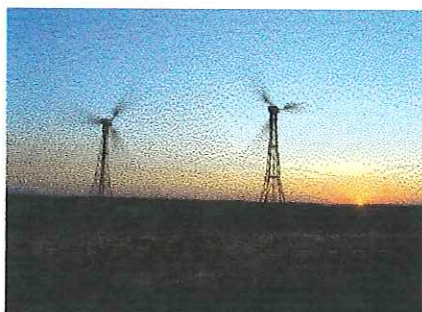


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS**

SISTEMA DE EVALUACIÓN TECNOLÓGICO DE LAS FUENTES  
ALTERNATIVAS DE ENERGÍA (EÓLICA Y SOLAR)  
PARA LAS COMUNIDADES RURALES DE LA ZONA COSTERA  
PACÍFICO DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

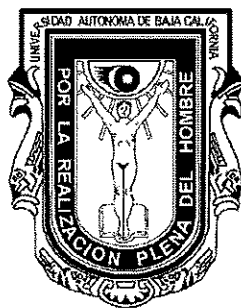


**TESIS**  
que presenta

**ANA LUZ QUINTANILLA MONTOYA**

para obtener el grado de  
Doctor en Ciencias  
en  
Oceanografía Costera

Ensenada, Baja California, el 29 de octubre de 1999



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

SISTEMA DE EVALUACIÓN TECNOLÓGICO DE LAS FUENTES  
ALTERNATIVAS DE ENERGÍA (EÓLICA Y SOLAR)  
PARA LAS COMUNIDADES RURALES DE LA ZONA COSTERA  
PACÍFICO DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

TESIS  
que presenta  
**ANA LUZ QUINTANILLA MONTOYA**  
para obtener el grado de  
Doctor en Ciencias  
en  
Oceanografía Costera

Aprobada por:

Dr. David W. Fischer  
Presidente del Jurado

Dra. Martha Ileana Espejel Carbajal  
Sinodal Propietario

Dra. Kathleen West  
Sinodal Propietario

Dr. Margarito Quintero Núñez  
Sinodal Propietario

Dr. Affonso da Silveira Mascarenhas Jr.  
Sinodal Propietario

**RESUMEN de la tesis de ANA LUZ QUINTANILLA MONTOYA  
que presenta para la obtención del grado de DOCTOR EN CIENCIAS  
en OCEANOGRAFÍA COSTERA**

---

**Sistema de evaluación tecnológico de las fuentes alternativas  
de energía (eólica y solar) para las comunidades rurales  
de la zona costera pacífico de Baja California, México.**

La generación y explotación de energía eléctrica están íntimamente ligados al crecimiento y desarrollo de un país. La política energética que prevalece en el mundo está basada principalmente en el uso de combustibles fósiles (90%), los cuales han impactado al medio ambiente de manera considerable y no podrán cumplir con los compromisos de un desarrollo sustentable. Es necesario modificar el paradigma de uso y generación de la energía, mediante la modificación de las políticas energéticas nacionales, las cuales deberán internalizar en el proceso de toma de decisiones, las condiciones, recursos energéticos y humanos, que identifican y caracterizan a la Baja California. Asimismo, deberá considerarse en dichas políticas, la inclusión de fuentes alternativas de energía (geotermal, solar, eólica, oceánica) con el fin de disminuir los costos económicos y ambientales que han sido provocados por la actual política energética..

El presente estudio desarrolló un Sistema de Evaluación Tecnológico (SET) de las fuentes alternativas (solar y eólica), para su posible uso en cinco comunidades rurales de la costa Pacífico de Baja California. El estudio utilizó metodologías cualitativas y cuantitativas que incluyen: a) el análisis de las comunidades, b) el análisis de la actual política energética en México, c) el análisis de las tecnologías que pueden ser *ad hoc* en su uso para dichas comunidades y d) la evaluación del potencial y uso de los recursos solares y eólicos..

