de desarrollo regional sustentable al “promover el desarrollo dentro de un marco de protección ambiental e impulsar el uso de fuentes renovables de energía”. Sin embargo, todos estos documentos son políticas excluyentes que no consideran al territorio como un sistema complejo.

Aunado a lo anterior, al ser un caso de estudio, indudablemente se tienen políticas generales y particulares vinculadas directa e indirectamente al proyecto. En primer término, se presenta la ubicación espacial del proyecto para poder identificar las políticas generales y particulares aplicables. Así pues, éste se encuentra ubicado dentro de las unidades de gestión territorial (UGT) y las unidades paisajísticas (UP) que se describen en el cuadro 4.3.

De acuerdo con la MIA, el proyecto no impacta la totalidad de las UGT y subsistemas aquí presentados. Así, impactará aquellas áreas donde se construye infraestructura, tales como los aerogeneradores, líneas de conducción eléctrica, subestaciones, entre otros. Se muestran aquellas UGT y subsistemas que son tocados parcialmente o en forma mínima por el proyecto (MIA 2009).

La diferencia entre las políticas generales y las particulares radica en la orientación por sector que se da a las segundas, donde preponderantemente se deben desarrollar actividades turísticas, mineras, agrícolas, etc. Según lo expone la MIA (2009), lo anterior no significa que actividades no expresamente previstas, como el proyecto, no se puedan llevar a cabo. Por el contrario, al no existir una prohibición de uso de suelo expresa, proyectos compatibles con dichas políticas generales y particulares pueden ser permitidos.

La región en donde se localiza el proyecto cuenta con dos instrumentos de planeación: el Programa de Ordenamiento Ecológico de Baja California (POEBC) y el Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Baja California (PEDUBC). Estos instrumentos dividen a la península de Baja California en Unidades de Gestión (UG) y Subsistemas Ambientales (Sb), definidos en función de unidades paisajísticas, los cuales cuentan con políticas definidas de uso que dictan la compatibilidad con diferentes tipos de proyectos. A partir de un análisis jurídico de dichos ordenamientos, la MIA determinó que el Proyecto es compatible con los usos de suelo establecidos.

Finalmente, también se encuentran instrumentos normativos, como acuerdos, convenios y tratados internacionales firmados por México que tienen un carácter vinculante; por mencionar algunos de ellos se encuentran: Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (Acaan), Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable (CMDs), Convenio entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Cooperación

Cuadro 4.3
Políticas generales y particular aplicables dentro del AGP

UGT	POLÍTICAS GENERALES	SUBSISTEMA	RASGOS DE IDENTIFICACIÓN	POLÍTICA PARTICULAR
UGT-1 Mexicali y su valle	Aprovechamiento con consolidación	1.2.S.11.2.a-2	Poblado La Rumorosa, Ejido Jacumé	Altu
		1.2.S.11.3.a-2	Rancho Aldrete, El Alemán	ARtm
		2.2.M.11.1.b	Nuevo Oasis-Casa de Piedra	ARtm
UGT-2 Tijuana, Rosarito, Tecate y Ensenada	Aprovechamiento con consolidación	1.2.S.3.2.a-2	Ejido Mi Ranchito, Colonia Luís Echeverría	ARtaim
		1.2.S.3.9.a-1	Ejido Real del Castillo, Parque Nacional Constitución de 1857	PUAt
		1.2.S.3.9.a-2	El Compadre (Ejido Sierra Juárez), Valle de los Pinos	ARa
		1.2.S.3.9.a-3	Los Bandidos, Arroyo del Sauzal	PUAtf
		1.2.S.3.4.a-3	Ejido Real del Castillo, Establo Azucena	ARa
UGT-3 Punta Banda-Eréndira	Aprovechamiento con impulso	1.2.S.2.4.a-3	Las Filipinas, Rancho Las Canoas	ARtf
		1.2.S.2.1.a-8	Comunidad Indígena Santa Catarina, Héroes de la Independencia	Alt-ARa
		1.2.S.2.4.a-1	Rancho San Belén	ARtf
UGT-7 Zonas Sierras Norte	Aprovechamiento con regulación	1.2.S.7.2.a-1	Sierra Las Tinajas, La Víbora, Ciénega Redonda	ARtf
		1.2.S.7.9.a	El Calabozo (Ejido Sierra Juárez)	ARtf
		1.2.S.7.10.a-2	Sierra Las Tinajas, Cañón de Guadalupe, Cañón de la Parra	ARtfm
		2.2.M.7.4.b-2	Laguna Salada	ARm

Altu: Aprovechamiento con Impulso Turístico
 ARtm: Aprovechamiento con Regulación Turístico y Minero
 ARtaim: Aprovechamiento con Regulación Turístico e Impulso Minero
 PUAt: Protección con Uso Activo Turístico
 ARa: Aprovechamiento con Regulación Agrícola
 PUAtf: Protección con Uso Activo Turístico y Forestal
 ARtf: Aprovechamiento con Regulación Turístico y Forestal
 ARm: Aprovechamiento con Regulación Minero
 Alt-ARa: Aprovechamiento con Impulso Turístico y Regulación Agrícola
 ARtfm: Aprovechamiento con Regulación Turístico, Forestal y Minero

Fuente: Tomado de MIA (2009).

para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza (CCPYMMAZF).

Respecto a la protección del medio ambiente para el emplazamiento de parques eólicos, el 28 de diciembre de 2006, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-151-SE-MARNAT-2006, donde se establecen las especificaciones técnicas la durante la construcción operación y abandono de instalaciones eoloeléctricas para zonas agrícolas, ganaderas y ejidales.

Si bien al día de hoy la página web de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria (Cofemer) reporta que después de someter al proceso de valoración y aprobación de dicho proyecto de norma para publicación como norma oficial, se decidió cancelar el proyecto de norma debido a que se requiere contar con mayores elementos que sustenten la toma de decisiones respecto a las medidas ambientales de prevención, mitigación, y en su caso, reparación o compensación por los daños causados en los proyectos eólicos (MIA 2015).

No obstante, la CFE advierte que la generación de energía eoloeléctrica, como cualquier instalación de generación eléctrica, tiene impactos ambientales negativos tanto locales como regionales, especialmente sobre especies de fauna voladora residente y migratoria. No puede descartarse que la norma se publique cuando el proyecto ya esté en operación. En este sentido, el proyecto deberá dar seguimiento a los ordenamientos que le sean aplicables, una vez que éstos sean publicados y reconocidos como mandatorios.

Con base en lo anteriormente expuesto, es importante señalar que la agudización de los desequilibrios económicos y sociales a nivel local, regional y nacional, y sus relaciones con el estado de deterioro ambiental, la sobreexplotación de los recursos naturales más allá de su capacidad de renovación o de las condiciones para alcanzar un desarrollo sustentable, ha conducido, en el caso de México, a una toma de conciencia de que las soluciones a estos problemas tan complejos, que tienen su expresión última sobre el territorio, no se encuentran a través de políticas, estrategias y acciones de carácter sectorial.

Más bien, se necesita tomar en cuenta a la naturaleza, la sociedad y la economía, ya que estos tres componentes interactúan y establecen un complejo sistema de relaciones que se reflejan en el espacio, en los patrones de

distribución de las estructuras organizadas construidas por el hombre, en sus interacciones funcionales y con el medio natural, y en la dinámica a que han estado sometidas a lo largo de su evolución (Sánchez y Palacio 2004).

En este contexto, el subsistema político del proyecto funge como un componente fundamental que intenta estructurar, organizar, armonizar el territorio y administrar la ocupación y aprovechamiento del espacio, a fin de lograr un desarrollo humano económicamente viable, socialmente justo, ecológicamente sostenible y espacialmente equilibrado. Sin embargo, las estrategias de acción de todas las políticas generales y particulares, así como las normas particulares para su emplazamiento, aún se vislumbran poco diáfanas en lo concernientes a los impactos futuros, tanto ambientales y socioeconómicos, del parque eólico.

b) Subsistema ambiental/físico

Considerando a las unidades geomorfológicas como base para la descripción general de las topoformas, el Área General del Proyecto (AGP) está comprendida dentro del sistema y grupo montañoso, así como dentro de elevaciones montañosas aisladas, como son el sistema montañoso principal Sierra de San Pedro Mártir, el grupo montañoso Sierra de San Andrés y elevaciones montañosas aisladas, mismos que reflejan una topografía muy variada, pues en el sitio convergen varios sistemas (Lugo 1978; MIA 2009).

Topográficamente, el AGP es una zona muy accidentada y de difícil acceso por la presencia de rocas y peñas. El AGP no tiene lugares inundables, pero si hay áreas de inestabilidad estructural y tiene altas probabilidades de sismos.

Tal como se describe en la MIA (2009, 151), el AGP no tiene tantos cuerpos superficiales de agua y los pocos que existen son intermitentes. “La calidad del agua de estos cuerpos se ve afectada por sólidos disueltos (cloruro de sodio, fósforo, nitrato y potasio) debido a que en el pasado fueron realizadas actividades agrícolas y/o agropecuarias intensivas”.

La cobertura vegetal primaria dentro del AGP se conforma de chaparral, matorral desértico rosetófilo, bosque de pino, bosque de táscate, bosque de galería y pastizal, mientras que en la vegetación secundaria predominan especies

de pastizal inducido, además de las zonas clasificadas como “sin vegetación aparente”. De la superficie total del proyecto, 199 724 ha pueden considerarse como libres o verdes (chaparral, matorral desértico micrófilo y pastizales), 91 527 ha como arboladas (bosques de pino y tascate y vegetación de galería) y 3 020 ha como no arboladas (caminos, zonas urbanas y cuerpos de agua; MIA 2009).

En cuanto a la fauna, como resultado del análisis bibliográfico realizado en la MIA en los documentos de INECOL&CRES (2008) y de CAM (2009), en el AGP se listaron 404 especies de vertebrados, de las cuales, 11 especies pertenecen al grupo de los anfibios, 58 especies al de reptiles, 75 especies al de mamíferos (21 especies de quirópteros) y 260 especies al grupo de las aves. De éstas, se observaron en campo 120 especies.

En su conjunto la Sierra de Juárez y la sierra San Pedro Mártir componen un área natural casi intacta con uno de los más ricos ecosistemas de montaña y del desierto en el mundo, en el que habitan especies emblemáticas como el puma, el cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), el águila real (*Aquila chrysaetos*) y el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*; MIA 2009; Tierra Peninsular 2004).

A partir de las condiciones presentes en el AGP, así como de la definición de servicios ambientales de Semarnat (2003), se reconoce que cada tipo de vegetación puede proporcionar diversos servicios ambientales, por lo que se identifica cada uno de ellos de manera independiente. En la MIA (2009) se realizó un análisis por tipo de vegetación presente dentro del AGP, mismo que se resume en el cuadro 4.4.

El cuadro 4.4 muestra todos los tipos de vegetación que proporcionan servicios ambientales similares dentro del AGP. Según la MIA, estos tipos de vegetación no se verán comprometidos por las actividades del Proyecto en virtud de la dispersión de éstas y del pequeño porcentaje de superficie que ocuparán las actividades dentro del AGP. Pese a lo que señala la MIA, es indudable que la infraestructura del parque eólico tendrá un impacto en la degradación del suelo y en la naturaleza del paisaje.

Con base en el concepto de corredor biológico (Conabio 2009), la Península de Baja California conforma un continuo para los tipos de vegetación y

fauna asociada que caracterizan al “Desierto Sonorense” en el eje Norte a Sur. Sin embargo, la MIA (2009) señala que el Proyecto no comprometerá dicha continuidad debido a su dispersión a lo largo del AGP y al hecho de que no se instalarán barreras continuas que pudieran cortar el flujo natural de la vegetación y fauna.

No obstante, pese a que la MIA no lo expone, la generación de energía eólica no está exenta de potenciales impactos ambientales negativos. Particularmente, en el caso de los impactos potenciales de los parques eólicos sobre la avifauna existen: 1) la colisión; 2) pérdida de hábitat o alteración de su calidad, y 3) el efecto de barrera al movimiento.

En el primero de ellos la mortalidad directa se da por colisiones con las aspas del rotor, la torre o la góndola; el segundo se da cuando los parques se instalan en zonas naturales, no perturbadas previamente, y no sólo pueden causar pérdida directa de hábitats de alimentación, reproducción o descanso (por deforestación, compactación o rellenado del terreno, etc.), sino también fragmentación del paisaje; el tercero se da porque los parques eólicos pueden actuar de barrera física para el paso de las aves, al interceptar las rutas migratorias, recorridos locales o disminuyendo la conectividad entre sitios de alimentación, reproducción, invernada, dormidero o muda (Zaldúa 2012).

Es importante señalar que el proyecto está inmerso en el Área de Importancia (internacional) para la Conservación de las Aves (AICA), núm. 105 (Sierra Juárez). A su vez, se ubica dentro de la Región Terrestre Prioritaria, núm. 12 “Sierra de Juárez”, y forma parte de una de las unidades establecidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (Conabio) que desde el punto de vista ambiental, en la parte continental del territorio nacional, destaca por la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tiene una oportunidad de conservación (Conanp 2008).

Esta región se considera un área de importancia biogeográfica, con predominio de chaparral y bosque de pino en las partes más altas (MIA 2009). Por su riqueza paisajística y biológica, es indispensable el desarrollo específico de un esquema de seguimiento para la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA),

Cuadro 4.4
Servicios ambientales proporcionados por tipo de vegetación, dentro del AGP

VEGETACIÓN SERVICIO AMBIENTAL	BOSQUE DE PINO	BOSQUE DE PINO ABIERTO	BOSQUE DE TASCATE	BOSQUE DE GALERÍA	CHAPARRAL	CHAPARRAL PINO	MATORRAL DESÉRTICO	PASTIZAL	SIN VEGETACIÓN APARENTE	VEGETACIÓN SECUNDARIA
Regulación del clima y del amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La provisión de agua en calidad y cantidad suficiente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La generación de oxígeno	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
El control de la erosión, así como la generación conservación y recuperación de suelos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La captura de carbono y la asimilación de diversos contaminantes	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La protección de la biodiversidad, de los ecosistemas y las forma de vida	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La polinización de plantas y el control biológico de plagas	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La degradación y el reciclaje de desechos orgánicos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
La belleza del paisaje y la recreación	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Tomado de MIA (2009).

particularmente para los impactos generados por la energía eólica, que la MIA no señala y que aún no se contempla como obligatorio dentro del marco regulatorio. Al respecto, la MIA no hace mención a repercusiones negativas para las poblaciones aledañas al área de construcción del parque eólico y las eventuales medidas para prevenir o revertir afectaciones.

Con base en la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1981), en la región en la cual se desarrolla el proyecto Energía Sierra Juárez se encuentran dos tipos de clima: Clima Seco Cálido, con lluvias escasas y un régimen intermedio (BSks) y Clima Semifrío Subhúmedo, con

régimen de lluvias intermedio (Cs). Por su lado, el estudio de la MIA (2009, 7) identificó particularmente que en el AGP se ubican “zonas con un clima cálido con condiciones extremas durante el día, mientras que en otras zonas se presenta un clima templado mediterráneo y en una pequeña porción se tiene un clima semifrío”.

Debido a que existen variaciones en las condiciones ambientales, la MIA (2009, 7), con base en las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), realizó un análisis más detallado en el que integró información de diversos periodos generados identificando en la AGP cuatro microclimas (figura 4.15):

1. “Clima Seco Cálido, con lluvias escasas y un régimen intermedio (BSks), en Tecate y las zonas norte del área general del proyecto.
2. Clima muy Seco, Semicálido con régimen de lluvias invernal y condiciones extremas [BW_{hs}(x’)], en Mexicali y en general la zona Noreste del área del proyecto.
3. Clima Templado Subhúmedo con verano fresco, con régimen intermedio [C(E)s(x’)], en la zona central del área del proyecto, donde convergen los municipios de Tecate, Ensenada y Mexicali.
4. Clima Semifrío Subhúmedo, con régimen de lluvias intermedio (Cs), distribuido en las zonas centrales y al sur del área del proyecto”.

Son escasos los eventos climáticos extremos, pero se presentan vientos con grandes velocidades y nevadas durante el invierno. En verano se alcanzan temperaturas promedio de entre 20 y 30 °C. Actualmente la calidad del aire dentro del AGP se ve afectada de manera natural por las partículas de suelo en las zonas más desérticas.

Tal como lo enmarca la MIA (2009, 9), “las temperaturas promedio mensual oscilan de entre 4.51 °C a 34.29 °C, presentando los valores más altos durante los meses de verano y la mínima en los meses de invierno. Por otro lado, las temperaturas promedio anual de la región oscilan entre 10° y 22 °C” (figura 4.16).

Las temperaturas máximas extremas “se presentan en las zonas de Jacumé, La Rumorosa y San Juan de Dios Norte con un valor histórico registrado de 49°C, mientras que las temperaturas mínimas extremas se reportaron en las estaciones localizadas al sur, como Sierra de Juárez y Compostela con datos de -19°C” (MIA 2009, 9).

Por su lado, la precipitación promedio mensual de la región “oscila entre 5.61 mm y 32.77 mm; la cual se presenta desde el mes julio hasta marzo, incluso abril, siendo los meses de invierno los más húmedos. La lluvia promedio anual en las regiones más secas es de 67.34 mm, mientras que en los lugares con mayor precipitación es de 393.22 mm” (MIA 2009, 9).

Las precipitaciones torrenciales en el AGP en un día se pueden alcanzar más de tres cuartas partes de la lluvia anual en el AGP y representar más del 70% de la lluvia total anual.

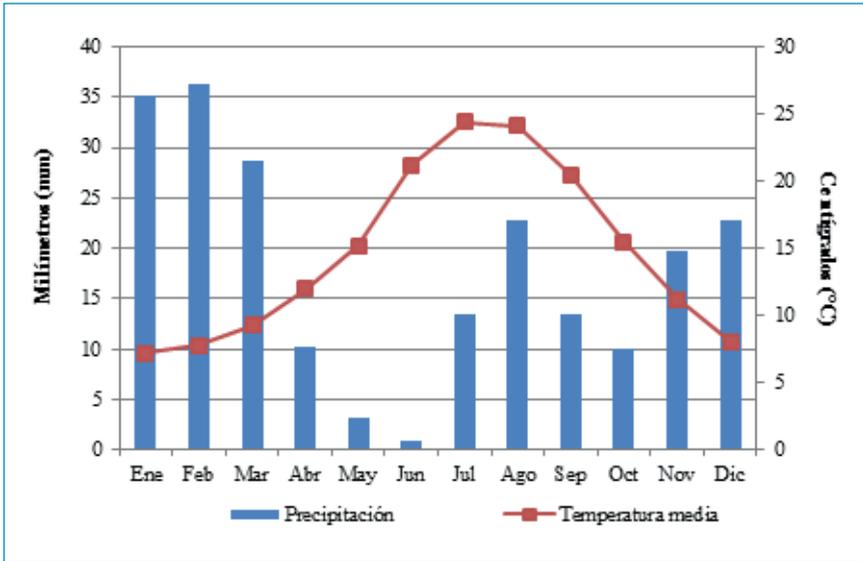
El elemento climático clave para evaluar si un sitio es apto para ubicar un proyecto eoloenergético es el viento, tanto su velocidad como la presencia del viento de forma constante a lo largo del año.

Según los resultados presentados en la MIA (2009, 9) y los datos históricos de estaciones meteorológicas cercanas al AGP (estaciones Ensenada, Ejido Nuevo León y San Felipe), de acuerdo a la procedencia del viento los vientos dominantes en la región son tres.

- I. En el Noroeste de las áreas circundantes al AGP y durante todo el año la dirección del viento es de Oeste a Este.
- II. En el Noreste de las áreas circundantes al AGP durante la primavera-verano, el viento proviene del Sureste, y en la temporada otoño-invierno la dirección del viento es del Noroeste.
- III. Al Suroeste de AGP en las áreas circundantes, la dirección del viento es del Este en las épocas de primavera-verano y durante el otoño-invierno la dirección es del Noroeste.

“En general, la velocidad promedio mensual de los vientos medida a 10 m de su base de la estación meteorológica, fluctúa entre 12.72 km/h a 13.67 km/h, aunque puede presentar valores máximos de hasta 89.1 km/h” (MIA

Figura 4.16
Climograma, estación La Rumorosa



Fuente: Elaboración propia con base en las normales climatológicas del SMN del periodo 1971-2010.

2009, 9). Todas estas, características son idóneas para el funcionamiento de los aerogeneradores.

Los vientos dominantes durante todo el año en las cercanías del AGP de acuerdo con las cartas de efectos climáticos son del Norte al Sur y del Oeste al Este (figura 4.17).

c) Subsistema social

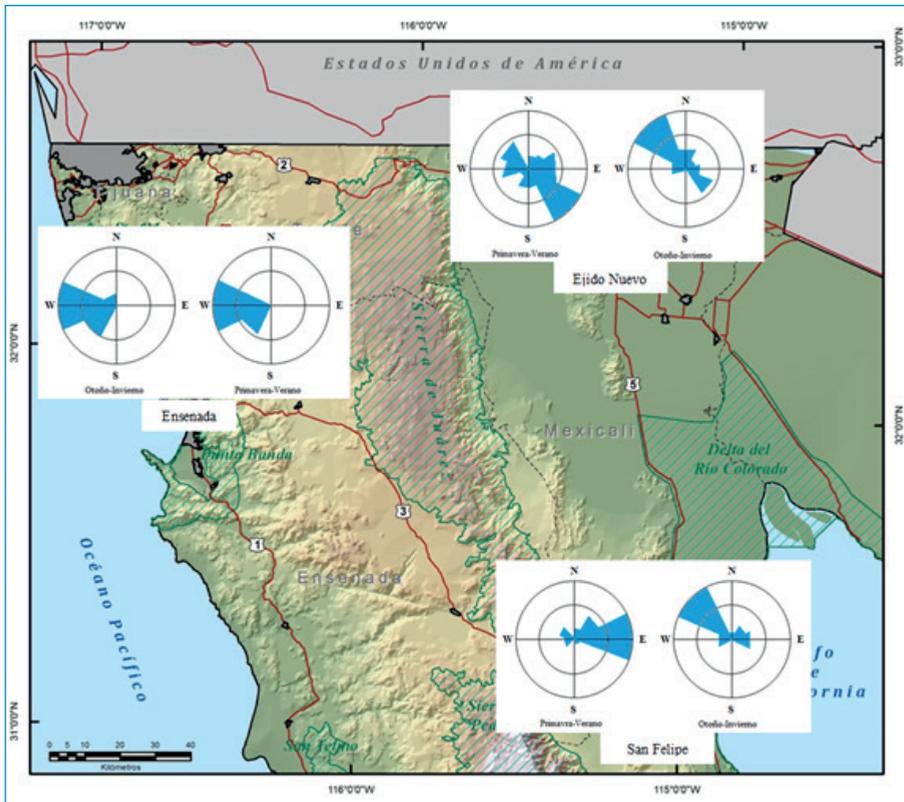
La situación demográfica que presentan las principales poblaciones de Baja California es resultado de la inercia del rápido crecimiento que tuvo la población hasta la segunda mitad del siglo XX. Esto se dio, en gran parte, por un proceso de interacción entre Estados Unidos y México.