Las comunidades bajo estudio poseen los recursos (solares y eólicos) suficientes para abastecer las actuales demandas de las mismas, con base en el consumo promedio mensual (100 kW/mes) que presentan las mismas, y en los usos finales que están dando a la electricidad. Los valores de radiación solar promedio mensuales mínimos ( $\sim 130 \text{ w/m}^2$ ) se presentan durante la temporada de invierno y fines de otoño, y los valores máximos ( $\sim 300 \text{ w/m}^2$ ) durante el resto del año. Los meses en que ésta mostró ser baja, se presenta la oportunidad de utilizar el recurso eólico, cuyas velocidades oscilan entre 4 y 7 m/s. Se propone como tecnología, el uso de sistemas híbridos que combinen el uso de recursos para el abastecimiento ininterrumpido en las comunidades.

El estudio plantea la necesidad de implementar programas de educación ambiental en el estado, en cuanto a los recursos energéticos, con el fin de eficientizar el uso de los mismos, y brindar información sobre los costos de inversión e instalación, tipo de tecnologías en uso (para las convencionales y alternativas), los beneficios e impactos en el ambiente, etc., que permitan modificar los actuales hábitos y/o costumbres por parte de los habitantes, con el objetivo de optimizar el uso de los mismos.

**Palabras clave:** *energía solar, energía eólica, electrificación rural, sistema de evaluación tecnológico, Baja California.*

Aprobado por:



**Dr. David W. Fischer**  
Director de Tesis



AL SOL Y EL VIENTO, juntos son capaces de hacer maravillas...

A LOS HABITANTES DE LAS COMUNIDADES RURALES,  
por demostrar su amor a la tierra y al desierto ...

Yo creo que una hierba no es menos que el trabajo  
realizado por las estrellas,  
Y que la hormiga es igualmente perfecta, y un grano de arena,  
y el huevo del reyezuelo,  
Y que la rana arborea es una obra maestra digna de los escogidos,  
Y que la zarzamora podría adornar los salones del cielo,  
Y que la articulación más insignificante de mi mano  
avergüenza a todas las máquinas,  
Y que una vaca paciende con la cabeza baja  
supera a todas las estatuas,  
Y que un ratoncillo es un milagro suficiente para hacer vacilar  
a millones de incrédulos.

( WALT WHITMAN)

---



---

## A MI COMPAÑERO Y AMIGO

ROGELIO

Gracias por tu amor,  
por tu comprensión durante 16 años de vida compartida  
y por enseñarme que la vida puede ser vista no sólo de una manera  
sino de muchas...

## A MIS GRANDES AMORES

EMILIANO, mi sol  
LUCÍA, mi luna  
CECILIA, mi estrella

Gracias por enseñarme que existe el amor incondicional,  
por sus sonrisas,  
por su amor y ternura,  
por enseñarme nuevas formas de vivir,  
ustedes son las tres grandes maravillas que la vida me brindó!

A FERNANDO, mi cometín...  
y a tí NATALIA, la más pequeña de nuestra familia, bienvenida!

---

---

## DEDICATORIA

A mis padres: Luz y Antonio<sup>†</sup>, mil gracias por su enseñanza, confianza, amor....

A mis hermanos: Abraham y Luis por su amor incondicional y todo lo que me brindan ...

A la memoria de Moy, Miguel y Fer

A la Familia Zizumbo Villarreal, en especial a mi suegros Daniel y Graciela.

A la Familia Urtiaga, por integrarse a mi vida con tanto cariño

A Delia, por formar parte mi vida como estudiante primero, como amiga y cuñada después,  
y por haberme hecho tía...

A Verónica y sus dos grandes amores: Pablo y Francisco, Mil gracias por 27 años de amistad

A mis amigas y amigos, que por fortuna son muchos.

A mi compadre Manuel, por ser el "panino" perfecto, por su amistad y amor a nuestra familia.

A chabelita por haber decidido ser parte de nuestra familia, gracias.

A mis alumnos por motivarme a ser mejor docente.

---

---

## AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis DAVID FISCHER por demostrarme una vez más, que la sencillez es una característica de las grandes mentes. Gracias por permitirme compartir su experiencia, su amistad y su alegría. Gracias también a SOLVEIG por su calidez, simpatía y amor.

A los miembros de mi Comité de Tesis: Kathleen, Ileana, Margarito y Affonso. Gracias por su ayuda en la realización del presente estudio, su experiencia es parte esencial del mismo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haber financiado el proyecto SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LAS FUENTES ALTERNATIVAS DE BAJA CALIFORNIA, bajo el convenio 4343P. Asimismo, por la beca que se me brindo para poder llevar a cabo mis estudios de doctorado.

A la Secretaría de Educación Pública por brindarme la oportunidad de participar en su Programa de Mejoramiento al Profesorado.

A la Universidad Autónoma de Baja California por brindarme la oportunidad de ser parte de ésta, y continuar superándome cada día más.

Al personal del Instituto de Investigaciones Oceanológicas y de la Facultad de Ciencias Marinas, por su amistad, confianza y apoyo. En especial al Dr Efraín Abraham Gutiérrez Galindo, quién me demostrado su confianza en todo momento.

A mi grupo de trabajo: Hortencia, Jenny, Chris, Miriam, Miguel y Raúl pues me han demostrado que sí existe el trabajo en equipo. Trabajar con ustedes ha sido una experiencia muy satisfactoria. Gracias también por su ayuda en la realización de este trabajo.

A Chema por su gran apoyo en la realización de este trabajo, y obviamente me viene a la mente Marce por ser ya parte de tí, gracias a ambos.

A mis profesores y amigos del posgrado, gracias.

A Juan, Mike, Katia y Roy por ayudarme a llevar a cabo las encuestas en las comunidades.

A Nora y Pati por su ayuda y amor en el cuidado de mis niños y mi casa, MIL GRACIAS!

---

|                     |                                                                                                     |           |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO I</b>   | <b>INTRODUCCIÓN.....</b>                                                                            | <b>1</b>  |
| I.1                 | Planteamiento del problema.....                                                                     | 6         |
| I.2                 | Antecedentes.....                                                                                   | 9         |
| I.2.1.              | El sector eléctrico en el panorama nacional.....                                                    | 9         |
| I.2.2.              | El sector eléctrico en Baja California.....                                                         | 18        |
| I.3                 | Objetivos .....                                                                                     | 31        |
| I.3.1               | General.....                                                                                        | 31        |
| I.3.2               | Específicos.....                                                                                    | 32        |
| I.4                 | Hipótesis .....                                                                                     | 33        |
| I.5                 | Descripción del área de estudio.....                                                                | 33        |
| <br>                |                                                                                                     |           |
| <b>CAPÍTULO II</b>  | <b>METODOLOGÍA.....</b>                                                                             | <b>37</b> |
| II.1                | Fase analítica.....                                                                                 | 39        |
| II.1.1              | Entrevistas con los informantes clave.....                                                          | 45        |
| II.1.2              | Encuestas con los habitantes de las comunidades rurales.....                                        | 49        |
| II.1.3              | Procesamiento de la información .....                                                               | 49        |
| II.2                | Fase de modelación y evaluación de los recursos.....                                                | 51        |
| II.2.1              | Evaluación del recurso solar.....                                                                   | 51        |
| II.2.2              | Evaluación del recurso eólico.....                                                                  | 52        |
| <br>                |                                                                                                     |           |
| <b>CAPÍTULO III</b> | <b>RESULTADOS.....</b>                                                                              | <b>57</b> |
| III.1.              | Fase analítica.....                                                                                 | 57        |
| III.1.1.            | Análisis de la política energética actual .....                                                     | 57        |
| III.1.1.1.          | Descripción del STD por los actores involucrados.....                                               | 61        |
| III.1.1.2.          | El involucramiento de los actores en el apoyo u oposición al uso de las fuentes solar y eólica..... | 69        |
| III.1.2.            | Análisis de las comunidades rurales.....                                                            | 70        |
| III.1.2.1.          | Los habitantes de las comunidades y las actividades que se llevan a cabo en las mismas.....         | 70        |
| III.1.2.2.          | Usos finales y consumo de la electricidad en las comunidades.....                                   | 73        |