Por un lado, se tiene la expansión económica que se presentó en Estados Unidos, y por otro, la forma en que ésta se proyectó sobre el norte de México abstrayendo la línea divisoria fronteriza entre los países, lo que intervino

en la fundación de poblaciones, como es el caso de San Luis Río Colorado (Piñera 2006).

Las poblaciones del norte de México, en cuanto a sus orígenes, se pueden clasificar en tres tipos: “1) fundadas en la época colonial; 2) fundadas por iniciativa gubernamental en el México independiente y 3) vinculadas a la expansión económica de EE. UU.” (MIA 2009). Esta última corresponde al caso de las principales ciudades de Baja California.

Figura 4.17
Rosas de los vientos estacionales de las estaciones meteorológicas
Ensenada, Ejido Nuevo León y San Felipe



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de MIA (2009).

Uno de los componentes del crecimiento demográfico son los nacimientos y defunciones que se dan de manera natural en una población. Pero en particular, en el caso de la zona fronteriza, se dan con más frecuencia los eventos de inmigración y emigración, tal es el caso de Tijuana y Mexicali.

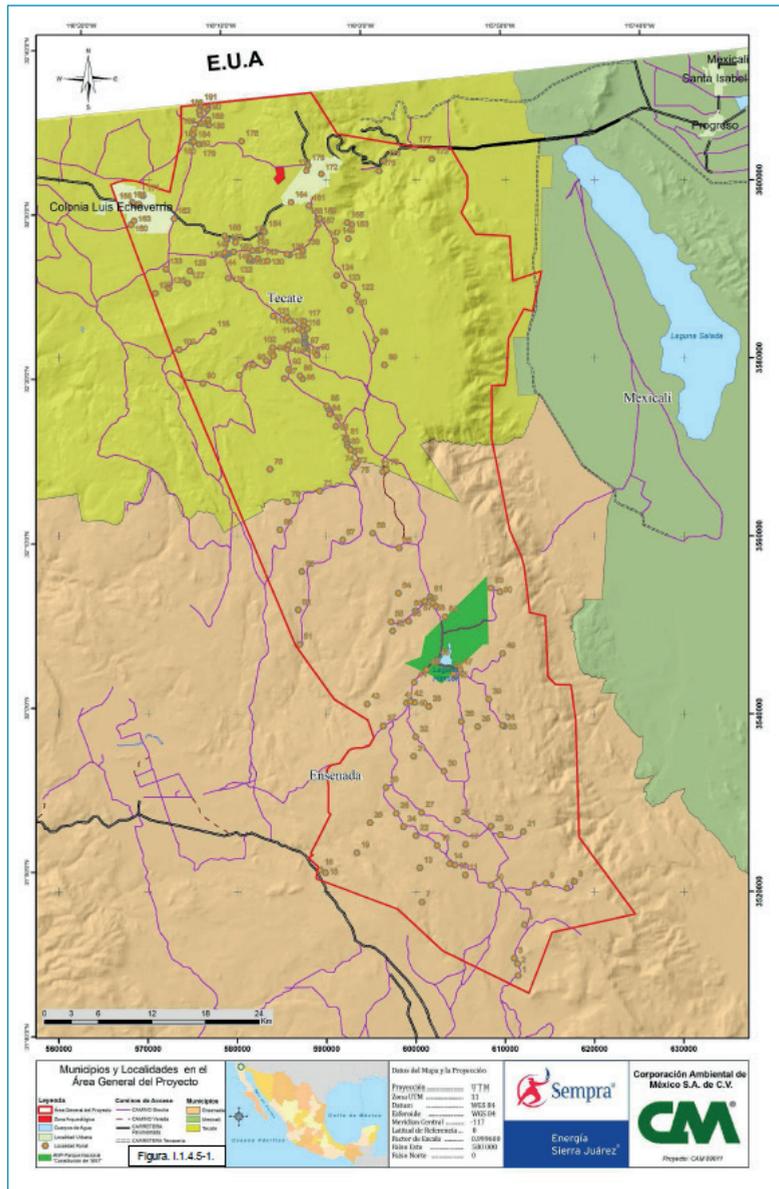
El cruce de personas que no cuenta con permisos especiales para ingresar hacia Estados Unidos se ha transformado en una de las principales actividades económicas informales del municipio de Tecate, presentando un gran dinamismo, sobre todo en localidades aledañas a la línea fronteriza; las localidades más utilizadas para realizar este cruce son Rosa de Castilla, Rancho Altar, Rancho El Encinal, Banchety, Loma Tova, Cañada del Sol, Rancho El Retiro, Roca Magisterial y Jardines del Rincón. Se ha identificado que Jardines del Rincón, Roca Magisterial y Ejido Jacumé, son las zonas más utilizadas para el tráfico de indocumentados hacia Estados Unidos. En consecuencia, este tráfico ilegal ha generado brotes de delincuencia en la zona (*Zeta Tijuana* 2012).

Dentro del área general del proyecto existen 192 localidades (figura 4.18), mismas que incluyen los centros de población principales de Luis Echeverría y La Rumorosa, estos últimos con 2 411 habitantes y 1 836 habitantes respectivamente (INEGI 2010), estas localidades están comprendidas en tres diferentes municipios (Ensenada, Mexicali y Tecate), siendo Ensenada el municipio que alberga el mayor número de localidades.

Por su parte, las localidades que presentan más de 1 000 habitantes son Luis Echeverría, La Rumorosa, Licenciado Gustavo Díaz Ordaz y Ojos Negros (ver figura 4.8). Todas las demás se encuentran por debajo de 1 000 habitantes (INEGI 2010). Lo anterior, deja ver que hay población vulnerable a múltiples factores de exposición de los aerogeneradores del parque, mismos que se especificarán más adelante, así como a una afectación directa a la percepción del paisaje.

En el cuadro 4.5 se presenta el tipo de vivienda de las localidades con más de 1 000 habitantes y que son consideradas urbanas dentro del AGP, cabe mencionar que el Ejido Jacumé, se añade a la tabla por ser una de las localidades cercanas al AGP, además, es una de las localidades centrales de los ejidos que acogerán a la primer fase del proyecto que será puesta en marcha.

Figura 4.18
Localización del proyecto Energía Sierra Juárez y localidades



Fuente: Tomado de MIA (2009).

Las localidades con más habitantes, poseen a su vez el mayor número de viviendas habitadas; el porcentaje de viviendas que no cuentan con servicios básicos es alto en la mayoría de las localidades, las cuales son de carácter rural, esto se debe a que los servicios básicos no son proporcionados por el municipio, sino que son autosuficientes, ya que, tal como lo señala la MIA (2009, 121):

- Utilizan recursos renovables, en el caso del aprovechamiento de la energía solar a través del uso de celdas fotovoltaicas para la generación de electricidad;
- Mantienen su propio abastecimiento de agua mediante la compra de pipas o el uso de pozos profundos;

Cuadro 4.5
Tipo de vivienda y grado de marginación, para las localidades con más de 1 000 habitantes, dentro del Área General del Proyecto

LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL	VIVIENDAS HABITADAS	VIVIENDAS SIN DRENAJE NI EXCUSADO (%)	VIVIENDA SIN ENERGÍA ELÉCTRICA (%)	VIVIENDA SIN AGUA ENTUBADA (%)	VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA (%)	GRADO DE MARGINACIÓN	REZAGO SOCIAL
Poblado La Rumorosa	1 836	561	20.3	2.7	33.5	2.1	Bajo	Muy bajo
Colonia Luis Echeverría (El Hongo)	2 411	713	18.8	2.5	41.9	2.9	Medio	Muy bajo
Licenciado Gustavo Díaz Ordaz	1 394	348	84.2	6.0	65.2	17.5	Alto	Medio
Real del Castillo Nuevo (Ojos Negros)	3 533	841	38.6	3.7	1.3	8.7	Alto	Bajo
Ejido Jacumé*	290	77	44.2	2.6	26.0	1.3	Medio	Muy bajo

* Se consideró por ser uno de los asentamientos humanos cercanos al proyecto.

Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP (Sedesol 2013).

- El manejo de residuos lo hacen a través de un camión recolector que opera de manera privada;
- Las descargas de aguas residuales son canalizadas a fosas sépticas.

En cuanto a las vías de comunicación, “el AGP cuenta con un camino secundario (no revestido) el cual enlaza en la parte Sur con la Carretera Federal Núm. 3, misma que comunica a la ciudad de Ensenada con San Felipe, y en la parte Norte, con la Carretera Federal Núm. 2 que comunica el poblado de la Rumorosa con la colonia Luis Echeverría (El Hongo) hasta la ciudad de Tijuana”. Dentro del área se localizan diferentes caminos rurales de terracería que enlazan el camino secundario con las diferentes localidades (MIA 2009, 122; figura 4.8).

Dentro del área de influencia del proyecto han existido grupos étnicos desde antes de la llegada de los españoles a Baja California. “Hoy en día viven aproximadamente 1 000 indígenas” (MIA 2009, 128) provenientes de cinco grupos indígenas nativos: “los kumiai, tipai, pa ipai, kiliwa y cucapá”. Estos cinco grupos originarios pertenecen a la familia lingüística yumana, y se les da la denominación colectiva de los yumanos. Actualmente, estos grupos viven en diez localidades diferentes, bajo el régimen de propiedad ejidal o bienes comunales (Garduño 2013).

A pesar de que la MIA sólo menciona que se encuentran ciertas etnias dentro del área de influencia del proyecto, según información del Comité de Información para el Desarrollo del Estado existe un grupo étnico como los pa ipai que viven en la Sierra de Juárez, y cuyo grupo, en palabras de Garduño (2013, 15) “ha sido objeto del despojo de sus tierras desde mediados de los sesenta”. La territorialidad de este grupo se ha visto transformada como resultado de diferentes hechos históricos, entre ellos la expansión capitalista y colonización en el siglo XIX, y la reforma agraria en el siglo XX (Garduño 2013).

Dentro del AGP, se encuentra identificada la zona arqueológica Vallecitos, ubicada a unos kilómetros del poblado La Rumorosa, en la Sierra de Juárez. Esta zona arqueológica es una de las más importantes de la región, ya que está conformada por una variedad de sitios arqueológicos donde se han “identificado más de 18 conjuntos de pinturas rupestres, de los cuales solo seis

están abiertos al público. En este mismo lugar vivieron los antepasados del grupo étnico kumiai cuyo territorio comprendía desde Santo Tomás, en Baja California, hasta las costas de San Diego, California” (MIA 2009, 131, con base en INAH 2009).

La MIA (2009, 121) menciona que “no se conocen grupos u organización sociales” y señala que

la única campaña existente en el área del proyecto es el que promueve la oficina del Parque Nacional Constitución de 1857, que depende de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp). Estas campañas intentan concientizar a los pobladores de la zona, al igual que a los visitantes, de la importancia que tiene el cuidado de la vegetación y de los animales, así como de los servicios ambientales que esta región presta al ecosistema.

No obstante, existen grupos u organizaciones tanto nacionales como internacionales que se dedican al cuidado del medio ambiente y que están interesados en la preservación de los hábitats que alberga el AGP. Por mencionar algunas: *Backcountry Against Dumps*, Defensa Ambiental del Noroeste, Terra Peninsular, Pro Natura Noroeste, entre otros.

Respecto a la infraestructura, en el AGP “existen dos clínicas de salud, las cuales se encuentran en la parte Norte, una en el poblado de La Rumorosa, y otra en la colonia Luis Echeverría. Estas clínicas son atendidas por médicos que asisten una vez a la semana, por lo que continuamente las emergencias se atienden en localidades como Real del Castillo (Ojos Negros), en Ensenada, Tecate y en la capital del estado, Mexicali” (MIA 2009, 125). Los principales padecimientos registrados en las instituciones públicas del sector salud son las infecciones intestinales e infecciones respiratorias agudas.

d) Subsistema económico

El estado de Baja California cuenta con la mayor concentración de instalaciones industriales de fabricación extranjera. La industria maquiladora es una de las actividades económicas de mayor importancia en la parte norte del estado,

donde destaca la maquiladora textil y el ensamblaje de artículos eléctricos y electrónicos, principalmente.

Particularmente, en el municipio de Mexicali las principales actividades económicas son el comercio la industria y los servicios. “En el ramo industrial destacan: el procesamiento de alimentos, la industria maquiladora, textil y el ensamblaje de artículos eléctricos y electrónicos; no obstante, la agricultura y la ganadería son la base de la economía regional, debido a la riqueza de su extenso valle agrícola” (MIA 2009, 133, con base en GEBC-INFDM 2005).

El municipio de Tecate, por su parte, “basa su economía en la industria cervecera y la industria maquiladora, y en menor grado la agricultura, la ganadería, el comercio y los servicios. La economía del municipio de Ensenada está basada principalmente en el turismo, y la importación y exportación de productos, hecho que le confiere su ubicación geográfica” (MIA 2009, 133).

En la región dentro de la cual se encuentra el AGP, hasta hace una década, “la ganadería extensiva era una de las principales actividades económicas. Incluso llegaron a existir hatos de ganado de hasta 5 000 cabezas (de acuerdo a versiones de personas que habitan en el AGP)”. Pero la falta del recurso hídrico ha originado que esta actividad se reduzca principalmente para autoconsumo, ya que se hace imposible la alimentación del ganado mediante la compra de insumos (MIA 2009, 133).

El aprovechamiento de los recursos forestales, era otra de las actividades económicas que se llevaba a cabo dentro del AGP. En el Ejido Sierra de Juárez existía un aserradero que por muchos años mantuvo la economía del lugar. Tiempo después, “el Gobierno limitó el aprovechamiento forestal para aparentemente promover el cuidado de los bosques, deteniendo así la explotación de este recurso” (MIA 2009, 133).

“La cosecha del piñón tenía un papel importante en la dinámica de las localidades que habitan el área, así como de grupos indígenas que destinaban una parte del año a esta actividad, la cual se vio disminuida una vez que se inició el cercado de las propiedades por parte de los ejidatarios a partir de la década de los cincuenta” (MIA 2009, 133); sin embargo, recientemente la escasez del recurso hídrico en la zona ha originado que la cosecha de piñón sea casi nula.

“Actualmente, algunos ejidos dentro del AGP están impulsando la construcción de cabañas e instalaciones para el turismo como “Ranchos Eco-turísticos”. Principalmente en el área que comprende el Parque Nacional Constitución de 1857” (MIA 2009, 133); por ser una de las pocas extensiones boscosas que se ubican en la Península de Baja California, atrae a visitantes de los poblados cercanos así como al turismo, ofreciendo diversas actividades recreativas como campismo, senderismo, alpinismo, excursionismo, remo, observación de paisajes, observación de vida silvestre, entre otros (Vargas 1997). Además se está llevando a cabo el aprovechamiento de la yuca y algunos propietarios continúan con la ganadería a muy pequeña escala.

El POEBC atribuye el crecimiento demográfico del estado Baja California durante los años setenta a factores como “empleo en la industria maquiladora, crecimiento del sector servicios, posibilidad de acceso al mercado laboral estadounidense y demanda de mano de obra subespecializada”. Sin embargo, de acuerdo a la caracterización socioeconómica de la MIA, a la fecha, “las actividades económicas dentro del AGP son escasas. Dicha escasez en las actividades económicas, es el resultado de diversos factores como la falta del recurso hídrico, los fenómenos de migración y los limitados recursos disponibles” (MIA 2009, 154).

Después de identificar las principales actividades existentes en el CEEM, particularmente dentro del AGP, no se registra actividad industrial. Únicamente se cuenta con ecoturismo a baja escala, comercialización de yuca para la elaboración de diferentes productos que no son procesados dentro del AGP, ganadería incipiente, así como una pequeña granja avícola en el Ejido Jacumé.

La MIA (2009, 121) señala que el proyecto “no pretende, ni contempla, la creación de centros urbanos, sino únicamente la instalación de campamentos temporales para albergar a los trabajadores”. Según IEnova, “la contratación de personal preferentemente será de la región, lo que representará una fuente de empleos temporal que impactará de manera positiva en el número de empleos disponibles en la región, y creará una derrama económica directa e indirecta. Debido a la escasez de empleos en el área, esto incrementará el poder adquisitivo y elevará el nivel socioeconómico en la región”.

Pese a que con la operación del proyecto eoloelectrico la generación de empleos será mínima, la compañía argumenta que “la contratación de personal para la construcción del parque eólico generará un impacto positivo temporal para las empresas locales y la economía regional, ya que habrá un aumento en el gasto por concepto de adquisición de bienes” (IEnova 2015).

Sin embargo, por un lado, se trata de empleos temporales y con bajos ingresos que serán más intensivos únicamente durante la etapa de construcción, y por el otro, a pesar de que el gobierno les recomienda a los inversionistas que traten de utilizar la mano de obra local, y debido a que la mano de obra es altamente especializada, en las etapas subsecuentes a la construcción los empleos permanentes serán para el personal altamente tecnificado en la materia y proveniente del extranjero.

En este sentido, la operación del Parque Eólico Energía Sierra Juárez sólo producirá beneficios directos temporales para el medio socioeconómico circundante, es decir, para el CEEM (área de influencia socioeconómica), ya que requirió la contratación permanente de 350 empleados durante la construcción; personal para las actividades de control, monitoreo, seguridad y limpieza de las instalaciones, así como 7 puestos de tiempo completo y permanentes durante la operación del parque, estas mismas son una oferta mínima para la extensión del área y la magnitud del proyecto (*Reporte Índigo* 2014).

Por otro lado, es fundamental considerar que el costo de la producción de energía eólica depende no sólo de la capacidad de las turbinas. La gestión de las tierras en donde se ubica el proyecto, es decir, su arrendamiento es un factor crucial sobre el costo de la energía. Tal es el caso de Energía Sierra Juárez, ya que la tierra es propiedad de ejidatarios, por lo tanto, el costo de la generación y suministro eléctrico baja considerablemente, siendo un aspecto positivo para las empresas, pero no así para los ejidatarios.

En el documento realizado para el Banco de Desarrollo de América del Norte la empresa menciona que la fuente de pago por los arrendamientos de los terrenos ejidales serán los ingresos generados por el proyecto de acuerdo con el precio establecido en el contrato de compraventa de energía a 20 años, según la solicitud del préstamo (*Reporte Índigo* 2014).

El hecho de que los contratos de arrendamiento se den por menos de 30 años, aunado a que gran parte de los casos los ejidatarios de la zona tienen un mínimo grado de estudios, promueve una situación que aprovechan los inversionistas para cerrar contratos propicios, ya que hacen acuerdos de “buena fe”, engañando a los indígenas para firmar estos contratos y posteriormente actuar de manera unilateral pagando un valor muy por debajo de lo que se pagaría en otros países por el uso de su tierra para esta actividad.

Área de influencia territorial del Parque Eólico Energía Sierra Juárez

Según la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA 2009, 57) con base en Fraume (2007), el área de influencia (AI) se define como el “ambiente donde se manifiestan los efectos, directos e indirectos, a corto y a largo plazo, permanentes y transitorios, entre otros, producidos por una obra o actividad humana”.

Para definir el área de influencia del proyecto (AIP) la MIA (2009) debía considerar la Guía Sectorial de Semarnat (2002), misma que señala considerar la totalidad de los componentes del Sistema Ambiental Regional (SAR) alterados, tales como relieve, vegetación, distribución de organismos, cambios en los cuerpos de agua, dispersión de contaminantes en aire, suelo, aguas superficiales y ruido. Sumado a esto, también debía tomar en cuenta los impactos ambientales generados, resultados de la interacción del proyecto con los componentes ambientales (figura 4.19).

Después de identificar las etapas en las cuales se desarrollará el proyecto y considerar los factores ambientales, la MIA determinó el área de influencia del proyecto en tres diferentes niveles:

1. Área de influencia de las instalaciones, que corresponde a la superficie ocupada directamente por las obras del proyecto de manera provisional o definitiva

2. Área de influencia de los aerogeneradores, superficie sobre la cual los aerogeneradores podrían incidir considerando una rotación de 360° tomando como eje la torre que lo soporta. Esta área aún se encuentra en discusión a nivel global, ya que de las 16 manifestaciones de impacto ambiental sobre proyectos eoloelectricos evaluadas por la autoridad, ninguna ha presentado a detalle la influencia.
3. Área de influencia socioeconómica, referida a la “extensión geográfica sobre la cual se tendría una incidencia indirecta relacionada con aspectos como la creación de empleos, la derrama económica y la mejora en la calidad de vida en la población”. Esta influencia se determinó en la MIA (2009, 57) a partir de la identificación de los siguientes efectos:
 1. Creación de empleos durante las diferentes etapas del Proyecto, a lo largo de su desarrollo.
 2. Incremento en la población que tiene acceso a servicios de salud, derivado de la creación de empleos.

Figura 4.19
Componentes del SAR dentro del sistema territorial potencialmente afectables por las etapas del proyecto



Fuente: Elaboración propia con base en MIA (2009).

3. Derrama económica directa e indirecta derivada de los pagos de renta de terrenos, pago de impuestos, uso de servicios por terceros (proveedores de insumos y prestadores de servicios), etc.
4. Mejora de la calidad de vida como consecuencia de la derrama económica.

En este sentido, el proyecto puede tener efectos sobre localidades como Jacumé, La Rumorosa, Tecate, Tijuana, Ensenada, Playas de Rosarito, Mexicali y todos aquellos poblados dentro del AGP.

Los efectos socioeconómicos que la MIA señala resultan ambiguos en términos cualitativos, lo que deja cabos sueltos sobre las medidas para prevenir afectaciones a la población y al medio físico; por ello, las variables que interesan a los sectores sociales involucrados, deberían ser analizadas de manera prospectiva y no como posibles supuestos. Asimismo, es indispensable incorporar las opiniones de expertos y de grupos sociales con el objeto de estimar verdaderos riesgos y ponerlos en una auténtica dimensión de importancia social.

Abastecimiento regional y transfronterizo estratégico: la conformación de un polo energético

El PED identifica como zona funcional binacional la comprendida entre Baja California y California (Estados Unidos), la cual está conformada por las ciudades de Mexicali, Tecate, Tijuana, Playas de Rosarito en Baja California, y por las ciudades de Calexico, San Diego y Los Ángeles, en el estado de California.

A su vez, reconoce que es la zona más densa en interacciones transfronterizas de las que se presentan en la frontera norte, donde el polo dominante es el área metropolitana de Los Ángeles, y en el ámbito estatal destacan Mexicali y Tijuana. De tal manera que el crecimiento de la población, la demanda de servicios, así como el desarrollo económico se concentran en esta región.

Con base en esta premisa, el gobierno estatal señala que deberá ser prioridad para la integración del desarrollo urbano y regional “continuar con

el desarrollo en infraestructura urbana, protección ambiental, equipamiento y servicios, y la generación de energía eléctrica” (PED 2014).

Diametralmente opuesto al PED, se encuentran las relaciones entre las empresas eólicas y la industria regional que aún es incipiente; sin embargo, se tiene un Proyecto de Identificación y Desarrollo de Proveedores para la Industria Eólica en Baja California con el cual se pretende promover y elevar la competitividad y la innovación en las empresas del estado, con el fin de que se integren en la cadena productiva de las grandes empresas de energías renovables.

Hasta el momento, únicamente se cuenta con una plataforma entre el Gobierno de Baja California, a través de la Comisión Estatal de Energía, y la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado, en conjunto con la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) por lo que, la vinculación entre empresas ancla del sector de energías renovables y proveedores locales resulta fundamental, ya que actualmente se recurre a la importación de componentes y tecnologías para el desarrollo de energías renovables provenientes principalmente de Estados Unidos, España y China.

A pesar de lo anterior, actualmente el estado de California es el líder en la nación con respecto a generación de electricidad de recursos renovables no hidroeléctricos. La generación de energía renovable en California viene del viento, geotérmica, solar, madera y recursos de gas de basureros. Actualmente, dicho estado “prohíbe que las compañías de servicios públicos celebren contratos a largo plazo con productores de energía a partir de carbón convencional y existen pocas plantas de carbón de propiedad estatal en operación” (NACTS s. f., 22). En consecuencia, California importa energía eólica de Baja California, a pesar de que México tiene un potencial eólico, geotérmico y solar que todavía no se ha desarrollado totalmente.

En este tenor, IEnova ilustra la forma de participar exitosamente en el mercado mexicano: al amparo del marco normativo y del quehacer público. La compañía considera que “el continuo crecimiento tanto de Estados Unidos como de México (ambos mercados con intereses económicos y ambientales en un entorno de interdependencia) conducirá al aumento de los niveles de consumo de energía en general, y a su vez requerirá de inversiones adicionales

en activos de infraestructura de energía, un nicho de mercado que indudablemente generará el interés de particulares” (IEnova 2012).

Debido a que el sector eléctrico en América del Norte está en un proceso de cambio, según Vaughan et al. (2002) se prevé que la restructuración del mercado y la evolución paulatina de las redes de generación y transmisión, extendidas e integradas, que conectan diversas regiones, amplíen y modifiquen los patrones comerciales entre Canadá, Estados Unidos y México. En este tenor, la estrategia de integración energética surge de la incapacidad de Estados Unidos para alcanzar autosuficiencia energética, lo que explica la dependencia de los abastecimientos del exterior como la opción óptima y redituable.

En el caso particular de América del Norte el factor de integración de sus dos socios geográficos son fundamentales en los objetivos de seguridad energética de Estados Unidos. Al concatenarlos busca ampliar la oferta energética regional y garantizar el acceso a los recursos tanto de México como de Canadá para cubrir sus necesidades energéticas. Uno de los factores explicativos de su estrategia es la apertura de sus empresas, lo cual hace a través de garantizar la permanencia de los mecanismos de regulación de mercado “mejorando el clima” para las inversiones de su país en el sector energético de sus socios, tal como lo señala Hickman y Vargas (2009).

Bajo esta estrategia, la última negociación trilateral o Alianza para la Seguridad y la Prosperidad en América del Norte (Aspan) fortaleció lo anterior al crear una “zona confiable” de recursos previendo la posibilidad de una ruptura en las cadenas globales de suministro petrolero, por lo que se privilegiaron los aspectos de seguridad relacionada con la infraestructura energética y sus lugares de tránsito.

En este tenor, existe una relación compleja entre la generación y distribución de energía eléctrica y el medio ambiente, que en las regiones fronterizas se agudiza (Nieblas y Quintero 2006) debido a que el medio físico natural y sus procesos ambientales no respetan las fronteras políticas entre estados de una misma nación o entre países. En gran parte de los casos, los habitantes de ambos lados de una frontera comparten un mismo territorio, como es el caso de la cuenca hidrográfica transfronteriza río Colorado, donde tanto Estados Unidos como México se abastecen de una fuente de agua común. Así, en esta

región las operaciones industriales, comerciales y sociales en ambos lados de la frontera tienen consecuencias ambientales.

Diagnóstico del sistema territorial. Efectos de la presencia de la industria de energía eólica: una síntesis

Los intereses particulares, principalmente económicos, que giran en torno a la localización de la industria eólica son de tal grado, que merman la capacidad de la búsqueda del bien común. Por ello existe la necesidad de hacer a un lado la parcialidad y el reduccionismo que caracteriza a la planificación sectorial, ya que, como se ha mostrado, el desarrollo se revela en un sistema territorial, que, de acuerdo con la teoría de sistemas, no puede ser entendido ni planificado si no es como un todo (Gómez 2008). Por lo tanto, se requiere de identificar los intereses sectoriales y los atributos ambientales que el sector eléctrico, particularmente la industria eólica, busca en el territorio para el desarrollo de su actividad.

En este apartado, se presenta el análisis territorial de la industria eólica, para el caso de estudio de Energía Sierra Juárez, es decir, su expresión simplificada del sistema constituido por las características naturales, los procesos económicos, sociales y ambientales y sus repercusiones territoriales. Asimismo, a través de una matriz FODA se expone el diagnóstico como una interpretación del modelo territorial a la luz de su trayectoria histórica y de su evolución previsible; dicha matriz se expresa en términos de problemas actuales y de potencialidades.

De entre las muchas formas en que puede enfocarse el análisis y el diagnóstico del sistema territorial, en esta investigación se presenta una aproximación por subsistemas, mismos que se exhibieron anteriormente, y que en ese apartado se integrarán para comprender sus interrelaciones, así como su estructura territorial y el funcionamiento dentro del sistema territorial.

Funcionamiento del sistema territorial de la industria eólica

De acuerdo con Gómez (2008), “el papel del medio físico en el territorio se presenta en relación con las actividades humanas”, entre ellas la producción de energía, a partir de esta relación. Por consiguiente, toda actividad se ubica necesariamente en un entorno físico natural, y se relaciona con él a través de lo que entra en la actividad (insumos o influentes), de lo que sale de ella (salidas o efluentes) y de los elementos físicos (edificios, instalaciones y espacios) que la forman, y ambos, medio físico y actividad, integran un sistema que será armónico y funcional si existe un equilibrio en los intercambios; en la medida en que la actividad esté integrada de manera ordenada en su entorno físico natural será sostenible y contribuirá a la sostenibilidad del desarrollo.

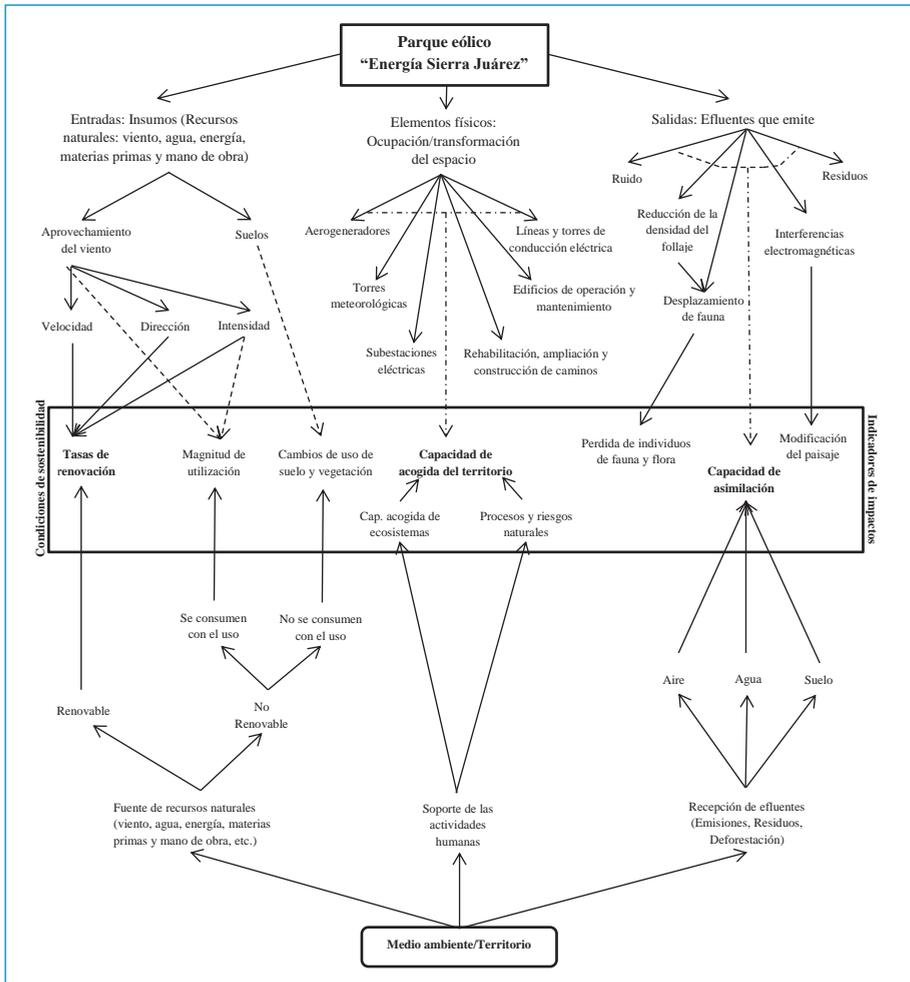
Particularmente, esta interpretación compleja del sistema territorial para la industria eólica, requiere que el medio físico en que se ubica cumpla tres funciones precisas: la primera de ellas es que funja como: 1) fuente de recursos naturales y materias primas que utilizará la actividad, tales como el viento; 2) soporte de los elementos físicos que forman la actividad, y 3) receptor de los efluentes que emite la actividad de la industria eólica.

En este sentido, y de acuerdo con un modelo de tipo metabólico, la actividad de la generación de energía eólica en el Parque Eólico Energía Sierra Juárez dentro de CEEM (figura 4.20) se puede entender en términos de:

- Los insumos que utiliza: agua, energía (importada de Estados Unidos), recursos naturales, materias primas, mano de obra, entre otros.
- Los elementos físicos que la forman, los cuales ocupan y transforman el espacio: instalaciones e infraestructura como los aerogeneradores, torres meteorológicas, líneas de transmisión, torres de conducción eléctrica, subestaciones eléctricas, edificios de operación y mantenimiento, así como rehabilitación, ampliación y construcción de caminos.
- Los efluentes que emite en forma de materiales y energía, tales como ruido, residuos, interferencias electromagnéticas, desplazamientos de fauna y la reducción de la densidad del follaje.

A decir de Gómez (2008, 295), la población es el elemento activo que actúa mediante las actividades de producción (la industria eólica), consumo y relación social, mientras que el medio físico es el soporte de tales actividades,

Figura 4.20
Elementos y procesos de la industria eólica que conforman el medio físico y las relaciones entre ellos



Fuente: Elaboración propia con base en Gómez (2008); MIA (2012) y trabajo de campo.

la fuente de recursos naturales y materias primas, así como el receptor de sus efluentes. Por tanto, la población es el elemento fundamental ya que adapta el medio físico para ubicar sus actividades, toma recursos de él, como el viento, para transformarlos en su propio beneficio y le incorpora los desechos o productos no deseados.

Cabe señalar, que para el caso del Parque Eólico Energía Sierra Juárez, la población local no es necesariamente la que interviene directamente en esta actividad, pero sí las poblaciones aledañas pertenecientes a Estados Unidos a través de un actor estratégico como lo es la empresa IEnova.

Desde el punto de vista del análisis y del diagnóstico territorial la población tiene una triple consideración, como recurso territorial,⁴³ como sujeto territorial⁴⁴ y como objeto territorial⁴⁵ (Gómez 2008). Con base en lo anterior, el diagnóstico de este subsistema comprende, por un lado, a la propia población como receptora de la derrama económica que llegará a existir, y por el otro, a las actividades que práctica: producción-consumo y relaciones sociales.

Derivado de las políticas neoliberales que favorecen un mercado de electricidad más competitivo y abierto, es importante considerar al compo-

⁴³ “En cuanto representa la fuerza de trabajo que ha de explotar los recursos disponibles y producir bienes y servicios; en este sentido, la población desarrolla las actividades de producción, las cuales pueden ser actuales: las que en el momento en el que se realice en análisis están presentes en el territorio, y potenciales: las que podrían derivarse del aprovechamiento de recursos territoriales insuficientemente aprovechados; endógenas: asociadas a recursos internos y a iniciativas locales, y exógenas: promovidas por iniciativas externa; tradicionales: practicadas históricamente por la población local, o innovadoras: aprovechando recursos, tecnologías, procedimientos o nichos de mercado nuevos, entre otros” (Gómez 2008, 296).

⁴⁴ “En cuanto demanda los bienes, servicios y equipamientos, cuyas dotaciones, en cantidad y calidad, son en función de expectativas asociadas a la calidad de vida” (Gómez 2008).

⁴⁵ “En cuanto conjunto de individuos que se relacionan y así configuran tres elementos básicos del análisis territorial: los agrupamientos de individuos en ciertos lugares (poblamientos: núcleos de población), los agrupamientos de individuos por afinidades de diferente tipo formando estructuras que vertebran la sociedad, y la escala de valores que determina los comportamientos sociales e individuales. A su vez, estas estructuras determinan las relaciones de los individuos dando así dinamismo al sistema” (Gómez 2008).

nente poblacional como crucial para determinar los nuevos esquemas de comercio entre Estados Unidos y México, ya que la zona funcional binacional es una de las más dinámicas y complejas a nivel mundial. Se caracteriza por un crecimiento poblacional alto, y un aumento en las necesidades de urbanización, servicios y una importante industrialización como base de su economía.

Es así como todo punto del territorio cumple, en mayor o menor grado, estas funciones; mismas que se comportan como recursos naturales porque cumplen la doble condición de utilidad y escasez (Gómez 2008).

Principales efectos territoriales

Dentro del sistema territorial del CEEM se encuentra plasmado el sistema productivo de la industria eólica y debido a que toda actividad necesita de un espacio o soporte físico que ocupa y transforma, implica un uso de suelo, que no es otra cosa que la adaptación de un espacio para las funciones de la actividad que sobre él se realiza. Por lo tanto, el parque eólico es un espacio adaptado para la transformación de una materia prima-recurso natural (viento) en energía eléctrica que pueda proporcionarse como un servicio.

Por su parte, el territorio a través del cual se realiza la función de soporte, no es homogéneo, sino que se organiza en unidades (ambientales/sociales) que son afectadas por todo tipo de procesos y riesgos, algunos de los cuales determinan la localización de las actividades, como los elementos físicos que definen el potencial eólico; de lo anterior, surge la *capacidad de acogida*⁴⁶ del territorio para las actividades de la industria eólica.

⁴⁶ Concepto que “define la relación entre los ecosistemas y las actividades expresada en términos de vocacionalidad, compatibilidad o incompatibilidad, y representa la concertación entre los dos elementos que intervienen en la dialéctica conservación-desarrollo: la aptitud o potencialidad y el impacto o fragilidad” (Gómez 2008, 198).

a) Efluentes que emite la industria eólica

Los problemas derivados de la ocupación/transformación del espacio y/o cambio en los usos del suelo se generan cuando se produce discrepancia entre la vocación de los ecosistemas y, del territorio en general, con la naturaleza y localización de las actividades humanas.

Es por ello que con base en Monroy (2014) y en los trabajos de campo realizados, se identificaron los efluentes más reveladores detectados en la zona de estudio.

- I. Efecto auditivo. Un efluente negativo es el ruido por el giro del rotor de los aerogeneradores, pero su efecto no es mayor que el emitido por una instalación de tipo industrial y siempre que se encuentre población cerca de los aerogeneradores.

En esta zona existe un ruido significativo, producido por el giro del rotor. El ruido es aerodinámico, es decir, el sonido “silbante” de las palas del rotor al pasar por la torre, se produce principalmente en las puntas y en la parte posterior de las palas. A mayor velocidad de giro, mayor es el sonido producido.

Por otro lado, el funcionamiento de los aerogeneradores produce ruido mecánico, usualmente la amplitud del sonido es de 90 a 105 decibeles a una distancia de 40 m y de 35 a 45 decibeles a una distancia de 300 m.

De este modo, de acuerdo con Monroy (2014: 83), se estima que los niveles de ruido de los aerogeneradores representan un peligro para la salud de las personas y de los organismos que habitan cerca del parque eólico, así como para la tranquilidad a la que estaban habituados, pudiéndoles causar, en un momento dado, estrés.

En general, de donde se encuentra el Parque Eólico Energía Sierra Juárez a los centros de población más cercanos hay una distancia de 500 m aproximadamente; sin embargo, existen algunas casas y una escuela primaria cercanas, pertenecientes al ejido Jacumé, y otras casas aisladas a menos de esa distancia.

- II. Aspecto visual. Desde el punto de vista de la construcción del parque eólico se produce un impacto visual inevitable (paisajístico) ya que los aerogeneradores se presentan como un elemento estructural ajeno al sitio, lo cual depende de diferentes factores:
- El tamaño del aerogenerador, que determina la zona de influencia visual.
 - La distancia entre la turbina y el observador, siendo que el impacto visual es mínimo a distancias mayores de seis kilómetros.
 - El número, diseño de disposición espacial de las turbinas dentro del parque eólico.
 - Densidad de la población en la zona de influencia visual del parque.

Al construir este tipo de parques, siempre debe tomarse en cuenta la frecuencia con la que serán vistos y la presencia de sitios de recreación o elementos naturales. Sin embargo, el sitio donde opera el parque eólico no se contempla como zona habitacional, de conservación o turística, por ello no se reconoce que pudiera haber un impacto considerable en este sentido. El problema es la gran escala a la cual se construyó el proyecto y las siguientes fases, lo cual implicará una alteración clara sobre el paisaje y la percepción paisajística de la población.

La forma en la que se suministra la electricidad tiene un fuerte impacto en todos los subsistemas que conforman al sistema territorial; en el ambiente, la economía y, sobre todo, en la sociedad. La adecuada planeación de suministro de energía debe optimizar el recurso aumentando los beneficios y minimizando los costos, particularmente en este siglo en el que se tiene más conocimiento de las afectaciones ambientales que puede tener la generación eléctrica, y la poca disponibilidad de combustibles ha creado una volatilidad en los precios reales de la electricidad, aunado al aumento de la población que ha adoptado un estilo de vida de comodidades y posibilidades que brinda este tipo de energía.

Es así que, el uso de la energía eólica como un recurso productivo disponible implica un cambio fundamental, ya que no determina una progresiva localización de las actividades económicas cerca del recurso, más bien, la misma

naturaleza de la red eléctrica no tiene un peso determinante en la localización de las actividades económicas pero si obedece a una lógica de beneficio y a estrategias espaciales de la empresa.

b) Percepción de la población con respecto al Parque eólico Energía Sierra Juárez

Las actividades humanas interactúan con el medio físico en que se ubican en términos de influentes o entradas que toman del entorno, elementos físicos que se asientan sobre el espacio y efluentes. De tal interacción surgen los conceptos y los criterios concretos para la sostenibilidad, por lo que “la imagen externa del sistema territorial, el paisaje, es el reflejo del estilo de desarrollo y de la escala de valores sociales” (Gómez 2008, 31). Por esta razón, estudiar el territorio y sus transformaciones permite percatarnos de un proceso de cambios tanto en el ámbito espacial, como en el social y el económico, sin dejar de un lado todas las estructuras inscritas en el territorio.

Es así que la energía no es solamente un elemento material del paisaje, sino también una cuestión sociocultural dentro del concepto de paisaje (Frolova 2010). La percepción del impacto paisajístico de las infraestructuras eléctricas por los diferentes agentes sociales no se podría entender sin tomar en consideración el significado social de la energía eólica y del progreso tecnológico en el CEEM. Por lo tanto, las prácticas espaciales de producción energética están relacionadas con asuntos más amplios vinculados a la aceptabilidad social de la comunidad en el ejido, y a la extracción o uso de los recursos naturales, el control de la energía, y a la percepción de riesgos naturales o de la naturaleza como tal.

El paisaje de la Sierra de la Rumorosa y Sierra Juárez es único en el país y la generación de energía eólica se ha convertido en un factor importante que está modelando el paisaje bajacaliforniano; de manera que conocer la imagen externa del sistema territorial a partir de la base paisajística y la percepción del sistema territorial por los observadores potenciales, resulta relevante para entender el funcionamiento del mismo sistema y sus procesos de cambio.