## CONTENIDO

---

|                                        |                                                                                          |            |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| III.1.3.                               | Análisis de las tecnologías.....                                                         | 76         |
| III.1.3.1.                             | Las fuentes alternativas renovables y su posible<br>uso en las comunidades rurales ..... | 76         |
| III.1.3.2.                             | El almacenaje de la energía en las comunidades.....                                      | 82         |
| III.1.3.3.                             | El impacto al medio ambiente.....                                                        | 84         |
| III.1.4.                               | El apoyo y/o oposición al uso de fuentes de energía<br>en Baja California .....          | 87         |
| III. 2.                                | Fase de evaluación de los recursos.....                                                  | 89         |
| III.2.1                                | Radiación solar y velocidad del viento.....                                              | 89         |
| <b>CAPÍTULO IV.</b>                    | <b>DISCUSIÓN.....</b>                                                                    | <b>99</b>  |
| <b>CAPÍTULO V.</b>                     | <b>CONCLUSIONES.....</b>                                                                 | <b>113</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> |                                                                                          | <b>118</b> |
| <b>APÉNDICES.....</b>                  |                                                                                          | <b>123</b> |

---

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1. Fuentes de energía explotadas en México
- Figura 2. Valor de las ventas de energía (%) eléctrica por tipo de usuario, en el panorama nacional (1993)
- Figura 3. Fuentes de energía explotadas en Baja California
- Figura 4. Generación de energía eléctrica para servicio público, por tipo de planta
- Figura 5. Localización de las áreas de estudio
- Figura 6. Fases metodológicas del Sistema de Evaluación Tecnológico (SET)
- Figura 7. Modelo interactivo de los componentes del análisis de datos
- Figura 8. Organización funcional ideal para un SET completo de energía
- Figura 9. Organización funcional de un SET de energía en México
- Figura 10. Los actores y sus inter-relaciones en un SET completo "ideal"
- Figura 11. Los actores y sus inter-relaciones en un SET completo en México
- Figura 12. Descripción del Sistema de Toma de Decisiones (STD)
- Figura 13. Criterios utilizados para la instalación de una planta de energía
- Figura 14. Descripción del STD completo con base en los criterios económicos que intervienen en el establecimiento de una planta de energía.
- Figura 15. Grado de involucramiento e interés de los actores en la implementación y uso de fuentes alternativas de energía
- Figura 16. Número de habitantes por comunidad bajo estudio
- Figura 17. Principales actividades en las comunidades
- Figura 18. Consumo de electricidad promedio por grupo de encuestados
- Figura 19. Consumo promedio de electricidad en las comunidades
-

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 20. Costos de generación por tipo de tecnología
- Figura 21. Costos de generación de la energía eoloelectrica
- Figura 22. Costos de inversión en tecnologías eólicas
- Figura 23. Las fuentes de energía, sus costos de generación y su impacto en el medio
- Figura 24. Matriz de apoyo y/o oposición al uso de fuentes de energía en Baja California
- Figura 25. Promedios mensuales de la radiación solar en las comunidades
- Figura 26. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Santa Rosalita
- Figura 27. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Punta Prieta
- Figura 28. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Nuevo Rosarito
- Figura 29. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Jesús María
- Figura 30. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Cataviña
-

## LISTA DE TABLAS

---

|            |                                                                                                   |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tabla I.   | Producto Interno Bruto Nacional y la participación del subsector energéticos                      |
| Tabla II.  | Capacidad instalada y en operación del sector eléctrico del estado de Baja California (Megawatts) |
| Tabla III. | Consumo de energía eléctrica por sectores en Baja California (Megawatts/hora)                     |
| Tabla IV.  | Ubicación geográfica y número de habitantes de las comunidades bajo estudio                       |
| Tabla V.   | Opciones tecnológicas viables para su posible uso en las comunidades rurales de Baja California   |
| Tabla VI.  | Radiación solar promedio mensual para las comunidades rurales                                     |