La información que a continuación se presenta está respaldada con los resultados de las entrevistas realizadas a empleados del Parque Eólico La Rumorosa 1, en diciembre de 2013 y las encuestas efectuadas a 15 habitantes del Ejido Jacumé, en enero de 2014, así como con una vasta información hemerográfica recopilada del período 2012-2015. Las tres secciones de la encuesta: I) Características sociales (datos generales); II) mecanismos de inserción de la empresa en la comunidad, y III) características económicas de los habitantes, son los ejes articuladores de la información que a continuación se presenta.

El 63 % de los encuestados fueron hombres y la edad media de los habitantes encuestados fue de 34 años, aunque también se entrevistaron a personas mayores a 60 años; se encontraron casos en donde el 45 % de los habitantes provenían de ciudades colindantes como Mexicali y Tecate, el 23 % nacieron en el ejido, mientras que el resto provenía de otros ejidos del estado, así como de Sinaloa y uno de San Diego, California. El 91 % de los encuestados únicamente tiene la educación básica, mientras que el resto posee estudios universitarios, lo que puede evidenciar el grado de educación que predomina en el ejido.

Al cuestionarles acerca de que si tenían conocimiento de la empresa IEnova o del proyecto Energía Sierra Juárez, todos afirmaron conocerlo y la llegaron a describir como:

Una empresa que genera energía para vendérsela a Estados Unidos... una empresa que vino a hacer negocio sólo con los ejidatarios.

Sólo uno de los encuestados afirmó tener familiares laborando en el proyecto; sin embargo, la gran mayoría afirmó tener conocidos que actualmente están laborando en el parque eólico, ya sea como ayudantes en general, obreros o vigilantes. La mano de obra especializada ha sido traída de Estados Unidos y como comenta para el diario *Sexenio* (2014) Carlo Bonfante Olache, Secretario de Desarrollo Económico del estado de Baja California.

Los componentes de las torres, así como las aspas llegaron de Asia al puerto de Ensenada, las cuales se transportaron de manera terrestre hasta la Rumorosa; las turbinas del aerogenerador se fabricaron en Estados Unidos.

Por tanto, la mano de obra para la construcción y ensamble de las torres fue provista directamente por los habitantes del ejido Jacumé y las comunidades aledañas como La Rumorosa, El Hongo y Tecate.

En ese sentido, todos los encuestados consideran al proyecto como influyente dentro de la comunidad del ejido porque:

Muchos están ahora trabajando ahí, además que ayudará a la comunidad con escuelas..., traerá muchos beneficios como dinero, bienestar y trabajo., van a pasar luz, darán dinero por las tierras ocupadas (arrendamiento).

Respecto a la manera en la que se verán beneficiados por el parque eólico, en lo individual y a nivel colectivo, se percibe que el beneficio no es comunitario, ya que únicamente se verán beneficiados unos cuantos, principalmente la empresa, Estados Unidos y los ejidatarios; los habitantes que no tienen tierras ejidales consideran que no se verán ni afectados ni tampoco beneficiados. Además, los habitantes entrevistados perciben que mucha gente del ejido no está informada acerca de éste y de los otros proyectos eólicos, porque, entre otras cosas, no se ha informado por igual a todos los habitantes, piensan que únicamente se ha mantenido al tanto a los dueños de las tierras ejidales porque necesitan su firma y a algunos profesionistas que puedan ser de confianza para las personas mayores.

En el ejido, los habitantes que tienen información acerca del proyecto eólico no se encuentran en desacuerdo con él, pero les preocupa que esté provocando divisiones internas. El problema principal, consideran, es que las autoridades ejidales buscan la forma de aprovecharse, de los recursos económicos derivados del arrendamiento de las tierras.

Los habitantes les llaman a los aerogeneradores de energía eléctrica como “turbinas, molinos, torres o abanicos grandotes” y sobre los posibles riesgos o amenazas comentan:

Pues hasta ahorita no se ve nada claro... habría que ver después.

En una entrevista realizada por el reportero Sergio Haro, en febrero del 2015, para el semanario “Zeta” a José Vázquez, comisariado del Ejido Jacumé, éste afirma:

La empresa IEnova ligada a Semptra, empezó a construir desde noviembre del 2013 pero ahora los 47 aerogeneradores ya están conectados con una estación del lado americano, de donde enviarán la energía a San Diego.

El contrato de renta es por 5 000 hectáreas y a 30 años pero una cláusula incluye que al finalizar ese período estaría la opción de renovarlo. Ya que estén generando electricidad pagarán al ejido un 4 % sobre la utilidad generada.

También tenemos contratos firmados con otras empresas, Aeroflash Wind por 30 años y 5 mil hectáreas, quienes quieren producir 300 MW con 180 aerogeneradores. Aparte, hay otro contrato más con Wind Power para generar otros 200 MW y 150 aerogeneradores.

El régimen de propiedad existente en la zona de mayor potencial eólico en el estado de Baja California, implicó la adquisición de tierras por parte de los promotores de la empresa eólica, tal como lo señala el comisariado.

No obstante, un estudio realizado por la Comisión para el Diálogo con los Pueblos Indígenas (Segob 2013) señala que es recomendable que el plazo máximo de los contratos no exceda los 25 años, puesto que la vida útil de una turbina es de 20 a 25 años, dependiendo de la tecnología instalada, de tal manera que el proceso de explotación puede durar ese tiempo, pero durante los primeros 8 a 12 años la empresa suele enfrentar intereses de deuda por financiamiento, por lo que al cabo de ese término los desarrolladores evalúan si el parque se desmantela o si se sustituyen las turbinas por unas nuevas para continuar con las producción.

Por otro lado, el propietario de la tierra debe asegurarse en el contrato, el acceso a información de la empresa operadora del parque eólico. De igual manera, independientemente del tipo de renta acordada (si tiene o no vínculos con los resultados del negocio), es necesario prever cláusulas de ajuste de precio que preserven el valor de la renta acordada en primer término.

En ese tenor, el comisariado ejidal acepta que en los contratos no está estipulado el número de aerogeneradores a instalar, no hay limitante en cuanto al número, tal como lo relata:

Es un área que nunca pensábamos utilizar, nunca le vimos un beneficio, se nos hizo muy atractivo (en el ejido) a todo el mundo le gustó la idea y pese a que hay venados en la región no les ha afectado, es una zona de cruce, un corredor natural del borrego cimarrón, aunque ahora se ven menos.

Y sobre la afectación al paisaje menciona:

A mí se me hace más bonito y moderno, ahora con los papalotes.

En cuanto al ruido emitido por los aerogeneradores, ninguno de los entrevistados y encuestados comentó al respecto, ya que en el momento en que se hizo el levantamiento aun no estaban en operación. Pero en el Parque Eólico La Rumorosa 1 se constató que el ruido, con tan solo la instalación de 5 aerogeneradores, era considerable e irrumpía en la tranquilidad del entorno natural, por lo que es de esperarse que en el Parque eólico Energía Sierra Juárez con la instalación de 47 aerogeneradores, el impacto generado por el ruido sea de mayor magnitud.

En general, la opinión de la población sobre los aerogeneradores según el trabajo de campo realizado indica que la percepción de la comunidad sobre la construcción del Parque Eólico Energía Sierra Juárez es positiva, existiendo evidencia también de que solo una minoría de la población cree que traerá problemas su funcionamiento, dicho de la siguiente manera:

Esa concesión es para empresas extranjeras y la producción será destinada a la venta fuera de nuestra frontera, sin beneficios para el consumo doméstico, ni para las fábricas, ni para los productores locales.

Esto se debe, principalmente, a que pesar de los beneficios ambientales que pueda tener la energía eólica, aun no existe suficiente información y

conocimiento proporcionada a los habitantes para determinar con claridad sus ventajas y desventajas en diferentes escalas espaciales y temporales.

Las transformaciones dentro del sistema territorial de la industria eólica van mucho más allá de un cambio de uso de suelo, paisaje o medio ambiental; al analizar los componentes del sistema se puede observar que el territorio es un espacio de poder donde se disputan intereses individuales y colectivos. Por lo tanto, es importante valorar la afección paisajística de los aerogeneradores y parques eólicos no solamente a través de las evaluaciones de expertos, sino también teniendo en cuenta las percepciones de la población local.

Según Monroy (2014), la experiencia obtenida demuestra que una vez que la población empieza a sentir los beneficios provocados por el desarrollo, disminuye considerablemente su actitud negativa hacia ello, por lo que si la población es informada adecuadamente sobre los beneficios que ocasiona esta fuente renovable de obtención de energía, disminuirá mucho más la percepción social desfavorable. Sin embargo, ni en el Ejido Jacume, ni en la Rumorosa, se exteriorizó que la población estuviera informada a este grado.

Desde el punto de vista social y tecnócrata, según González, Muñoz y Ortega (2011) con base en Xolocostli et al. (2007), el riesgo⁴⁷ y percepción que tiene la población con relación a este tipo de proyectos es el punto más difícil de vencer.

Análisis FODA para la industria eólica en el CCEM y en particular para el proyecto Energía Sierra Juárez

El análisis FODA (acrónimo de Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazas) se creó para realizar diagnósticos y facilitar la identificación de estrategias que relacionen las líneas de acción con el cumplimiento de los objetivos planteados, en este caso para una actividad económica, así como para dar se-

⁴⁷ Entendido como "la combinación del peligro y la vulnerabilidad. Probabilidad de que se produzca un daño en las personas, en uno o varios ecosistemas, originado por un fenómeno natural o antropógeno" (LGCC 2012).

Figura 4.21
Navarro (2015). *Imagen panorámica del Parque Eólico Energía Sierra Juárez, diciembre de 2015*



guimiento a dichas líneas de acción. El análisis se presenta en forma de matriz FODA y se concreta en filas ocupadas por las fortalezas-debilidades y columnas que corresponden a oportunidades-amenazas (Gómez 2008; Vázquez 2012).

Con base en el conocimiento recabado a lo largo de esta investigación la matriz FODA para la industria eólica en el CEEM, en particular para el proyecto Energía Sierra Juárez (figura 4.14), expone las características y funcionamiento de la región, así como los problemas más significativos, las potencialidades, debilidades y amenazas que se presentan dentro del sistema territorial. El análisis separa lo que es el sistema interior, las debilidades enumeran los puntos endebles del sistema, es decir, aquellos aspectos en los que resulta deficiente para proporcionar a la población una mejor calidad de vida; las fortalezas representan los aspectos en que el sistema dispone de ventajas comparativas y se encuentra en óptimas condiciones para facilitar una buena calidad de vida a los habitantes.

Las amenazas y oportunidades se relacionan con el contexto exterior del sistema y considera aspectos dinámicos de carácter circunstancial que pueden interferir en el funcionamiento del sistema interior de manera negativa —amenazas—, o positiva —oportunidades—.

Cabe señalar, que este diagnóstico es de carácter eminentemente cualitativo y es la base para identificar las características y el funcionamiento de la industria eólica en el territorio, particularmente para el proyecto eólico Energía Sierra Juárez.

El procedimiento para desarrollar el análisis FODA (cuadro 4.6) que aquí se formula es el planteado por Gómez (2008, 367), para el cual se siguieron los siguientes pasos:

Se cruzaron todas las fortalezas (F) con todas las oportunidades (O) y se asignó una ponderación con los símbolos (+), (-) y (=) para cada una con base en las siguientes premisas:

F→O La fortaleza x:

(+) ¿permitirá aprovechar la oportunidad A?

(=) ¿es indiferente para aprovechar la oportunidad A?

(-) ¿va impedir aprovechar la oportunidad A?

Se cruzaron las fortalezas (F) con las amenazas (A) y se siguió la misma ponderación con base en las siguientes premisas:

F→A La fortaleza x:

(-) ¿va a reducir o anular la amenaza B del entorno?

(=) ¿es indiferente con respecto a la amenaza B del entorno?

(+) ¿va a aumentar la amenaza B del entorno?

Se cruzaron las debilidades (D) con las oportunidades (O) igualmente con la ponderación y las premisas:

D→O La debilidad x:

(-) Cuando dificulta aprovechar la oportunidad.

(=) Cuando la relación sea de indiferencia.

(+) Cuando permita beneficiarse de la oportunidad.

Se cruzaron las debilidades (D) con las amenazas (A) igualmente con la ponderación y las premisas:

- D→A La debilidad x:
- (+) Cuando incremente la amenaza.
 - (=) Cuando sea indiferente.
 - (-) Cuando reduzca la amenaza.

Una vez realizada la ponderación se sumaron algebraicamente los positivos (+) y los (-) para obtener el signo correspondiente que se interpreta de la siguiente manera:

Con relación a la columna de las oportunidades se encontró un balance positivo (+) lo que significa que no existen dificultades para aprovechar la oportunidad que ofrece el entorno; del mismo modo, resultó positivo (+) para las fortalezas, lo que muestra que se puede dar continuidad en la estrategia seguida hasta el momento. No obstante, respecto a las debilidades se encontró un balance indiferente (=) que muestra una situación que, no siendo peligrosa, debe considerarse, al menos a mediano plazo. Finalmente, lo que concierne a las amenazas el balance resultó indiferente (=) lo que indica alerta, aunque no requiere intervención a corto plazo, pero sí seguimiento e intervención en caso de decadencia.

Modelo territorial de la industria eólica. El caso Energía Sierra Juárez y el triángulo eoloeléctrico transfronterizo

El modelo territorial de la industria eólica sintetiza el diagnóstico que se realizó de esta actividad, particularmente para el caso de estudio, poniendo de manifiesto las interconexiones que se dan entre el medio físico, la población y las infraestructuras, y reflejando con ello la estructura y el funcionamiento del territorio (figura 4.26).

La característica de peninsularidad de Baja California es significativa así como su menor poblamiento a nivel nacional y su cercanía con las ciudades del sur de California (Estados Unidos), lo que provoca un relativo aislamiento en cuanto a contactos físicos de todo tipo con el resto del país. Este hecho geográfico, sumado a su significativo alejamiento de las zonas más pobladas

de la República Mexicana (el centro y el occidente) hace que el subsistema de ciudades que estructura el CEEM, conformado por Ensenada, Tijuana y Mexicali, presente vínculos económicos y sociales más intensos con la frontera sur de California y al mismo tiempo hacen que este subsistema tienda a integrarse en mayor grado con San Diego, California, que con cualquier otra ciudad del país (Padilla, García y Castillo 2012).

Asimismo, el CEEM constituye una unidad en donde se ubican múltiples procesos concentrados en ciertas porciones del territorio y en donde se articulan una variedad de dinámicas, sobre todo económicas, que al igual que ocurre con otras, como las sociales y políticas, se condicionan mutuamente (Padilla, García y Castillo 2012). Dentro del modelo territorial, el CEEM funciona como una zona de articulación, ya que tiene fundamento en el emplazamiento de un conjunto de infraestructuras que lo hace posible, tales como localidades urbanas, la red vial, la red eléctrica, comunicaciones y servicios, con las que toma cuerpo y forma en el espacio geográfico aéreas de influencia.

El patrón de distribución del sistema de ciudades y los núcleos de población menores, así como las jerarquías o importancia relativa de los núcleos, expresada por el tamaño de población, muestran una distribución lineal a lo largo de la frontera en donde solo las ciudades que conforman el sistema de ciudades revelan amplias relaciones hacia zonas de influencia generadas alrededor de los núcleos o en las inmediaciones de las vialidades conectoras. De la misma manera, se presenta una interrelación de bienes y servicios en el espacio geográfico articulado por estas ciudades, a partir de las ventajas comparativas que poseen con respecto a otros territorios alejados de la frontera norte.

La infraestructura vial, como componente del modelo, es un eje articulador fundamental; de manera que el CEEM es una ruta estratégica de desarrollo de varios kilómetros de ancho, a partir del eje carretero, en el que se emplazan zonas de producción intensiva, de extracción de recursos naturales, de medios de comunicación y de asentamientos urbanos, entre otros elementos (Padilla, García y Castillo 2012).

Asimismo, la existencia de energéticos, tanto en el lugar y por traslado, fortalecen la funcionalidad del CEEM y, sobre todo, dinamizan los sistemas de producción por medio del gas y la energía eléctrica (termoeléctricas/geotérmicas, gasoductos, parques eólicos y granjas solares).

Otro componente del modelo territorial es la infraestructura del sector eléctrico; sin embargo, debido en parte a la característica de peninsularidad, la red eléctrica manifiesta una doble desarticulación territorial ya que no forma parte del Sistema Interconectado Nacional y constituye un sistema independiente conectado a la red eléctrica de California mediante interconexiones en dos localidades. Es así que, la distribución espacial de la infraestructura eléctrica en el CEEM se vislumbra como troncal y periférica con canales de distribución locales-fronterizos y presencia de nodos importantes que operan en función de la demanda.

Bajo este tenor, la infraestructura del sector eléctrico se concentra en dos grandes polos, uno en el extremo noroeste del estado de Baja California (Zona Costa) y el segundo al noreste (Zona Valle). El modelo territorial evidencia el desequilibrio territorial que existe entre México y Estados Unidos respecto a la disponibilidad de infraestructura eléctrica, particularmente para el caso de las plantas generadoras, ya que es notable la discrepancia en cantidad, calidad y conectividad de esta infraestructura entre un país y otro, misma que se ve reflejada en la calidad del servicio, así como en el abastecimiento del servicio de electricidad al interior.

Con base en la organización espacial de los emplazamientos de la industria eólica, se observa que conforman un triángulo eoloeléctrico transfronterizo, presente tanto en México como en Estados Unidos. A su vez, la red del servicio eléctrico dentro del CEEM tiene una articulación internacional que configura vínculos eléctricos; asimismo, a partir del establecimiento del parque eólico “Energía Sierra Juárez” se creó una nueva interconexión para exportar la energía a Estados Unidos, con lo que se configura otro vínculo eléctrico que articulará el triángulo eoloeléctrico transfronterizo.

En ese tenor, hasta antes de la reforma energética que fue publicada el DOF en el 2014, la industria minero metalúrgica además de ser considerada

como una actividad prioritaria⁴⁸ para el desarrollo nacional, cuya regulación corresponde exclusivamente a la Federación, era una actividad considerada de utilidad pública y preferente sobre cualquier otro uso o aprovechamiento del terreno; sin embargo, con las modificaciones a los artículos 27 y 28 constitucionales así como la última reforma publicada en el DOF el 11/08/2014 al artículo 6° de la Ley Minera, relativo a las actividades de exploración y extracción de petróleo y de los demás hidrocarburos del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, se determinó considerar preferentes estas actividades sobre cualquier otra actividad, incluso la minera.

No obstante, en caso de que existan ambas actividades en un mismo espacio, la Ley Minera determina que con base en un estudio técnico que realice la Secretaría de Energía junto con la Secretaria de Economía se establecerá en su caso, la factibilidad de la coexistencia de actividades mineras con las actividades de exploración y extracción de petróleo y demás hidrocarburos, o con las de servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, en la misma superficie; o en el supuesto caso de determinarse la no factibilidad de coexistencia, se podrá negar la concesión minera u otorgarla excluyendo la superficie que comprendan las actividades preferentes, en la medida en que resulten incompatibles con la explotación minera.

Actualmente, según la Dirección General de Regulación Minera (DGRM 2015) los lotes mineros de oro y plata que estaban concesionados en esta zona, guardan un “status” de cancelados. No se tiene conocimiento acerca del motivo de la cancelación, únicamente que los concesionarios se desistieron; sin embargo, siempre y cuando, aún no se hallan declarado las libertades de terreno por parte de la DGRM, los concesionarios podrán reingresar su solicitud de concesión minera y así, obtener el Título de Concesión Minera para explotar las minas.

⁴⁸ “Actividades cuyo aprovechamiento debe ser regulado para evitar el agotamiento o acaparamiento improductivo, y sólo pueden ser aprovechados mediante concesión” (CPEUM, artículo 27, 2011), en este caso se encuentran los minerales establecida expresamente en la legislación minera, (la extracción, explotación y beneficio de estos minerales, constituyen la industria minero metalúrgica).

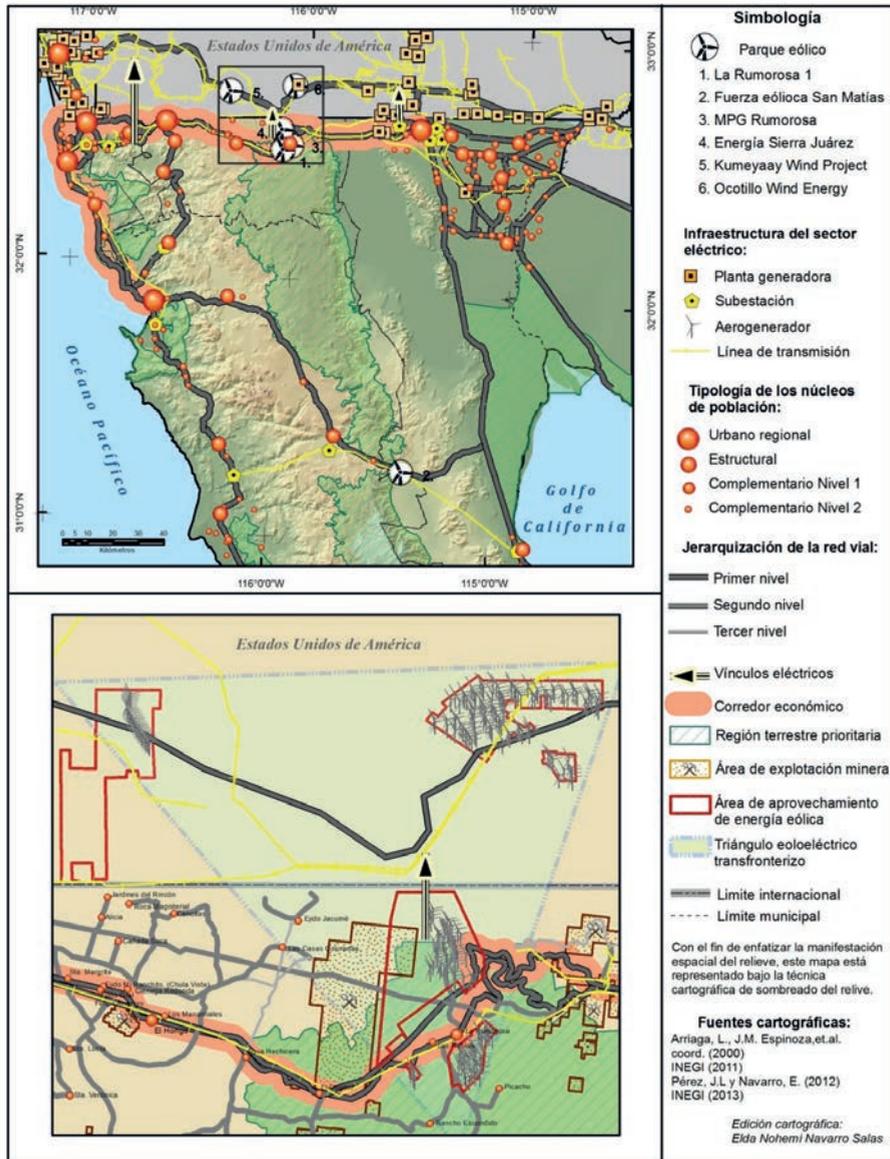
Por lo tanto, hoy por hoy, la actividad minería y la industria eólica son incompatibles en el tiempo, si bien pueden practicarse en el mismo lugar, pero no al mismo tiempo. No obstante, si en un momento dado llegarán a coexistir en el mismo espacio y al mismo tiempo, podrían presentar una incompatibilidad espacio-temporal.

La localización y la función del triángulo eólico transfronterizo hacen que los recursos endógenos existentes se articulen con los recursos exógenos y que juntos formen una zona de intereses con gran potencial eólico, pero sobre todo con un gran potencial de explotación con fines meramente económicos, mismos que en su gran mayoría serán canalizados al exterior de México, con el fin de fortalecer los canales de relación externos e incentivar el desarrollo de carácter estratégico, impulso favorecido por la globalización y por el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica.

Lo anterior, podría originar una desterritorialización en donde la pérdida del territorio derivado de su dinámica y de los conflictos de poder entre los distintos agentes favorecerían a estas actividades económicas que luchan por coexistir a favor de sus intereses individuales, sin favorecer el interés colectivo del territorio que las acoge. Del mismo modo, la organización espacial de ambas actividades pone en peligro la estabilidad de la región terrestre prioritaria sobre la cual se emplazan, así como la formación socio-espacial de las comunidades aledañas.

En los argumentos presentados por Estados Unidos al Banco Mundial se señala que "... México necesita permitir a las compañías privadas, incluyendo inversores extranjeros, para que construyan instalaciones de energías renovables y unirse a las redes de energía nacionales e internacionales. El gobierno debería motivar a las empresas con incentivos en impuestos y otros tipos de ayudas federales" (COCEF 2013). Lo anterior, evidencia que la creciente demanda de energía eléctrica está configurando el espacio geográfico y la organización espacial de la industria eólica.

Figura 4.22
Modelo territorial de la industria eólica. El caso Energía Sierra Juárez



Fuente: Elaboración propia con base en Arriaga (2000); INEGI 2011, 2012; Pérez y Navarro 2012. Edición cartográfica de la autora.

Consideraciones finales

Los estudios de planificación energética deben tener como base metodológica el análisis del sistema territorial para tener un conocimiento más detallado de cada uno de los subsistemas que lo conforman y de sus relaciones entre sí y con el territorio al que le dan forma. La Geografía ofrece una perspectiva territorial de la sostenibilidad y a su vez la visión sistémica se considera la más acertada para estudiar la energía en un contexto geográfico y de desarrollo sostenible.

Se asume que existe una correlación, casi lineal, entre el grado de desarrollo y consumo de energía por habitante, sin embargo, al existir una controversia en relación con la producción, uso y consumo energético así como sus impactos ambientales, se deben incorporar escenarios de cambio climático, ya que el sector energético es uno de los sectores vulnerables a los impactos del cambio climático.

Es necesario establecer relaciones causa-efecto que asocien los cambios climáticos a los impactos sobre las infraestructuras eléctricas, así como la manera en la que la infraestructura eléctrica influye en el cambio climático, con el fin de analizar la viabilidad del desarrollo de la industria eólica en el contexto de cambio climático. Debido a que el viento es un aspecto del clima que depende de la presión atmosférica y ésta de la temperatura, no se puede asumir que las condiciones vigentes de intensidad de viento vayan a permanecer en los próximos 20 a 50 años sin cambio. Toda vez que dependiendo del sentido del cambio en las condiciones de viento esta industria, en el CEEM y en otras regiones, podría beneficiarse o verse perjudicada.

En los últimos años, el balance nacional de energía eléctrica muestra que las tecnologías como el ciclo combinado, basado en el empleo de combustibles fósiles y la energía eólica, como ejemplo típico de las energías renovables, han

experimentado un destacado crecimiento, siendo el sector industrial el mayor consumidor de energía eléctrica a nivel nacional. La capacidad instalada de energía eólica ha aumentado a través de los productores independientes de energía (PIE), particularmente en el año 2012.

Al crecer la economía y la población, crece paralelamente la demanda de electricidad, por lo tanto, la infraestructura de la red eléctrica junto con la ubicación de las centrales se convierten en elementos que configuran la organización territorial de la industria eléctrica que se ven reflejados de forma concreta en la producción, consumo y, por ende, en la capacidad instalada de este sector. Por tanto, la infraestructura y su ubicación con respecto a los centros de demanda son factores que están influyendo en la generación de energía y el desarrollo territorial.

México cuenta con un recurso eólico abundante que lo posiciona favorablemente, tanto en generación eólica terrestre como marina. El mayor porcentaje de inversión en un parque eólico se canaliza a la misma turbina eólica, mientras que el menor costo corresponde a la renta de la tierra. Los impactos positivos se perciben en una escala global, mientras que los negativos mayormente en una escala regional, lo que ocasiona que se le reste importancia a este hecho.

Las reglas para la operación del mercado eólico de México son todavía incipientes y poco parecidas a las de otros países, por lo que es fundamental que la generación de energía eólica esté respaldada por una base de legitimidad social que asegure la distribución equitativa de sus beneficios. En este sentido, para las energías renovables, y en particular para la energía eólica, los principales problemas para su desarrollo en México son la falta de infraestructura, los daños ambientales que pueda causar a las comunidades cercanas, el tema de la adquisición de las tierras y la poca relevancia que se le dio dentro de la Reforma Energética.

La península de Baja California posee un potencial eólico que no ha sido aprovechado y que se encuentra en extensas áreas de su territorio. La revisión del medio natural exhibió el potencial disponible para la generación de energía aprovechando las condiciones climáticas y las particularidades paisajísticas que forman el conjunto de componentes naturales característicos de la

región, por lo que es necesario tener pleno conocimiento de sus componentes como soporte del sector eléctrico de energías renovables para una mayor comprensión del desarrollo de la actividad en la zona; particularmente, para el desarrollo eoloeléctrico.

A cada época le corresponde, en función del modelo macroeconómico aplicado, un sistema eléctrico particular y, por lo tanto, una organización del territorio específica. En el marco del modelo de economía neoliberal en el que se encuentra México, se observó que la política de ampliación de la red eléctrica ha resultado ser más nodal que sistémica, más excluyente que complementaria, más reactiva que creativa y con un mayor énfasis en la construcción que en la operación, debido a la implantación de modelos externos más que internos para abastecer la demanda de Estados Unidos como reflejo de la apertura comercial.

En el estado de Baja California, de los tres servicios básicos de la vivienda: energía eléctrica, drenaje y agua entubada, la energía eléctrica es el servicio que cuenta con una mayor cobertura estatal. Debido a su ubicación geográfica, el CEEM ha sido un área estratégica para el desarrollo de empresas maquiladoras que son las que más demandan electricidad, a su vez, el consumo de electricidad en el estado está creciendo.

En Baja California existe un desequilibrio territorial entre la franja norte-noroeste y el resto de la entidad, aunado a una falta de aprovechamiento de los recursos naturales, mismos que podrían potenciar el crecimiento económico regional sustentable. Entre los factores limitantes para su desarrollo está la escasez del recurso hídrico; sumado a la baja densidad de población y a la amplia dispersión de las localidades, con los costos socio-ambientales que esto conlleva. Lo anterior ha provocado una dicotomía, un crecimiento altamente concentrado en la región norte, es decir en el CEEM, y una situación de aparente inmovilidad debido a la dispersión demográfica rural en la parte sur de la entidad.

El estado de Baja California ha fungido como promotor de inversiones transnacionales sustentado a través del “Plan Estratégico de Baja California”. A su vez, la Reforma Energética respalda las asociaciones del Estado con agentes privados para desarrollar proyectos de infraestructura en el sector energético y

en esa tendencia, la Ley de Asociaciones Público-Privadas (LAPP) contribuye a conformar el campo de acción de la participación privada en proyectos de “desarrollo” para la explotación de recursos nacionales y abre la posibilidad para que empresas privadas extranjeras operen en territorio mexicano.

A partir del 2009, Baja California presentó un auge en el otorgamiento de permisos para generar energía eólica, el interés corresponde tanto a empresas locales como a internacionales; sin embargo, la energía producida tendrá como destino la exportación principalmente. Por lo tanto, se trata de convertir al estado de Baja California en un productor de energía eléctrica renovable, particularmente eólica, aumentando la oferta regional con el fin de aprovechar los recursos productivos internos del estado para satisfacer principalmente las demandas de los sistemas productivos de Estados Unidos.

Los permisos otorgados para producir energía a través de fuentes renovables suman una participación del 15 %, lo que revela que el 85 % de los permisos que se están otorgando en el estado no están siendo prioritariamente encaminados a una transición energética hacia las energías renovables, contrario a lo que marca la Estrategia Nacional para la Transición Energética, la Ley de Energías Renovables para el estado de Baja California, el Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, la Ley General de Cambio Climático, así como la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

La dinámica de crecimiento de los permisos de energía eléctrica autorizada para las modalidades de autoabastecimiento ha sido desigual desde el inicio de las funciones de la CRE. El aumento más notable ha sido el experimentado por la energía generada para importación, la cual ha tenido lugar a partir del 2003, cuando inició su funcionamiento la primera planta construida bajo este esquema, y cuyo incremento más notorio se registra en 2012 y 2013. Asimismo, Baja California al no encontrarse conectada al Sistema Nacional de Gasoductos (SNG) no tiene acceso a la producción nacional de gas natural.

En el futuro se espera que exista una mayor inversión en el sector eléctrico y, por ende, una mayor cantidad de permisos otorgados debido a la instrumentación del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) entre Estados Unidos, Canadá y México. La intención por parte del gobierno federal de privatizar la industria eléctrica en el corto plazo, sugiere que dismi-

nuirá y nulificará el dominio del gobierno federal en las políticas energéticas del país. Como resultado de la recientemente aprobada Reforma Energética, en el estado de Baja California se multiplicarán los proyectos de inversión para producir energía eléctrica en su territorio que no necesariamente se destinarán a su propio abastecimiento.

Debido a su localización geográfica, sus recursos naturales, y su proximidad con Estados Unidos, el CEEM ha sido considerado un territorio atractivo en el contexto del mercado capitalista, puesto que posee características singulares, tanto por la naturaleza binacional de la mayor parte de su espacio, la conformación de áreas de influencia que trascienden los límites estatales y el territorio nacional, su comercio dinámico, el acceso a las fuentes de materias primas, energía y fuerza de trabajo a bajo costo, además de su inserción en el contexto global.

El corredor económico Ensenada-Mexicali y Sierra Juárez no cuenta con una interconexión con el Sistema Nacional de infraestructura energética, sino que conforma un sistema independiente, por lo que resulta de suma importancia aprovechar los recursos ubicados dentro de su territorio. Esto, a su vez, puede ser una oportunidad de crecimiento para el estado, debido a que el potencial de recursos energéticos renovables en este territorio supera por mucho su capacidad de consumirlos todos internamente.

En particular, La Rumorosa es una de las zonas con mayor potencial de vientos constantes e intensos dentro del país, debido a su particular ubicación geográfica compuesta por una cordillera escarpada y por estar ubicada entre el mar de Cortés y el Océano Pacífico. Sin embargo, el desarrollo de la energía eólica depende no sólo del potencial físico del recurso, sino también de la adaptabilidad que los ecosistemas, la sociedad y la economía tengan a estas “nuevas” energías, así como a la capacidad industrial y a la capacidad que el sistema eléctrico posea para absorber la electricidad generada, sin poner en riesgo la seguridad y la estabilidad del sistema dentro del territorio del CEEM.

Dentro del CEEM y la Sierra Juárez los capitales transnacionales se están incorporando a la producción de energías renovables, en particular la eólica, con todas la ventajas que representa como objetivo de las políticas públicas por sus “bondades” y atractivos ambientales y tecnológicos para, de esta manera,

constituir un corredor de “desarrollo transfronterizo de energía renovable e intercambio México-Estados Unidos”. Su expansión, se asocia a la creación de corredores industriales y programas de infraestructura.

En el caso de Estados Unidos, la cuestión energética se contempla desde un enfoque estratégico y para muestra de ello, el Parque Eólico Sierra Juárez es un precursor en esta reestructuración energética, tanto de las redes de generación y transmisión para abastecimiento transfronterizo, como en la brecha entre participación real y potencial de las energías renovables en el mercado binacional.

Dentro de las pautas de localización espacial, los patrones comerciales de electricidad, particularmente, entre México y Estados Unidos han sido mucho menores que el de éste último con Canadá. Las importaciones y exportaciones entre ambos países se han concentrado, en buena medida, en la región California (Estados Unidos)-Norte de Baja California. No obstante, el desarrollo de proyectos eólicos, como Energía Sierra Juárez, es un indicio de que este patrón de comercio transfronterizo se modificará a corto plazo, y que México se podría convertir en un exportador neto de electricidad al mercado estadounidense, fortalecido por el dinamismo del sistema productivo dentro del CEEM.

Uno de los principales factores explicativos de las pautas de localización espacial para el desarrollo de infraestructura eléctrica nueva en la zona funcional binacional (región fronteriza de California-Baja California) es su condición de punto focal geoestratégico estructurado por el CEEM. Esta región es vista por los inversionistas internacionales de generación de electricidad y de terminales de regasificación de gas natural licuado (GNL) y energías renovables, como un sitio idóneo para los proyectos destinado a servir al mercado energético de California.

En cuando al establecimiento de una empresa transnacional eoloenergética en un estado fronterizo como Baja California, se reconoció que se debe a: (1) la cercanía con el mercado estadounidense; (2) la posibilidad de evadir leyes ambientales; (3) la menor oposición en México para ubicar plantas de alto riesgo cerca de centros poblacionales; (4) la oportunidad de controlar

gran parte del mercado de gas natural en el noroeste de México y el sur de California.

Por lo tanto, para Estados Unidos la cuestión energética se contempla desde un enfoque estratégico y como muestra de ello, el Parque Eólico Sierra Juárez es un precursor en esta reestructuración energética, tanto de las redes de generación y transmisión para abastecimiento transfronterizo, como en la brecha entre participación real y potencial de las energías renovables en el mercado binacional.

Dentro del sistema territorial del CEEM y Sierra Juárez se encuentra plasmado el sistema productivo de la industria eólica, debido a que toda actividad necesita de un espacio o soporte físico que ocupa y transforma. Por lo tanto, el Parque Eólico Energía Sierra Juárez, es un espacio adaptado para la transformación de una materia prima-recurso natural (viento) en energía eléctrica que pueda proporcionarse como un servicio.

Respecto a los problemas derivados de la ocupación/transformación del espacio por parte del parque eólico, estos tienen su origen en los factores perturbadores asociados a la ocupación del espacio por la actividad humana, entre ellas: la infraestructura como los aerogeneradores, los edificios de operación y mantenimiento, líneas y torres de conducción eléctrica, contaminación, caza ilegal debido a la ampliación y construcción de caminos, así como de subestaciones eléctricas que integran a la industria eólica.

La transformación del espacio es innata a los procesos de concentración de estructuras de gran tamaño y peso como los aerogeneradores que introducen una fuerte modificación al paisaje y altera la tranquilidad auditiva con la que se contaba antes del emplazamiento de éstos. Por lo que el efecto más perturbador de la presencia de la infraestructura de generación eoloeléctrica detectado en la zona de estudio fue: el aspecto visual.-El paisaje de la zona fue modificado, lo que implicó primeramente un cambio de uso de suelo para posteriormente organizar un espacio que ya no se observa en su forma más prístina

En general, la opinión de la población sobre los aerogeneradores indicó que la percepción de la comunidad sobre la construcción del Parque Eólico Energía Sierra Juárez es positiva, existiendo evidencia también de que sólo una

minoría de la población cree que traerá problemas su funcionamiento. En este punto resulta importante mencionar que los verdaderos efectos se verán una vez que el parque eólico esté operando en forma.

Si bien es cierto que los impactos ambientales y paisajísticos de las infraestructuras relacionadas con energía eólica son menores que los de las energías convencionales las infraestructuras eólicas traen consigo nuevos aspectos en las políticas de ordenación del territorio, relacionados con su menor escala y su carácter disperso, lo que incrementa el número de decisiones que hay que tomar sobre su emplazamiento, y al mismo tiempo aumenta la probabilidad de conflictos sobre los usos del suelo

Las transformaciones, dentro del sistema territorial de la industria eólica en el CEEM y Sierra Juárez, van mucho más allá de un cambio de uso de suelo, paisaje o medio ambiental; al analizar los componentes del sistema se pudo observar que el territorio es un espacio de poder donde se disputan intereses individuales y colectivos. Por lo tanto, es importante valorar la afectación paisajística de los aerogeneradores y parques eólicos no solamente a través de las evaluaciones de expertos, sino también teniendo en cuenta las percepciones de la población local.

Como resultado de este trabajo, también se identificaron dentro del área de estudio ciertas particularidades, ya que en esta zona sólo hay núcleos de población con una jerarquía menor de tipo accesorio al CEEM, los cuales se encuentran en su gran mayoría desarticulados del resto del sistema urbano regional. Sin embargo, si se analiza exclusivamente la estructura espacial de las áreas de emplazamiento de la industria eólica en Baja California, se observa que ésta, en relación con las correspondientes del sur de California en Estados Unidos conforman espacialmente un triángulo eoloeléctrico transfronterizo, que vincula a ambos países no solo desde el punto de vista territorial sino también desde el económico, al ser Estados Unidos el receptor de la energía eléctrica renovable generada en México.

En suma, el emplazamiento de aerogeneradores, junto con la infraestructura para dotar a los parques eólicos, ha transformado el espacio en tan sólo cinco años, de 2010 a la fecha, por su organización espacial dentro del triángulo eoloeléctrico transfronterizo así como por su cercanía a núcleos de

población. También puede señalarse que la generación de energía eólica, al igual que otras actividades humanas regionales como la explotación minera, conforman zonas de apropiación territorial en donde ambas actividades coexisten y compiten por el espacio, y originan que la red de localizaciones y de conexiones espaciales con las que operan las empresa multinacionales dedicadas a estas actividades, concentren una territorialidad mayor o menor que depende de factores espacio-temporales, principalmente exógenos.

De esta manera, uno de los factores explicativos del desequilibrio territorial que se presenta en esta región es la fortaleza de la integración de los mercados energéticos entre México y Estados Unidos. Las compañías están construyendo plantas generadoras de electricidad en el norte de México con el fin de satisfacer el rápido crecimiento de demanda de usuarios industriales y residenciales en Estados Unidos. Lo anterior evidenció que la creciente demanda de energía eléctrica está configurando el espacio geográfico y la organización espacial de la industria eólica en la zona fronteriza de Baja California.

Cabe mencionar, que una de las principales dificultades para el análisis del sistema territorial del caso de estudio, y en general de los proyectos eólicos, fue el acceso restringido a la información particular de cada proyecto eólico. La mayoría de los proyectos no cuentan con información pública detallada, únicamente se tiene la información correspondiente a su respectiva Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), y la que se menciona en los permisos de la CRE. En su caso, las MIAs suelen estar orientadas a justificar la viabilidad de los proyectos apegándose a un discurso meramente oficial, sin ser críticos ni revelando todas las aristas que pudiera tener el proyecto. Mientras que en los permisos otorgados por la CRE se suele describir de manera concreta y técnica las especificaciones del proyecto orientándose meramente al discurso legal.

En síntesis y a manera de conclusión, la presente investigación constituyó un parteaguas en el análisis de las transformaciones y relaciones socioeconómicas producto de la presencia de la industria de energía eólica en un espacio geográfico; esto por un lado, y por el otro, evidenció que el aumento de la producción de las energías renovables modernas, como la energía eólica, busca satisfacer la demanda energética extranjera en el área de influencia del CEEM, siempre y cuando lo pueda hacer de forma rentable.

Finalmente, esta investigación deja de manifiesto que dentro de la planificación del sector eléctrico y la industria eólica se deben considerar los siguientes aspectos:

- Es indispensable un marco legal específico del sector público y el privado en materia de emplazamiento de parques eólicos, así como una buena coordinación entre políticas federales, estatales, regionales-locales, y entre los diferentes proyectos desarrollados para un mismo territorio.
- Es fundamental que los proyectos eólicos proporcionen información detallada, actualizada y pública acerca de los términos de referencia, magnitud del proyecto, área de influencia, así como la ubicación geográfica exacta del emplazamiento de éstos.
- Es preciso involucrar a diferentes agentes locales en la toma de decisiones sobre proyectos eólicos que puedan sustentar la aceptabilidad social. Se debe dejar en claro cuáles serán los beneficios directos e indirectos sin ser extremistas ni crear expectativas falsas, superfluas y poco medibles.
- Hay que considerar que los impactos visuales dependen de la proximidad de los aerogeneradores a los núcleos de población, ya que estos varían principalmente en función de la escala. A su vez, la percepción del impacto paisajístico de los aerogeneradores depende de la cantidad de aerogeneradores y la distribución espacial de los mismos.
- Es importante valorar la afección paisajística de los aerogeneradores y parques eólicos no solamente a través de las evaluaciones de expertos, sino también teniendo en cuenta las percepciones de la población local.
- Por último, la cuestión de la escala territorial de los proyectos es primordial. Se debe considerar el sistema territorial y sus componentes, así como la regionalización territorial que lo acoge; de manera que la estructura, funcionamiento y la percepción converjan para interpretar el territorio de manera sistémica y más objetiva.