---



## **SISTEMA DE EVALUACIÓN TECNOLÓGICO DE LAS FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA (EÓLICA Y SOLAR) PARA LAS COMUNIDADES RURALES DE LA ZONA COSTERA PACÍFICO DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

### **I. INTRODUCCIÓN**

El desarrollo sustentable y la protección del medio ambiente son dos de los problemas más importantes que tendrán que ser resueltos en las próximas décadas. Ambos están íntimamente relacionados con la generación de energía, la cual se considera como catalizador del crecimiento económico de un país y es además, una de las grandes causas de degradación del ambiente global (Colombo en Hollander, 1992).

La energía ocupa un lugar muy importante en el desarrollo de los pueblos y el consumo de energía *per capita* varía en la actualidad en función del nivel de desarrollo de los diferentes países del mundo y de su calidad de vida.

La población en el mundo se ha incrementado de 1500 millones de habitantes en 1900 a aproximadamente 5300 millones en la actualidad. Más de las tres cuartas partes de esta población habitan países en subdesarrollo, pero éstos consumen únicamente el 25% del total de energía que se produce en el mundo. El consumo de energía *per capita* en los países subdesarrollados es 10 veces menor que en los países industrializados (Barde y Pearce, 1991).

---

Desde el punto de vista del consumo de energía, México presenta un bajo consumo *per capita* y un elevado uso por unidad de producto, esto quiere decir que el país emplea demasiada energía para producir poco y la población (que está siendo abastecida) cuenta con la energía para cubrir sus necesidades básicas. En México, el consumo energético *per capita* es de alrededor de 45 mil kilocalorías diarias, esto representa el 56% del que consumía Inglaterra en el siglo pasado (INE, 1994).

El 90% de la energía que se consume en el mundo proviene de la quema de hidrocarburos; el 10% restante incluye la energía hidráulica, nuclear y de biomasa (*Danish Ministry of Energy, 1990*). El incremento continuo en el uso de combustibles fósiles para generar energía incrementará los niveles de contaminación, que han impactado al medio ambiente. Dicha contaminación ha afectado al aire, al agua y a la tierra en la microescala y en la macroescala (e.g. el cambio global).

Es de esperarse que los hidrocarburos continúen siendo la fuente principal de energía en México durante varias décadas, lo que implicará que muchos patrones de afectación ambiental no sean modificados, por ello, el reto será encontrar soluciones de transición de mediano plazo hacia el uso de otras fuentes de energía que sean ambientalmente más atractivas

---



El otorgar mayor énfasis a los aspectos ambientales requerirá de un proceso dirigido a internalizar los costos ambientales e introducirlos en los parámetros de decisión de los organismos gubernamentales e industriales; estos parámetros no son únicamente económicos. Una alternativa sería el poder llevar a cabo proyectos básicos que generen un sistema de decisión global, el cual integre tanto aspectos de medio ambiente como de otra índole (sociales, culturales, políticos, etc).

El interés que se ha puesto a las cuestiones de medio ambiente será uno de los puntos más importantes que dominarán el próximo siglo y las cuestiones sobre desarrollo sustentable deberán ser el reto más grande que enfrenten todas las naciones del mundo. El desarrollo se entiende como la modalidad de desarrollo capaz de utilizar los recursos naturales para satisfacer las necesidades esenciales de la población, para de esta manera elevar la calidad de vida tanto de la actual generación como la de las futuras (*World Commission on Environment and Development, 1987 in Dower et al., 1997*).

En México no existe una política energética que relacione las necesidades que tendrán las generaciones futuras en relación al concepto de sustentabilidad, y por tanto, existe la necesidad de llevar a cabo estudios que tomen en cuenta esta carencia.