Cuestionario guía para ser aplicado al personal de la CFE, CRE, CENACE

¿Cuál es la labor principal de _____ dentro de los proyectos de generación de energía renovable?

¿En qué parte del proceso y cómo participa _____ durante la propuesta de certificación y el otorgamiento del permiso de generación de energía eléctrica?

¿Qué importancia tiene para la región y para nuestro país el proyecto Energía Sierra Juárez? _____

¿En qué consiste la actividad autorizada para este proyecto (tipo de producción)?: _____

¿Cuál será el destino de la energía que se produzca? _____

¿Cuánto tiempo tardará en completarse la instalación del parque eólico hasta el inicio de su operación? _____

¿Por qué se seleccionó este lugar para instalar el parque eólico? _____

¿Qué efectos al ambiente, sociales y económicos traerá consigo este tipo de instalaciones? _____

¿De dónde provendrán los insumos para la construcción del parque (capital humano, materiales, aspas, postes, tecnología)? _____

¿Cómo ha evolucionado la tecnología de la generación eoloelectrónica y qué países van a la vanguardia en su desarrollo?

¿De qué manera los cambios estructurales en materia energética han favorecido este tipo de proyectos? _____

¿Se presentó algún problema con la población local respecto al arrendamiento y ocupación de los terrenos donde se encuentra el parque eólico. ¿De qué tipo? _____

¿Se tiene algún plan para la expansión de este parque? ¿Qué cantidad de energía se pretende generar y cuál será la capacidad instalada? _____

¿Existen otro tipo de proyectos que puedan competir con este tipo de generación o que busquen el mismo mercado?

Observaciones: _____

Cuestionario guía para ser aplicado a la Delegación La Rumorosa, Tecate, B.C.

¿Cuál es el papel principal que desempeña la delegación municipal? ____

¿Qué tipo de funciones desempeña la delegación municipal? _____

¿Qué trámites se llevan a cabo a través de la delegación municipal? ____

¿De qué manera se nombra al alcalde y cuánto tiempo dura su cargo? ____

¿Cómo es la relación de la delegación municipal con la empresa Sempra Energy? _____

¿Existen programas o actividades en los que colaboren en conjunto o se coordinen con el Ejido Jacume o la empresa Sempra Energy (cuáles)? _____

¿Cuál cree que es o cuál será la influencia de la empresa *Sempra Energy* en la economía de la localidad (derrama económica)? _____

¿En qué aspectos de la vida social/cultural de la comunidad se aprecia o cree se apreciará la influencia de *Sempra Energy*? _____

¿Con qué infraestructura y equipamientos cuenta el ejido (escolar, salud, asistencial, abasto, seguridad, transporte, limpia, ambiental, protección civil, electricidad, agua potable, drenaje, etc.)? _____

Aproximadamente, ¿cuál es el porcentaje de hogares cubierto con energía eléctrica?

Localidades con las cuales el Ejido Jacume tiene mayor interacción regional (comercio, abasto de productos básicos, recreación, turismo, cultura, salud, etc.): _____

Existen problemas en cuánto a la generación y distribución de la energía eléctrica, ¿cuáles y por qué?

Observaciones: _____

**Cuestionario guía para ser aplicado al Comisariado Ejidal de Jacume
(Presidente, Secretario o Tesorero)**

1. ¿Cuál es la principal función del _____? _____

2. ¿Cuál es la historia de la formación del ejido? _____

3. Señalar cuántos ejidatarios conforman el ejido y qué superficie tiene: _____

4. ¿Con qué tipo de tierras ejidales cuentan (parcelas, uso común, asentamiento humano)? _____

5. ¿Cuál es el origen, estructura y sistema de tenencia de la tierra? _____

6. ¿Cuáles son las actividades económicas principales en el ejido? _____

7. Existen poblaciones indígenas ¿Cuáles? y ¿Cómo es la relación con éstas?

8. ¿Cuál y cómo está organizado el sistema de cargos de autoridades (religiosas, políticas...)? Estructura, funcionamiento y vigencia _____

9. ¿Cómo participa cada uno de estos cargos en la organización del territorio? _____

10. ¿Cuáles son los actores públicos, sociales y privados que participan en el ejido?, ¿qué función desempeñan? _____

11. ¿Existe alguna presencia de rivalidades intercomunitarias?, ¿a qué se deben? _____

12. ¿Existe complementariedad o tensión entre las instituciones locales, regionales, nacionales, o entre éstas y el ejido? _____

13. Usos del territorio, ¿qué proyectos productivos y comunitarios existen y cómo se originaron?, ¿de qué manera han cambiado el territorio a partir de las actividades productivas? _____

13. ¿Cómo vislumbran el futuro del ejido?

**Cuestionario guía para ser aplicado al Consejo de Vigilancia de Jacume
(presidente o secretario)**

1. ¿Cuál es la principal función del _____ ? _____

2. ¿Qué papel desempeña y cómo participa la comunidad, el gobierno y otras instancias en relación a proyectos de desarrollo de los ejidos? _____

3. ¿Cómo participa la población en las decisiones de la comunidad y los beneficios de los proyectos? _____

4. ¿Cuáles son las principales problemáticas a las que se enfrenta el ejido?

5. ¿A partir de que año comenzó a incursionar el proyecto de Sempra Energy en el ejido? _____

6. ¿Por qué se seleccionó este lugar para instalar el parque eólico? _____

7. ¿Cómo fue el proceso de inserción de la empresa en la comunidad (etapas)? _____

8. ¿Hubo alguna consulta pública por parte de la empresa o del gobierno municipal para conocer la opinión de la población? _____

9. ¿Qué tipo de dificultades se presentaron para la instalación del parque eólico? _____

10. ¿Se presentó algún tipo de problema con los pobladores por la edificación del parque? _____

11. ¿Hubo algún tipo de participación de las comunidades en la instalación del parque eólico? ¿Cómo fue la participación? _____

12. ¿Existieron algunas propuestas de la población con respecto al parque? ¿De qué tipo? _____

13. ¿Existieron negociaciones entre la población, autoridades, la empresa y CFE cuando se iba a instalar el parque?, ¿de qué tipo fueron estas negociaciones? _____

14. ¿Cree que la construcción y operación del parque representará un beneficio directo para el ejido?, ¿por qué? _____

15. ¿Cómo perciben la presencia de la empresa que construirá el parque eólico? Positiva, negativa, por qué; qué beneficios o efectos puede traer en el ejido... ¿Ha habido algún problema o tensión con la empresa? _____

Cuestionario guía para ser aplicado a la empresa Sempra Energy

Giro: _____

Origen de la empresa _____

Año de fundación: _____

Constitución financiera: _____

Empresas filiales:

a) Exportación: _____

b) Transporte: _____

c) Comercialización: _____

d) Servicios profesionales: _____

No. Encuesta: _____ Lugar: _____

Fecha: _____

e) Arrendadoras: _____

f) Equipo y maquinaria: _____

Capacidad instalada de producción (actual y evolución): _____

Productos que comercializa:: _____

Producción (volumen): _____

Superficie ocupada por unidad productiva: _____

Areas de producción: _____

Plantas involucradas en el proceso productivo (localización y capacidad): _____

Destino de la producción (interna y países a los que exporta la producción): _____

Número de trabajadores (de confianza, sindicalizados, permanentes, eventuales) en la región: _____

Origen de los trabajadores (lugares de procedencia): _____

Tipos de contratos: _____

Prestaciones: _____

Seguros: _____

Programas de seguridad: _____

Programas de capacitación: _____

Inventario general (maquinaria, transporte, etc...): _____

Regulaciones ambientales: _____

Planes de expansión de la empresa a futuro en la región: sí, no, de qué manera: _____

Programas en general (sociales, económicos, etc.) que desarrolle o en los que participe la empresa en Tecate, B.C. _____

Organigrama de la empresa

Encuesta para ser aplicada a los habitantes en general del Ejido Jacume

I. Datos generales

1. Sexo: ___M ___F
2. Edad: _____
3. Lugar de origen: _____
4. Tiempo de vivir en el Ejido: _____
5. Estado civil: ___C ___S ___D ___otros
6. Miembros de la familia: _____ Edades...
7. Miembros dependientes: _____
8. Escolaridad: _____
9. Ocupación actual: _____
10. Pertenece algún grupo indígena ___SI ___NO ¿Cuál? _____

11. De los miembros de la familia, cuántos permanecen en el ejido, cuántos han emigrado y a dónde

II. Datos sobre Energía Sierra Juárez, S. de R.L. de C.V. (Sempra Energy)

1. ¿Sabe qué es la energía eléctrica obtenida a partir del viento?
2. ¿Conoce la empresa? ___SI ___NO ¿Qué es? _____
3. ¿Tiene familiares que trabajen ahí? ___SI ___NO ¿Quiénes? _____
4. ¿Tiene conocidos que trabajen ahí? ___SI ___NO ¿Quiénes? _____
5. ¿Conoce el cargo que desempeña? ___SI ___NO ¿Cuál? _____
6. ¿Participó en alguna reunión informativa sobre el proyecto del parque eólico?
7. ¿Participó en alguna reunión de consulta por parte de las autoridades para obtener la autorización del ejido para la realización del proyecto del parque eólico?

15. ¿Cómo cree que se verá beneficiada usted y su comunidad con esta clase de proyectos? _____

16. ¿Cuáles piensa que son los aspectos negativos de este proyecto?

17. ¿Ha visto cambios importantes en el territorio a partir de la llegada de la empresa a su comunidad? _____

18. ¿Las comunidades indígenas tienen algún conflicto con la empresa?
¿De qué tipo? _____

19. ¿Está a favor o en contra de la puesta en operación del parque eólico?

_____ A favor _____ En contra

¿Por qué? _____

III. Datos socioeconómicos

1. Actividad que realiza para mantenerse _____

2. Su trabajo es: _____ permanente _____ eventual

3. ¿Dónde realiza su actividad? _____

4. ¿Su actividad está relacionada con el parque eólico? ___ SI ___ NO
5. Ingreso aproximado (salarios mínimos) _____

6. ¿Cuenta con algún tipo de seguro? ___ IMSS ___ Issste ___
Salubridad ___ Seguro Popular ___ Privado ___ otros
7. Lugar donde se atiende de enfermedades o accidentes: _____

8. Lugar donde realiza sus compras de: _____

- 2a. Alimentos: _____

- 2b. Ropa y calzado: _____

- 2c. Aparatos eléctricos: _____

3. Otros (aclarar) _____

9. ¿Qué medio de transporte utiliza? _____

10. Propiedad de la vivienda donde habita: _____

11. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____

12. ¿Cuántos cuartos tiene su vivienda? ___ 1 ___ 2 ___ 3
___ MÁS
13. Niveles de construcción de la vivienda: ___ 1 ___ 2 ___
MÁS

14. Servicios con que cuenta la vivienda: ___A ___D
 ___E ___G

15. En qué actividades utiliza la energía eléctrica Casa Agricultura
 Otros.

16. ¿Considera que la tarifa que paga por el servicio de electricidad es
 alto? ___SÍ ___NO

Por qué _____

17. ¿Durante qué temporada aumenta el costo del servicio?

_____ Primavera-Verano/ Costo aprox. \$ _____

Otoño-Invierno/ Costo aprox. \$ _____

¿Por qué? _____

18. Su vivienda cuenta con

___ Refrigerador

___ TV

___ Lavadora

___ Computadora ___ Con internet ___ Sin internet

Referencias bibliográficas

- Ab Saber, A. 2006. *Escritos ecológicos*. Coleção Idéias a Mao. São Paulo: Lazuli Editora.
- Acosta, G. y G. Kirat. 2013. “Análisis técnico económico de escenarios de energías renovables para generación de electricidad en México, 2035”. Tesis de doctorado en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Adame, G. 1990. “Consideraciones sobre el uso de las fuentes de energía no convencionales su desarrollo e importancia, a nivel mundial y su relación con la República Mexicana”. Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Ahumada, E., M. López, J. Morgan y M. Valle. 2010. *El papel de las redes de innovación y la energía renovable en la competitividad regional*. http://revistalatinoamericanaumanizales.cinde.org.co/wpcontent/uploads/2013/03/revista_vol_11_No_1.pdf.
- Alcalá, J. 2009. “Energía eólica en México”. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ingeniería-UNAM.
- Alekseev, B. 2008. *El mundo de la Geoecología*. Unión Soviética: Editorial de la Academia de Ciencias de la URSS.
- AMDEE (Asociación Mexicana de Energía Eólica). 2012. *El potencial eólico mexicano. Oportunidades y retos en el nuevo sector eléctrico*. <http://www.amdee.org/Publicaciones/AMDEE-PwC-El-potencial-eolico-mexicano.pdf>.
- AMDEE (Asociación Mexicana de Energía Eólica). 2014. *Preguntas frecuentes*. <https://www.amdee.org/old-pages/preguntas-frecuentes>.
- Anderson, P. 2003. “Neoliberalismo: un balance provisorio”. En *La trama del neoliberalismo. Mercado, crisis y exclusión social*, compilado por P. Gentili

- y E. Sader, 11-18. Buenos Aires: Clacso. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/trama/anderson.rtp>.
- Ángeles, S. 2003. "Los efectos del TLCAN en los cambios de la organización de la industria eléctrica en México". Coloquio Internacional Energías, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México; Université PMF de Grenoble, Ciudad de México, 5-7 de noviembre. <http://www.depfe.unam.mx/p-cientifica/coloquio-erdal/11DSarahiAngelesLtt.pdf>.
- Arellanes, J. 1996. "Los sistemas y la Geografía (I) y (II)". *Entonces... ¿Qué con la Geografía?*, 2-3. Colegio de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Arriaga-Cabrera, L., V. Aguilar, J. M. Espinoza, C. Galindo, H. Herrmann, E. Santana, E. y L. Rosenzweig. 2009. "Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad". *Capital natural de México*. Vol. 2: 433-457.
- Arnold, M. y D. Rodríguez. 1990. "Crisis y cambio en la ciencia social contemporánea". *Revista Estudios Sociales* 65: 9-29. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121710>.
- AWEA (American Wind Energy Association). 2009. "Wind Power and Climate Change". [Boletín informativo]. http://awea.org/pubs/factsheets/Climate_Change.pdf.
- Ayllón, T. 1996. *Elementos de meteorología y climatología*. México: Trillas.
- IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación). 2010. *Diagnóstico actualización del programa de desarrollo urbano del centro de población de Tijuana, B. C.* Tijuana: Ayuntamiento de Tijuana.
- Azcárate, B. y A. Mingorance. 1996. "La contribución de las energías renovables en la planificación energética española". *Espacio, Tiempo y Forma*, 39-51. Serie VI, Geografía.
- BM (Banco Mundial). 2013. *Temas*. <http://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview>.
- Banke, E. y S. Smith. 1971. "Wind Stress. Over Ice and Over Water in the Beaufor Sea". *Journal of Geophysics Res.* 76 (30): 73-74.

- Bañuelos, F. 2011. "Impacto de la generación eléctrica usando fuentes de energía eólica en la Red Eléctrica Nacional". Tesis de doctorado en Energía. Facultad de Ingeniería-UNAM.
- Baraja E. y D. Herrero. 2010. "Energías renovables y paisaje en Casilla León: estudio de caso". *Nimbus* 25-26: 21-42.
- Barata, T. 2007. "Geografía Da Energia". *Finisterra* XLII (84): 127-128.
- Benedetti, A. 2000. "¿Redes de energización o redes de exclusión? Geografía de la electricidad y condiciones de reproducción social en la Puna Jujeña: Un estudio de caso". *Cuadernos de la Facultad de Humanidades y Ciencias Sociales* 13 (noviembre): 373-386.
- Blanco, J. 2009. "Redes y territorio: articulaciones y tensiones". En *La geografía ante la diversidad socio-espacial contemporánea*, compilado por S. Shmitte, 172-190. Santa Rosa: Universidad Nacional de La Pampa. <http://www.redalyc.org/pdf/3330/333027081010.pdf>.
- BNEF (Bloomberg New Energy Finance). *El futuro de la energía*. Consultado el 25 de febrero de 2014. <https://www.bloomberg.com/latam/futuro/>.
- BOE (Boletín Oficial del Estado). 2011. *Disposiciones Generales*. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. <http://www.boe.es/boe/dias/2011/12/08/pdfs/BOE-A-2011-19242.pdf>.
- Borja, M. A. 1998. *Estado del arte y tendencias de la tecnología eoloeléctrica*. México: Instituto de Investigaciones Eléctricas; Programa Universitario de Energía-UNAM.
- Borja, M. 2013. "Energía eólica". *Boletín IIE. Tendencia tecnológica* (abril-junio).
- Boyer, G. 1996. *Renewable Energy*. Florencia: Edifir.
- Brundtland, G. H. 1987. *Informe Brundtland*. Washington: OMS.
- Cadenas R. y G. Saldívar. 2007. "Educación y nuevas tecnologías Central Eoloeléctrica La Venta II". *Revista Digital Universitaria* 8 (12). <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art90/int90.htm>.
- Caldera M. E. 2000. *Potencial de la energía eoloeléctrica en México*. Greenpeace México. pp. 16-17.
- Calva, J., coord. 2007. *Política energética. Agenda para el desarrollo*. Vol. 8. México: Cámara de Diputados; UNAM; Porrúa.

- Calva, J., coord. 2012. *Análisis Estratégico para el desarrollo*, vol. 8 de *Crisis energética mundial y futuro de la energía en México*. México: Consejo Nacional de Universitarios; Juan Pablos.
- CAM (Corporación Ambiental de México, S. A. de C. V.). “Estudio y evaluación de la flora, vegetación y fauna para el Proyecto Eoloeléctrico Sempra, Baja California, México”. Informe inédito.
- Campbell, M. I., coord. 2006. “Actualización de la planificación energética de las ciudades de Mexicali y Tijuana, Baja California. Reporte Final”. Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California. <http://www.prospectosbc.gob.mx/administration/documentRepository/documents/101/Planificaci%C3%B3nEnerg%C3%A9ticadeBajaCalifornia.pdf>.
- Campos, L., coord. 2003. *El modelo británico en la industria eléctrica mexicana*. México: Facultad de Ingeniería, Instituto de Investigaciones Económicas, DGAPA-UNAM.
- Campos, L. y J. Quintanilla. 1997. *La apertura externa en el sector eléctrico mexicano*. México: Instituto de Investigaciones Económicas-UNAM.
- Carmona, R. 2006. “Organización territorial del turismo en el corredor Tijuana-Rosarito-Ensenada”. Tesis de maestría en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Carrizosa, J. 2005. “Notas alrededor de la Investigación Ambiental. Gestión y Ambiente”. *Revista de la Universidad Nacional de Colombia* 8 (2): 7-24.
- Castañeda, A. 2008. “Generación de energía eléctrica en México a partir de energías renovables: participación de las empresas privadas”. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ingeniería-UNAM.
- Castells, M. 1995. *La ciudad informacional. Tecnologías de la información, estructuración económica y el proceso urbano-regional*. Madrid: Alianza Editorial.
- Castells, X. E. 2012. *Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad*. España: Díaz de Santos.
- Castillo, E. 2011. “Problemática en torno a la construcción de parques eólicos en el Istmo de Tehuantepec”. *DELOS, Revista Desarrollo Local Sostenible* 4 (12).

- CDPIM (Comisión para el Diálogo con los Pueblos Indígenas). 2012. *La energía eólica en México*. http://www.cdpim.gob.mx/v4/08_estudios_cdpim_eolico.html.
- CDPIM (Comisión para el Diálogo con los Pueblos Indígenas). 2013. *La energía eólica en México*. http://www.cdpim.gob.mx/v4/08_estudios_cdpim_eolico.html.
- CEEBC (Comisión Estatal de Energía de Baja California). 2015. Página oficial. Consultado el 20 de noviembre. <http://energiabc.gob.mx/>.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2002. *Desarrollo del mercado eléctrico 1997-2011*. México: CFE.
- CFE (Comisión Federal de Electricidad). 2015. *Informe Anual 2015*. https://www.cfe.mx/inversionistas/Documents/informe_anual/Informe-Anual-2015-CFE-Acc.pdf.
- CICESE (Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada). 2003. *Zonas potencialmente productoras de energía eólica en Baja California*. <http://www.bajacalifornia.gob.mx/energia/estudios.html>.
- CNN Expansión. 2011. “La CFE ‘pasará luz’ a Texas por nevadas”, 2 de febrero. Consultado el 19 de enero de 2015. <http://www.cnnexpansion.com/economia/2011/02/02/cfe-texas-electricidad-nevadas-cnn>.
- Cocef (Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza). 2013. *Propuesta de certificación y financiamiento. Proyecto de energía eólica Energía Sierra Juárez 1 en Tecate, Baja California y el condado de San Diego, California*. [http://server.cocef.org/CertProj/Spa/BD%202013-35%20Energia%20Sierra%20Juarez%20Project%20Proposal%20\(Span\)_REV.pdf](http://server.cocef.org/CertProj/Spa/BD%202013-35%20Energia%20Sierra%20Juarez%20Project%20Proposal%20(Span)_REV.pdf).
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. 1988. *Informe Brundtland. Nuestro futuro común*. www.citma.gva.es/.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2009. <http://www.conabio.gob.mx/>.
- Conapo (Consejo Nacional de Población). 2013. *La situación demográfica de México*. http://www.conapo.gob.mx/en/CONAPO/La_Situacion_Demografica_de_Mexico_2013.

- Conanp. 2008. *Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible. Reporte de Avance físico-financiero y de metas*. <http://www.rlc.fao.org/psan/programa/ver/181/es>.
- CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía). 2012. *Guía práctica de trámites y permisos para proyectos de cogeneración de energía eléctrica en México*. <http://conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7665/1/cogeneracion.pdf>.
- Concha, M., C. Cerda y Z. Marian. 2012. “Enfoque sistémico para el diseño de sistemas energéticos acuícolas resilientes: discusión aplicada al caso de una empresa de cultivos. International Conferece”. *Enviroment and Resources of the South Pacific*, pp. 813-821.
- Coplade (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado). 2013. *Programa Estatal de Desarrollo Económico 2013-2017*. www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2013/planesyprogramas/Programa%20Estatal%20de%20Desarrollo%20Economico%202013-2017.pdf.
- Coplade (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado). 2015. *Programa Estatal de Desarrollo Económico 2015-2019*. www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2015/planesyprogramas/Programa%20Estatal%20de%20Desarrollo%20Economico%202015-2019.pdf.
- CPEUM. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 2011. México: Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación.
- CRE. 2014. *Informe anual 2014*. <http://www.cre.gob.mx/documento/5936.pdf>.
- CRE. 2015. *Tabla de Permisos administrados. Comisión Reguladora de Energía al 31 de diciembre de 2015*. www.cre.gob.mx.
- CRE (Comisión Reguladora de Energía). 1995-2015. *Informes anuales, 1995-2015*. México: CRE. <http://www.cre.gob.mx/>.
- De Jorge, C. y M. Fioriti. 1997. “El sistema energético”. En *Geografía económica argentina: Temas*, editado por J. Roccatagliata. Buenos Aires: El Ateneo.
- Delgadillo, J. y F. Alburquerque. 2010. *Emprendimiento de base ecológica. Un modelo de interacción económica y territorial en Áreas Naturales Protegidas de España y México*. México: Siena Editores.

- Diakonov y Romanova. 2006. “Funcionamiento y estado actual de los lands-hafts”. En *Geografía, sociedad, y medio ambiente*. Vol. II. Moscú: Editorial de la Casa de Gordiests.
- DGRM (Dirección General de Regulación Minera, Secretaría de Economía). 2015. *Expedición de Títulos de Concesión Minera*.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2008. *Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables*, publicada el 28 de noviembre. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2009. *DECRETO por el que se extingue el organismo descentralizado Luz y Fuerza del Centro*, publicado el 11 de noviembre. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. *DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, publicado el 24 de agosto. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2013. *DECRETO por el que se expide Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*, publicado el 20 de mayo. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General. México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. *DECRETO por el que se expiden la Ley de la Industria Eléctrica, la Ley de Energía Geotérmica y se adicionan y reforman diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales*, publicado el 11 de agosto. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. *DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía*, publicado el 20 de diciembre. México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, Secretaría General.
- Díaz, A. 2003. “Diagnóstico integral de la frontera norte: apartado de energía”. *Revista Economía Informa*. El Colegio de la Frontera Norte, Departamento de Estudios Económicos, Baja California. <http://www.econo>

- nia.unam.mx/publicaciones/reseconinforma/pdfs/316/08%20Alejandro%20D%EDaz.pdf.
- Díaz, M. A. R. B., O. A. J. Salgado y F. M. Sosa. 2005. *Primer documento del proyecto eololéctrico del corredor eólico del Istmo de Tehuantepec*. México: Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Dieck, F. 2012. "Perspectivas Financieras de la Modernización Eléctrica México". *Ide@s CONCYTEG* 7 (89): 1283-1302.
- Dicken, P. 1998. *Global Shift: Transforming the World Economy*. Londres: Sage.
- Domínguez, F. 2002. "La integración económica y territorial de las energías renovables y los Sistemas de Información Geográfica". Memoria presentada a la Universidad de Complutense de Madrid, para optar al cargo de doctor.
- EIA (International Energy Agency). 2002. *Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets*, 1-125. Nueva York: EIA.
- El Universal*. 2015. "Invertirán 14 mil mdd en energía eólica, 13 de enero de 2015, Sección Cartera. <http://www.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2015/impreso/invertiran-14-mil-mdd-en-energia-eolica-116228.html>.
- ENIGH. s. f. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares, 2005, 2010, 2014*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enh/2014/default.aspx>.
- Escobar, M. 2014. "Modelo de gestión de eficiencia energética basado en los potenciales de recursos energéticos renovables locales para la toma de decisiones de las autoridades municipales nicaragüense". Tesis doctoral en Geografía, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Universidad del Zulia.
- Espejo, C. 2004. "La energía eólica en España". *Investigaciones Geográficas* 35: 45-65.
- Espejo, M. y R. García. 2012. "La energía eólica en la producción de electricidad en España". *Revista de Geografía Norte Grande*, núm. 51: 115-136. Consultado el 11 de febrero de 2015. <http://www.scielo.cl/scielo>

- .php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022012000100007&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-34022012000100007.
- Esteve, M. y A. Urbina. 2008. "Energía y ecología". *Revista Electrónica Dialnet* 82: 22-29.
- Fjerbaek L., B. G. Rong, K. V. Christensen y B. Norddahl. 2010. *Systematic Approach for Synthesis of Intensified Biodiesel Production Processes*. 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. Pierucci & Buzzi Ferraris (eds.).
- Fondo Monetario Internacional. 2009. Consultado el 10 de octubre. <http://www.zonaeconomica.com/fondo-monetario-internacional>.
- Forcinito, K. 2010. "Aproximación al estudio del pensamiento económico predominante en la Argentina desde los años setenta: la recepción doméstica del pensamiento neoliberal". *En XXII Jornadas de historia económica*. Río Cuarto: Universidad de Río Cuarto. <http://www.aahe.fahce.unlp.edu.ar/jornadas-de-historia-economica/xxii-jornadas-de-historia-economica-rio-cuarto-2010/ponencias/forcinito.pdf/view>.
- Franco, M., A. Flórez, G. Montañez, A. Rodríguez y R. Torres. 1997. *Geografía y ambiente: enfoques y perspectiva*. Santafé de Bogotá: Ediciones Universidad de la Sabana.
- Fraume, R. 2007. *Diccionario Ambiental*. Eco ediciones.
- Frolova, M. 2010. "Los paisajes de la energía eólica: su percepción social y gestión en España". *Nimbus* 25-25: 93-110.
- Furlan, A. 2010. "La reinención de la geografía de la electricidad en el contexto de la transición energética contemporánea: Contribuciones a partir del caso de estudio de la costa atlántica bonaerense". *III Jornadas del Doctorado en Geografía, 29 y 30 de septiembre de 2010, La Plata. Desafíos teóricos y compromiso social en la Argentina de hoy*. Disponible en Memoria Académica: http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.1497/ev.1497.pdf.
- García, E. 1981. *Modificaciones al sistemas de clasificación climática de Köppen*. México: Instituto de Geografía-UNAM.

- García, R. 1994. "Interdisciplinariedad y sistemas complejos". En *Ciencias sociales y formación ambiental*, compilado por Enrique Leff, 85-123. Barcelona: Gedisa Editorial.
- García G. 2008. *Energías del siglo XXI. De las energías fósiles a las alternativas*. España: Mundi-Prensa.
- García, N. 2013. "Aprovechamiento de energía eólica por métodos no convencionales". Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería-UNAM.
- García, R. 2014. *Pobreza energética en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal); Naciones Unidas.
- Garduño, E. 2013. "Territorios yumanos: ocupación, significación y despojo". *GobBC Revista Estado en Movimiento*, 10-17. Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado.
- Garza, Enrique de la, coord. 1994. *Historia de la industria eléctrica en México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- GEBC-INFDM (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2005. *Enciclopedia de los municipios de México. Estado de Baja California, Tecate*. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/bajacalifornia/municipios/02003a.htm>.
- Geiger, P. 1994. *Des-territorialização e espacialização. Território: Globalização e Fragmentação*. São Paulo: Hucitec.
- George, Pierre. 1952. *Geografía de la energía*. Ediciones Omega S.A., Barcelona
- George, Pierre. 1982. *Geografía económica*. Barcelona: Ariel.
- George, Pierre. 1980. *Geografía: energía y población, 2do curso de actualización*. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- George, Pierre. 1991. *Diccionario de Geografía*. Madrid: Akal.
- Gómez, D. 2008. *Ordenamiento territorial*. España: Mundi-Prensa Libros.
- Gómez, A. y D. Gómez. 2013. *Ordenamiento territorial*. España: Mundi-Prensa Libros.
- González Ávila, M. E., L. F. Beltrán Morales, J. C. Peralta Gallegos, E. Troyo Diéguez y A. Ortega Rubio. 2006. "Evaluación de impacto ambiental del sector eléctrico en el norte de México: evolución histórica e implicaciones para la sostenibilidad". *Economía, Sociedad y Territorio* 6 (21).

- González A. 2009. "Producción de bioenergía en el norte de México: Tan lejos y tan cerca...". *Frontera Norte* 21 (41): 177-183.
- González, M., G. Muñoz y A. Ortega. 2011. *Hacia la sustentabilidad ambiental de la producción de energía en México*. Tijuana: Colegio de la Frontera Norte.
- Gottmann, J. 1973. *The Significance of Territory*. Charlottesville: The University Press of Virginia.
- Grupo de Trabajo de Energía para América del Norte; Grupo de Trabajo de la Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte. 2006. *Perfil Energético de América del Norte II*. Consultado el 15 de junio de 2012. http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/Perfil_Energético_II.pdf.
- Guadagni, A. 1985. *Energía para el crecimiento*. Buenos Aires: Ediciones El Cronista Comercial.
- Gudynas, E. 1995. "Ecología, desarrollo y neoliberalismo". *Documentos de Investigación 1*, CEBEM, La Paz.
- Gundermann, H. 2008. "Cuarta parte: Dos métodos que traspasan fronteras". En *Observar, escuchar y comprender sobre la tradición cualitativa en la investigación social*, coordinado por María Luisa Tarrés. México: Porrúa; El Colegio de México; Flacso.
- Gutiérrez, J. 2001. *Energía renovable en el siglo XXI*. México: Senado de la República.
- GWEC. 2014. *Global Wind Report. Anual Market Update 2013*. https://gwec.net/wp-content/uploads/2014/04/GWEC-Global-Wind-Report_9-April-2014.pdf.
- Haesbaert, R. 2004. "Desterritorialização, Multiterritorialidade e Regionalização". En *Brasil Século XXI, por uma nova regionalização*, organizado por Ester Limonad, Rogério Haesbaert y Ruy Moreira. San Pablo: Max Limonad.
- Harnecker, M. 1999. *Haciendo posible lo imposible. La izquierda en el umbral del siglo XXI*. México: Siglo XXI Editores.

- Harvey, D. 2004. "El 'nuevo' imperialismo: acumulación por desposesión". En *El Nuevo desafío Imperial*, editado por Pantich, Leo y Colin Leys, 99-129. Buenos Aires: Merlin Press; Clacso.
- Harvey, D. 2007a, *Breve historia del Neoliberalismo*. Madrid: Akal.
- Harvey, D. 2007b. *Espacios del capital. Hacia una geografía crítica*. Madrid: Akal.
- Hirschman, A. 1970. *La estrategia del desarrollo económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Hickman A. y R. Vargas. 2009. *La integración energética en américa del norte y la reforma energética mexicana*. Vol. 14 de *Cuadernos de América del Norte*. México: Centro de Investigaciones sobre América del Norte-UNAM.
- Huacuz, J. 2010. "La energía del viento. ¿Cómo aprovechar su valor?" *Ciencia y Desarrollo*, pp. 34-53.
- IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en la Unión Europea). 2008. *La energía eólica en México. Proyecto TECH4CD 2008-2009*. <http://tech4cdm.com/>.
- IEE. 2010. "Integración de generación eólica en sistemas de energía eléctrica". *VIII Congreso Internacional Sobre Innovación y Desarrollo Tecnológico CI-INDET-IEE*, Sección Morelos, "Innovaciones inteligentes para las sociedades modernas".
- IEE. 2013. "Taller Internacional sobre Integración de Energía Eólica". Mecanismos de Mitigación y Costos. Panel organizado por la AMDEE.
- IEnova. 2013. *Reporte Anual de Ienova*. <http://phx.corporate-ir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9NTQ4Mjk5fENoaWxkSUQ9MjQxMDEyFR5cGU9MQ==&t=1>.
- IEnova. 2014. *Resultados financieros del segundo trimestre, 2014*. <http://phx.corporate-ir.net/External.File?t=1&item=VHlwZT0yYFBhcmVudEIEPTUxNjU0MjQ4Mjk5fENoaWxkSUQ9MjQxMDEyFR5cGU9MQ==&t=1>
- IEnova. 2015. Página oficial. Consultado el 5 de septiembre de 2015. <http://www.ienova.com.mx/>.
- Iglesias, M. 2009. *Regulación laboral de Luz y Fuerza del Centro*, <http://www.bibliojuridica.org/libros/1/153/53.pdf>.
- INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia). 2009. *Red de zonas arqueológicas*. <http://www.inah.gob.mx/images/zonas/lista/pagina.html>.

- Inecol & CRES (Instituto de Ecología, A. C.; Conservation and Research for Endangered Species). 2008. *Estudio preliminar de aves y murciélagos del proyecto eólico La Rumorosa*, I. Sempra Energy.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). s. f. *Banco de Información Económica (BIE)*. Indicadores económicos de coyuntura.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. *Anuario Estadístico de Baja California, México*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. *Cartografía geoestadística urbana, 2010*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. *Marco Geoestadístico Municipal 2010*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012b. *Sistema Municipal de Bases de Datos (Simbad)*. *Censos Generales de Población y Vivienda, 1980, 1990, 2000, 2010, 2012, 2015*. <http://www.inegi.gob.mx>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012c. *Sistema Municipal de Bases de Datos (Simbad)*. *Censos Económicos, 1980, 1990, 2000, 2010*. <http://sc.inegi.org.mx/cobdem/contenido-arbol.jsp>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2013. *Marco geoestadístico municipal 2012*, escala 1:250000. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. *El sector energético en México 2014*. México: INEGI.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2014. *Anuario estadístico y Geográfico de Baja California*. Aguascalientes: INEGI.
- Instituto CUNA de C. C., A. C. 1998. *Desarrollo sustentable de las comunidades indígenas de Baja California*. Ensenada: Instituto de Culturas Nativas de Baja California.
- IPCC. 2011. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_report_es.pdf.
- IPFA (The International Project Finance Association). 2015. Página oficial. Consultado el 12 de diciembre de 2015. <http://www.ipfa.org/>.
- Jalée, P. 1968. *Le Pillage du Tiers Monde*. París: François Maspero.
- Jardón, U. 1995. *Energía y medio ambiente: una perspectiva económica-social*. México: Plaza y Valdez.

- Jiménez H. 2000. *Desarrollo sostenible. Transición hacia la coevolución global*, 27-63. Madrid: Pirámide, Colección Empresa y Gestión.
- Juárez, S. y G. León. 2014. “Energía eólica en el istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social”. *Revista Problemas del Desarrollo* 178 (45), julio-septiembre.
- Juillard, E. 1974. *La région: contributions a une géographie générale des espaces regionaux*. París: Ophrys.
- Lacoste, Y. (1977), *La Geografía: un arma para la guerra*, Anagrama, Barcelona.
- Leff, E. 2005. “La geopolítica de la biodiversidad y el desarrollo sustentable: economización del mundo, racionalidad ambiental y reapropiación social de la naturaleza”. En *Seminário Internacional reg-gen: Alternativas Globalização* (8 al 13 de octubre de 2005). Río de Janeiro: Unesco. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/reggen/pp12.pdf>.
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. 2012. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lspee/LSPEE_abro.pdf.
- Ley General de Cambio Climático, L. G. 2012. Diario Oficial de la Federación. <http://www.Diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>.
- Lobato, R. Corrêa. 1996. “Territorialidade e corporação: um exemplo”. En *Território: globalização e fragmentação*. Hucitec, organizado por Milton Santos et al., 251-256. São Paulo.
- Luengo, M. y M. Oven. 2009. “Estudio de potencial de exportación de energía eólica de México a los Estados Unidos”. *Producción Limpia y Energía Renovable*. USAID.
- Lugo, J. 1978. “Perfil geomorfológico transversal de la Península de Baja California (Entre los paralelos 31° y 31° 15’)”. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, xxxix (2): 91-100.
- Luna, C. y R. Santes. 2015. “Intereses económicos y ambientales en un entorno de interdependencia: Sempra Energy, en Baja California”. *Sociedad y Ambiente* año 3, 1 (7): 96-116, marzo-junio.
- Machado, M., E. Leyva y A. Lambert. 2010. “Recurso eólico en Baja California”. *Revista Digital Universitaria* 11 (2). <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num2/art24/art24.pdf>.

- Mançano, B. 2011. "Territorios, teoría y política". En *Descubriendo la espacialidad social desde América Latina. Reflexiones desde la geografía sobre el campo, la ciudad y el medio ambiente*, coordinado por Georgina Calderón y Efraín León, 21-51.
- Marticorena, B. 1993. "La geografía de la energía". En *Espacio y desarrollo*, 169-171. Lima: Centro de Investigación en Geografía Aplicada-Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Martínez, A., A. Bayod y M. Pérez. 2002. "La industria de la energía eólica. Tecnología y desarrollo regional endógeno". *Boletín Económico del ICE* núm. 2740: 19-29.
- Martínez, N., M. T. Sánchez y J. Casado. 2002. "Istmo de Tehuantepec: un espacio geoestratégico bajo la influencia de intereses nacionales y extranjeros. Éxitos y fracasos en la aplicación de políticas de desarrollo industrial (1820-2002)". *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* núm. 49: 118-135.
- Martínez, E. 2013. "Análisis técnico y económico de la energía eólica". Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería-UNAM.
- Martínez, M. 1998. Análisis geográfico de los energéticos convencionales en México: Hidrocarburos y electricidad, 1980-1996. Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Marx, K. 1980. *Contribución a la crítica de la economía política*. Biblioteca del pensamiento socialista, Serie Los clásicos; Siglo XXI.
- Mateo, J. M. 2012. *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- Make Consulting Wind. Consultado el 25 de febrero de 2014. <http://www.consultmake.com/>.
- Maya, I. 2005. "Generación de energía eléctrica a través de sistemas eoloelectrónicos en La Venta, Oaxaca. Una opción de desarrollo sustentable". Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- McNeill, D. y P. Freiburger. 1993. *Fuzzy Ogc*. Nueva York: Simon & Schuster.
- Méndez, R. 1997. *Geografía Económica. La lógica espacial del capitalismo global*. Barcelona: Ariel Geografía.

- Mérenne, B. 2007. "Géographie de l'énergie". En *Geografía y Ambiente: Enfoques y Perspectiva*. Franco, M. et. al. Santafé de Bogotá: Ediciones Universidad de la Sabana.
- México Power Group. 2014. Página oficial. Consultado el 8 de diciembre. <http://www.mexicopowergroup.com/index.php/es>.
- MIA. 2001. *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Central termoeléctrica-energía de Baja California*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2001/02BC2001E0002.pdf>.
- MIA. 2002. *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Terminal de recibo, almacenamiento y regasificación de gas natural licuado "Energía Costa Azul"*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/estudios/2002/02BC2002G0028.pdf>.
- MIA. 2009. *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. Energía Sierra Juárez, S. de R. L. de C. V. Tecate, Ensenada y Mexicali, Baja California*. <https://futurocostaensenada.files.wordpress.com/2010/09/cam-mia-cap-i.pdf>.
- MIA. 2010. *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. "Fuerza Eólica de San Matías"*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/resumenes/2010/02BC2010E0010.pdf>.
- MIA. 2011. *Manifestación de impacto ambiental, modalidad regional. "MPG Rumorosa SAPI DE C. V., Parque Eólico Rumocannon Primera Fase"*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bc/resumenes/2011/02BC2011ED030.pdf>.
- Milenio*. 2014. "Se instalan cuatro empresas que proveerán energía más barata en BC". 1 de mayo de 2014. Consultado el 15 de diciembre de 2015. http://www.milenio.com/bajacalifornia/instalan-empresas-proveeran-energia-BC_0_290971158.html.
- Monroy, M. 2014. "Construcción de la central eólica 'La Rumorosa I' y su impacto sobre el medio ambiente". Tesis de Licenciatura en Ingeniería Civil, Facultad de Estudios Superiores Aragón, UNAM.
- Montañez, G. y O. Delgado. 1998. "Espacio, territorio y región: Conceptos básicos para un proyecto nacional". *Cuadernos de Geografía, Revista del*

- Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia VII (1-2)*: 120-134.
- Monteforte, R. 1991. *La organización del sector eléctrico mexicano: contexto internacional y perspectivas de cambio*. México: Programa Universitario de Energía, Coordinación de la Investigación Científica-UNAM.
- Mumford, L. 1979. *La ciudad en la historia. Sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. Buenos Aires: Ediciones Infinito.
- Muñoz, M. G., R. H. Campbell, E. Díaz y N. M. Quintero. 2012. "Perfil energético 2010-2020 para Baja California: propuesta y análisis de indicadores energéticos para el desarrollo de prospectivas estatales". Reporte preparado para la Comisión Estatal de Energía del Gobierno de Baja California.
- NACTS (North American Center for Transborder Studies). s. f. *Desarrollo transfronterizo de energía renovable e intercambio: obstáculos y oportunidades*. Arizona State University. <http://www.borderlegislators.org/pdfs/Publications/RE%20Booklet%20for%20Translation%20SPANISH.pdf>.
- National Research Council. 2007. *Environmental Impacts of Wind-Energy Projects*. Washington, DC: The National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/11935/environmental-impacts-of-wind-energy-projects>.
- National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2014. <http://www.nrel.gov/>.
- Nebel, B., R. Wright y F. Dávila. 1999. *Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible*. Pearson Educación.
- O'Connor, M. 1993. "On the Misadventures of Capitalist Nature". *Capitalism, Nature, Socialism* 4: 7-40.
- Ortega, J. 2000. *Los horizontes de la Geografía. Teoría de la Geografía*. Barcelona: Ariel Geografía.
- Ortiz, E. C. N. y M. Q. Núñez. 2006. "Gestión ambiental transfronteriza para la generación eléctrica en la región California, Estados Unidos-Baja California, México". *Región y Sociedad* 18 (37).
- Padilla, L., A. García de León y F. Castillo. 2011. "Delimitación espacial del corredor económico Ensenada-Mexicali". *Cuadernos de Geografía: Revista*

- Colombiana de Geografía* [S.l.] 21 (1): 65-81, noviembre. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/20926/36759>.
- Pasqualetti, M., P. Gipe y Robert W. Rigther. 2002. *Wind Power in View: Energy Landscapes in a Crowded World (Sustainable World)*. Cambridge: Academic Press.
- Peral, J. 2012. "El territorio como categoría de análisis del espacio social". Tesis de licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Pérez, B. 2010. "Perspectivas de desarrollo y ordenación territorial y paisaje de la energía eólica off-shore en España". *Nimbus* núms. 25-26: 175-185. Universidad de Granada.
- Pérez, G. 1990. "Viento dominante durante el año". *Atlas Nacional de México*, sección NA IV.4.2. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Pérez, J. 2003. *Energía y desarrollo sostenible*. Real Academia de Ingeniería. <http://www.raing.es/es/publicaciones/discursos-de-ingresos/energ-y-desarrollo-sostenible>.
- Pérez, J. L. y E. Navarro. 2012. *Carreteras principales de la República Mexicana, producto generado con base en vías terrestres del INEGI*, escala 1:250000. México: Instituto Nacional de Ecología; Semarnat.
- Pérez, B., J. Requejo y C. Ballesteros. 2007. "Energías renovables y paisaje: incidencia en el paisaje de parques eólicos y plantas fotovoltaicas. Escalas de análisis". *Agua, Territorio y Paisaje. De los instrumentos programados a la planificación aplicada*, 1191-1204. FUNDICOT: V CIOT.
- PEERSE. 2013. *Programa Estatal de Energías Renovables y Sustentabilidad Energética*. Gobierno de Baja California. http://www.energiabc.gob.mx/files/public/pdf/Programa_Estatal_de_Energi%CC%81as_Renovables_y_Sustentabilidad_Energe%CC%81tica.pdf.
- PED. 2014. *Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019*. <http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/ped.jsp>.
- Pinchemel, P. 1989. "Fines y valores de la educación geográfica". En *Nuevo Método para la enseñanza de la Geografía*. Barcelona: Teide.
- Piñera, R. 2006. *Los orígenes de las poblaciones de Baja California, factores externos, nacionales y locales*. Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.