---

El *Plan Nacional de Desarrollo* (1995-2000), así como el del sexenio anterior no proponen ningún sistema de evaluación que ponga especial énfasis en la explotación y producción de energía, con excepción de las convencionales que se utilizan en el presente. El actual PND sólo menciona de manera general que es imperativo impulsar una política de población basada en prioridades reordenadoras de los poblamientos e inspirada en principios conservacionistas y de desarrollo sustentable (*sic*). Respecto a las regiones costeras del Pacífico —sin particularizar en Baja California— se menciona que es necesario consolidar su infraestructura vial y portuaria, turística e industrial, en especial la dedicada a la explotación y comercialización de hidrocarburos y a productos de la pesca, que cuentan con la ventaja de estar en una situación geográfica estratégica respecto al comercio exterior. De manera muy general también, el PND menciona en las líneas de estrategia, el promover el uso eficiente de los recursos para el crecimiento, y el desplegar una política ambiental que haga sustentable el crecimiento económico.

Asimismo, el *Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000* menciona que para el año 2000, el consumo de energía estará basado en su mayor parte en la quema de combustibles fósiles, de ahí que la evolución de los mercados petroleros seguirá siendo crítica para el desarrollo y uso de otras fuentes de energía y, por ende, para la manera en que la economía se organice y desempeñe.

---

---

En cuanto al *Plan Estatal de Desarrollo* (1996-2001) del Gobierno de Baja California, plantea en sus líneas de acción el establecer convenios con universidades e instituciones de investigación y educación superior, para realizar estudios sobre generación alterna de energía, y realizar y apoyar estudios sobre generación alterna de energía solar, eólica y de biomasa. Sin embargo, en el presente, la red de abastecimiento llega hasta El Rosario, Baja California, y no se ha extendido hacia comunidades rurales pequeñas, ubicadas en el sur. Asimismo, no existen programas por parte del gobierno estatal que estén encaminando sus esfuerzos hacia tal fin: estudiar, evaluar y promover el uso de fuentes alternativas de energía en el estado. Aunque se menciona la posibilidad de uso de fuentes no convencionales a las actualmente explotadas, el actual PED propone la ampliación de las unidades 7,8 y 9, así como la construcción de la unidad 10 de la planta termoeléctrica de Rosarito y la posible explotación de energía a partir de la quema de gas. No existe hasta el presente una propuesta para la utilización de fuentes alternas de energía en el estado.

El Plan Municipal de Desarrollo (PMD) para el período 1999-2001 propone en sus líneas de acción, de manera general, en el apartado concerniente a infraestructura y equipamiento, el dotar de energía eléctrica a las zonas prioritarias de desarrollo del municipio; implementar un programa de electrificación municipal por etapas, que satisfaga a las comunidades y promover las obras de electrificación en las áreas factibles para su

---



---

desarrollo. Asimismo, en su apartado 4.2.5 referente a Áreas y Recursos Naturales (pag. 58) menciona en sus líneas de acción la promoción de la utilización de fuentes alternativas de agua y energía, y la utilización de tecnologías limpias en los procesos productivos.

### **I.1. Planteamiento del problema**

El sector eléctrico en el panorama nacional ha mostrado que tanto en el presente como en el pasado, ha existido un uso dispendioso de fuentes de energía que se han ido mermando sustancialmente, y se han dejado de aprovechar fuentes de energía alternativas de suma importancia. Desde el uso inicial de la leña, pasando por el carbón y el petróleo, se fue privilegiando una utilización y excluyendo otras alternativas presentadas. El desarrollo tecnológico ha sido construido sobre la base de una o dos fuentes (petróleo y gas) y no se ha revelado flexible para generar los cambios necesarios cuando estas fuentes han pasado las sucesivas crisis (Sejenovich, 1992). Cuando en la actualidad se ha planteado la necesidad de reducir el uso energético, la versatilidad de utilización de diversas fuentes no ha sido asumida como una política expresa.