- Pizarro, M. 2004. "Geografía y energía". *Boletín de la R.S.G.* CXXXIX, 2003-2004, Madrid, pp.1-21.
- PND (Plan Nacional de Desarrollo). 2013. *Plan Nacional de Desarrollo (2013-2018)*. <http://pnd.gob.mx/>.
- Poise (Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico). 2008. *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2008-2017*. http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Lists/POISE%20documentos/Attachments/5/POISE20082018.pdf.
- Poise (Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico). 2012. *Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2012-2026*. <https://docplayer.es/7434450-Programa-de-obras-e-inversiones-del-sector-electrico-2012-2026.html>.
- Polanyi, K. 1977. *Comercio y mercado en los imperios antiguos*. Barcelona: Labor.
- Polanyi, K. 1980. *Nuestra obsoleta mentalidad de mercado*. En *Economie primitive, arcaiche e moderne*, editado por E. Giulio. Turín.
- ProMéxico. 2013. *Energías renovables*. México: Secretaria de Economía. http://mim.promexico.gob.mx/work/sites/mim/resources/LocalContent/42/2/130726_DS_Energias_Renovables_ES.pdf.
- ProMéxico. 2014. *Perfil sectorial de energías renovables*. México: Secretaria de Economía http://mim.promexico.gob.mx/JS/MIM/PerfilDelSector/EnergiasRenovables/DS_Energias_Renovables_ES.pdf.
- Puiig, J. y J. Corominas. 1990. *La ruta de la energía*. Barcelona: Anthropos.
- Quesada, S. 1978. "La Teoría de los Sistemas y Geografía Humana". *Geo Crítica, Cuadernos Críticos de Geografía Humana* año III, núm. 17, septiembre.
- Quezada, S. 2011. "Análisis de la rentabilidad económica de producir energía eléctrica en el sector residencial y comercial por medio de paneles solares y aerogeneradores en México". Tesis de Maestría en Energía, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Quintanilla, A., D. Montoya y W. Fischer. 2003. *La energía eléctrica en Baja California y el futuro de las renovables: una visión multidisciplinaria*. UABC.
- Quintanilla, A y G. Arteuille. 2011. "Potencial eléctrico de los recursos energéticos renovables en México". En *Hacia la sustentabilidad ambiental de la*

- producción de energía en México*, coordinado por M. González, G. Muñoz y A. Ortega, 75-87. Tijuana: Colegio de la Frontera Norte.
- Quintero, Margarito, C. del C. Sánchez, Rafael García, N. Santillán, Sarah Ojeda y Nicolás Velázquez. 2014. "Environmental Impact of the Energía Costa Azul LNG Terminal at Ensenada, B. C., México". En *Environmental Impact II*, editado por G. Passerini y C. A. Brebbia, 15-24. Southampton: WIET Press.
- Raffestin, C. 1980. *Pour une géographie du pouvoir*. París: Librareries Techniques.
- Ragin, C. 2007. "Capítulos II, III y IV". En *La construcción de la investigación social. Introducción a los métodos y su diversidad*, 71-176. Bogotá: Siglo del Hombre; Universidad de los Andes.
- Ramírez, S. 2004. *Redes de distribución de energía eléctrica*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Reporte Índigo. "Lo que Sempra se llevó", 13 de febrero de 2014. Consultado el 15 de diciembre de 2015. <http://www.reporteindigo.com/reportes/mexico/lo-que-sempra-se-llevo>.
- Requejo, J. 2009. "El nuevo orden energéticos y territorial". *ENOVA-La eólica quiere ser un brote verde* 3: 52-53.
- Riabschikov, A. M. 1972. *Estructura y dinámica de la esfera geográfica*. Moscú: Misl.
- Rodríguez, G. 1994. "Evolución de la industria eléctrica en México". En *El sector eléctrico de México*, coordinado por D. Reséndiz. México: CFE; Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez, V. 2007. "La reforma energética: ¿cambiar estructuras industriales o mejorar los arreglos institucionales?". En *Política Energética, Agenda para el Desarrollo*, coordinado por J. Calva, 7-29. México: Porrúa.
- Rodríguez, V. 2012. "¿Qué hacer en el sector energético?". En *Crisis energética mundial y futuro de la energía en México. Análisis Estratégico para el desarrollo*, 333-350. Vol. 8. Consejo Nacional de Universitarios.
- Saiz, A. 1988. "Operation Research and Energy Planning". En *Regional Energy Planning in the European Communities*. Actas. VV. AA. Madrid: Comisión de Comunidades Europeas; CIEMAT.

- Salazar, J. 2014. "Plantas de energía eólica: alternativa verde para la generación masiva de energía eléctrica". Tesis de maestría en Ingeniería Química. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salazar Vargas, P. 2002. *Informe para la Comisión para la Cooperación Ambiental*. México: Programa Medio Ambiente, Economía y Comercio.
- Sánchez, J. E. 1991. *Espacio, economía, sociedad*. Madrid: Siglo XXI.
- Sánchez-Salazar, M. 1990. "Energía: producción, consumo, y recursos potenciales". En *Atlas Nacional de México*, sección VI.1.1. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. 1990. "Infraestructura eléctrica". En *Atlas Nacional de México*. Sección VI.6.1. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. y J. M Casado. 2007. "Importancia del sector energético a nivel nacional". En *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.1. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. y J. M Casado. 2007. "Evolución histórica del sistema eléctrico nacional, 1901-2004". En *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.1.1. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. 2007a. "Características del sector eléctrico por entidad federativa, 2003". *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.13. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. 2007b. "Generación bruta de energía eléctrica, 2003". En *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.12. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. 2007. "Consumo de energía eléctrica por zonas, según principales actividades consumidoras, 2003". En *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.14. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T. 2007. "Otras características de la industria eléctrica". En *Atlas Nacional de México*. Sección E VI.17. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Sánchez-Salazar, M. T., J. Casado y E. Saavedra. 2004. "La inversión privada en el sector eléctrico en México: marco institucional y estructura territorial". *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, núm. 54: 67-92.

- Sánchez-Salazar, M. T. y J. M. Palacio. 2004. "La experiencia mexicana en la elaboración de los Programas Estatales de Ordenamiento Territorial. Diagnóstico, problemática y perspectivas desde el punto de vista de la participación del Instituto de Geografía de la UNAM". *Investigaciones Geográficas*, núm. 53: 75-97. Consultado el 25 de septiembre de 2015. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112004000100006&lng=es&tlng=es.
- Sánchez-Salazar, M. T. y J. M. Palacio. 2007. "La inversión española en el sector energético mexicano y su proyección territorial en el marco de las políticas económicas neoliberales". *Estudios Geográficos* 68 (26): 267-293.
- Sandoval, H. 2012. *Geografía Económica*. México: Red Tercer Milenio.
- Santamarta, J. 2004. "Las energías renovables son el futuro". En *Mapping*, 68-79. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Santillán M. 2014. "Políticas públicas que incentiven el uso de energía eólica y el desarrollo de la industria manufacturera eoloeléctrica en México". Tesis de maestría en Economía. UNAM.
- Santos, M. 1986. "Espacio y método". *Geocrítica*. Barcelona.
- Santos, M. 1990. *Por una geografía nueva*. Madrid: Espasa Calpe.
- Santos M. 1997. *Técnica, Espaço, Tempo. Globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: Hucitec.
- Santos, M. 2000. *La naturaleza del espacio*. España: Ariel.
- Sarabia, A. 1995. *La teoría general del sistemas*. Madrid: Publicación de ingeniería de sistemas; Isdef.
- Saxe, John, coord. 2009. *La energía en México. Situación y alternativas*. Colección El Mundo Actual: Situación y Alternativas. México: CEIICH-UNAM.
- Sedesol (Secretaría de Desarrollo Social). 2013. *Sistema de apoyo para la planeación del PDZP. Unidad de microrregiones. Cédulas de información municipal*. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/default.aspx?entra=pdzp>.
- Segob (Secretaría de Gobernación). 2013. *La energía eólica en México: Una perspectiva social sobre el valor de la tierra*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31621/eolico.pdf>.

- Semarnap et al. 2000. *Programa para mejorar la calidad del aire Tijuana-Rosarito 2000-2005*. http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=328.
- Semarnat. 2002. *Guía para la presentación de la manifestación ambiental del sector eléctrico. Modalidad: particular*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/121003/Guia_MIA-Particular_Energia_Electrica.pdf.
- Semarnat. 2003. *Introducción a los servicios ambientales*, 1-73. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Semarnat. 2012. *Indicadores de crecimiento verde*. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores_verdes/indicadores/02_productividad/1.2.4.html
- Semarnat. 2013. *Actualización del programa de ordenamiento ecológico del estado de Baja California*. http://www.spabc.gob.mx/views/files/tmp/POEBC_Resumen-Ejecutivo-y-Modelo-270913.pdf.
- Sempre Energy. 2015. Página oficial. Consultado el 5 de octubre de 2015. <http://www.sempra.com/>.
- Senado de la República. *Programa de Energía Renovable en México*. http://www.senado.gob.mx/internacionales/assets/docs/relaciones_parlamentarias/america/foros/parlaj_atino/energia?.pdí.
- Sener (Secretaría de Energía). s. f. *Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE)*. <http://inere.energia.gob.mx/publica/version3.2/>.
- Sener (Secretaría de Energía). 1999. *Breve cronología del sector eléctrico de energía*. <http://www.energia.gob.mx/frame7.html>.
- Sener (Secretaría de Energía). 2006a. *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*. México: Sener.
- Sener (Secretaría de Energía). 2006b. *Balance Nacional de Energía*. México: Sener.
- Sener (Secretaría de Energía). 2006c. *Prospectiva del mercado del gas natural 2005-2014*. México: Sener.
- Sener (Secretaría de Energía). 2007. *Programa Sectorial de Energía*. http://www.sener.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub.

- Sener (Secretaría de Energía). 2008. *Prospectiva del Sector Eléctrico 2008-2017*. México: Sener. http://www.amdee.org/_literature.../Prospectiva_del_Sector_El%C3%A9ctrico_2008_-_2017.
- Sener (Secretaría de Energía). 2009. “Energías renovables para el Desarrollo Sustentable en México”. http://www.energia.gob.mx/webSener/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010a. *Prospectiva del sector eléctrico 2010-2015*. México: Sener.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010b. *Sistema de Información Energética (SIE). Estadísticas Energéticas Nacionales, 2000, 2005, 2010*. <http://sie.energia.gob.mx/>.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010a. *Programa especial para el aprovechamiento de energías renovables*. México.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010b. *Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025*. México.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010c. *Prospectiva del mercado de gas natural 2010-2025*. México.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010d. *Prospectiva de petrolíferos 2010-2025*.
- Sener (Secretaría de Energía). 2010d. *Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables*.
- Sener (Secretaría de Energía). 2012. *Prospectiva del sector eléctrico 2013-2027*. México: Sener.
- Sener (Secretaría de Energía). 2014. *Balance nacional de energía*.
- Sener (Secretaría de Energía). IIE. 2010. *Explorador en línea de recursos renovables*. <http://sag01.iie.org.mx/eolicosolar/Default.aspx#>.
- Sepúlveda, S. y E. Richards. 1996. *Desarrollo sostenible, agricultura, recursos naturales y desarrollo rural*. Tomo 5, Serie Desarrollo Sostenible Microrregional. San José, Costa Rica.
- Serrano, A. 1991. “La variable ambiental en los planes de ordenamiento del territorio”. *Revista Situación*, núm. 2: 123-126.
- Sexenio. “Baja California invierte en energía eólica”, 10 de septiembre de 2014. Consultado el 18 de diciembre de 2015. <http://www.sexenio.com.mx/bajacalifornia/articulo.php?id=2460>.

- Silveira, M. 1996. "Modernización territorial argentina. Rigidez y flexibilización del medio técnico-científico-informacional". *EURE* XXII (66). Madrid.
- Sistema de Información Energética. 2014. <http://sie.energia.gob.mx/>.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 1971-2010. *Normales Climatológicas por Estación*. México: Servicio Meteorológico Nacional; Conagua. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75.
- Smith, N. 2006. *La producción de la naturaleza. La producción del espacio*. México: Facultad de Filosofía y Letras-UNAM.
- Soja, E. 2008. *Postmetrópolis. Estudios críticos sobre las ciudades y las regiones*. Traficantes de sueños.
- Sposito, E. 2004. *Contribuição do espaço e redefinições regionais: A construção de uma temática*. Brasil: UNESP; Presidente Prudente.
- Studer, I. 2014. *Energías renovables para la competitividad en México*. http://www.igs.org.mx/sites/default/files/ENERGIASRENOVABLES_22MAYO_WEB.pdf.
- Suarez, P. 2010. "Impacto de la generación eólica y solar en el sistema eléctrico de Baja California Norte". Tesis de maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Instituto Politécnico Nacional.
- Suprema Corte de Justicia de la Nación. 2014. *Boletín Legislativo. Órgano de información legislativa de la Suprema Corte de Justicia de la Nación Año IX*, núm. 14, 4 de agosto. https://www.scjn.gob.mx/normativa/Lists/Boletín_Legislativo_2014/Attachments/12/Boletín%20Legislativo%20A9N14.pdf.
- Toro, F. 2007. "El desarrollo sostenible: Un concepto de interés para la Geografía". *Cuadernos Geográficos*, núm. 40: 149-181.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional). 2009. *Estudio de potencial de exportación de energía eólica de México a los Estados Unidos*. USAID, 1-35.
- Vargas, F. 1997. *Parques Nacionales de México*. México: Instituto Nacional de Ecología; Semarnap.

- Vargas, R. y M. Govea. 2010. "Las corporaciones transnacionales: contradicciones y riesgos para el sistema eléctrico". *Sector Eléctrico Mexicano*.
- Vaughan, S., Z. Patterson, P. Miller, G. Block, N. Kete, M. Margolick y A. P. Raphals. 2002. *Retos y oportunidades ambientales en el dinámico mercado de electricidad de América del Norte*. Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. <http://www.cec.org>.
- Vázquez, C. 2012. "La evaluación ambiental estratégica en la gestión ambiental para la energía eólica del estado de Baja California". Tesis de maestría. Colegio de la Frontera Norte; Cicese.
- Vidal, F. 2014. "Respuestas a los impactos derivados de la generación de energía eléctrica: el caso de los aerogeneradores marinos". Tesis de maestría en Análisis, Planificación y Gestión de Áreas Litorales. Universitat de les Illes Balear.
- Vidal, R. y L. G. Matías. 1990. "Vientos". En *Atlas Nacional de México*, sección NA IV.12. México: Instituto de Geografía-UNAM.
- Viqueira, J. 1997. "Las tendencias mundiales a la desintegración de los sistemas eléctricos". En *La apertura externa en el sector eléctrico mexicano. Primer seminario sobre situación y perspectivas del sector eléctrico en México*. Tomo 1. Coordinado por L. Campos, editado por J. Quintanilla, 25-55. México: Instituto de Investigaciones Económicas, Coordinación de Humanidades, PUEN, Coordinación de Vinculación-UNAM.
- Viqueira, J. 2003. "¿Reorganización o desorganización de la industria eléctrica mexicana?". Coloquio Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina. <http://www.depfe.unam.mx/p-cientifica/coloquio-erdal/13DJacintoViqueiraLtt.pdf>.
- Williams, R. 2000. *Marxismo y literatura*. Barcelona: Península.
- Wind Power. 2003. http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm.
- World Energy Outlook. 2000. <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weoweb/2008-1994/weo2000.pdf>.
- World Wind Energy Report, 2001-2013. <http://www.gwec.net/publications/global-wind-report-2/>.

- Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2012. *Wind Energy Potential in Mexico's Northern Border States*. http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Border_Wind_Energy_Wood.pdf.
- Xercavins, J., Diana Cayuela, Gemma Cervantes y Assumpta Sabater. 2005. *Desarrollo sostenible*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Xolocostli M., J. V. et al. (2007), "Percepción de la energía nuclear en México", *Simposio LAS/ANS 2007*. Disponible en: <http://las-ans.org.br/papers%202007/pdfs/paper074.pdf>.
- Zaldúa, N. 2012. *Principales impactos del desarrollo eólico sobre la avifauna: Síntesis de la revisión de bibliografía internacional de referencia*. Uruguay: Programa de Energía Eólica en Uruguay (PEEU URU/07/G31); PNUD.
- Zapata, J. 2015. "Producción y reproducción del espacio: proyectos hidroeléctricos y apropiación privada de la naturaleza, en el Norte de Antioquia, Colombia". *III Simposio Internacional de historia de la electrificación*. Ciudad de México, Palacio de Minería, 17 a 20 de marzo de 2015. <http://www.ub.edu/geocrit/iii-mexico/zapata.pdf>.
- Zamora, M., E. Leyva y A. Lambert. 2010. "Recurso eólico en Baja California". *Revista Digital Universitaria* 11 (2), 1 de febrero. <<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num2/art24/art24.pdf>>.
- Zarco, F. 2013. "Industria eléctrica, soberanía y desarrollo". Documento leído en el Encuentro nacional: Respuesta y resistencia mesoamericana a la globalización liberal. Sn Juan Guichivoi, 16-18 mayo.
- ZetaTijuana*. "El Hotel del Migrante", 14 de mayo de 2012. Consultado el 16 de diciembre de 2015. <http://www.zetatijuana.com/2012/05/14/el-hotel-del-migrante/>.
- ZetaTijuana*. "El negociazo de la energía eólica. Funcionarios municipales y estatales cuestionan proyecto en La Rumorosa", 12 de abril de 2013. Consultado el 9 de septiembre de 2015. <http://zetatijuana.com/noticias/reportajes/11350/el-negociazo-de-la-energia-eolica>.
- ZetaTijuana*. "Convenios tramposos", 30 de agosto de 2013. Consultado el 15 de agosto de 2015. <http://zetatijuana.com/2013/08/30/convenios-tramposos/>.

- ZetaTijuana*. “Invaden con turbinas La Rumorosa”, 18 de febrero de 2015. Consultado el 9 de septiembre de 2015. <http://zetatijuana.com/noticias/reportajes/18466/invaden-con-turbinas-la-rumorosa>.
- 4vientos*. 2015. “Slim y empresas eólicas se quedan con tierras de los yumanos de BC”, 20 agosto de 2015. Consultado el 9 de septiembre de 2015. <http://www.4vientos.net/?p=38887>.



Esta obra analiza las relaciones socioeconómicas e improntas espaciales producto de la presencia de la industria de generación de energía eólica en el espacio geográfico que alberga al corredor económico Ensenada- Mexicali (CEEM) y Sierra Juárez.



Se aborda un estudio de caso del Parque Eólico Energía Sierra Juárez, por ser el primer parque transfronterizo entre México y Estados Unidos que presenta una interacción espacial importante, así como características que demandan analizarse de manera particular. La necesidad de profundizar en el conocimiento de la dinámica del sistema territorial y el impacto socioeconómico de la industria de energía eólica en esta región se debe a que, como efecto de la economía global y la

apertura económica que se ha suscitado, las ciudades fronterizas del norte del país, y en particular las de Baja California, han experimentado un crecimiento económico muy notable en los últimos decenios debido a la dinámica industrial.

Los resultados de esta investigación permiten aportar información desde una perspectiva que logra develar las dinámicas e improntas territoriales producto de la presencia de la industria de energía eólica en el espacio geográfico del CEEM, a partir de la caracterización de su potencial para la generación eléctrica por medio del viento y de la evolución de la tecnología, que han permitido el aprovechamiento de dicho recurso con base en el binomio “potencial del recurso natural/empresa e industria” en su articulación con el sistema territorial.