Debido a la alta dependencia que se tiene en México del petróleo y sus derivados, las acciones dirigidas hacia la diversificación energética deben reforzarse. Históricamente, el comportamiento de las reservas de hidrocarburos en México, se mantuvo a una baja

---

---

tasa de crecimiento constante. En 1938 se disponía de una reserva de 1,276 millones de barriles (MMB), alcanzándose los 4,748 MMB en 1960. En el año 1975, las reservas aumentaron a 6,338 MMB, volumen que permitía prever el suministro sólo para 14 años (PEMEX, 1988). Como consecuencia de intensas actividades de exploración, el volumen de las reservas se incrementó en 1983 a 72,500 MMB con un horizonte de 54 años. Estas reservas permitieron que en 1985 el país exportara 598 MMB (PEMEX, 1993). Las reservas probables de hidrocarburos que se estimaron en 1993 estaban entre 150 y 300 mil millones de barriles y las probadas alcanzaron 64,516 MMB, las cuales al ritmo de consumo de 1993, permitirían un abasto para 5 décadas más, con una exportación de 543 MMB (PEMEX, 1993).

PEMEX recientemente dió a conocer en su página electrónica ([www.pemex.com](http://www.pemex.com), última versión actualizada el 17 de Junio, 1999) que la reserva probada de hidrocarburos en el presente es de 57.7 MMB, de los cuales 34.2 miles de millones corresponden a reserva probada, 12.1 miles de millones a la probable y 11.4 miles de millones a la posible.

El abastecimiento de energía eléctrica en el municipio de Ensenada es principalmente proporcionado por la central termoeléctrica "Presidente Juárez", ubicada en el municipio de Playas de Rosarito, y en casos de emergencia por la planta Turbogas Ciprés, localizada en el ejido Chapultepec.

---



La electrificación total en el municipio es de 91.3%, cubriéndose en la zona rural un 67.3% y en la urbana un 96.8%, de acuerdo a proyecciones del conteo de población en 1995 (PMD, 1999).

La zona rural del Municipio de Ensenada representa el 90% de su extensión territorial. La mayoría de ésta, está catalogada como una zona árida debido a su escasa precipitación, clima y vegetación. Las localidades de la zona rural están dispersas en todo el municipio, provocando grandes problemas sociales debido a la dificultad de brindar a los habitantes los servicios públicos necesarios. Existen en el estado varias comunidades rurales que no se encuentran conectadas a la red actual de abatecimiento de electricidad; algunas de estas comunidades tienen hasta 700 habitantes en su población.

El estado de Baja California posee los recursos necesarios (viento, sol, mareas, geotermia, oleaje ) para obtener la energía (electricidad) suficiente y de calidad para sus poblaciones si se utilizan fuentes no convencionales (*v.gr.* quema de hidrocarburos y de gas) en el mismo. Es necesario evaluar los potenciales y tecnologías de dichos recursos para implementar programas y políticas energéticas que tomen en cuenta el uso y explotación de aquéllos que posee el estado de Baja California: energía geotermal, energía eólica y energía solar --entre otras--.

---

La intención del presente estudio es desarrollar un sistema de evaluación integrado de las tecnologías y recursos de energías alternas a las tradicionalmente utilizadas. Este trabajo será una herramienta técnica para que los tomadores de decisiones a nivel estatal y federal, así como las comunidades y sus individuos, lo analicen y lo consideren para mejorar la política actual en el estado.

Siendo la energía considerada como un motor de crecimiento y desarrollo para los países, las políticas en este sentido debieran prever el elevar la calidad de vida, manteniendo, enriqueciendo y/o transformando positivamente los ecosistemas mediante tecnologías adecuadas a estos fines y con la activa participación protagónica de la población en las decisiones fundamentales de desarrollo. La relación entre energía, ambiente y desarrollo, es esencial para asegurar los objetivos de sustentabilidad.

## **I.2 ANTECEDENTES**

### **I.2.1 El sector eléctrico en el panorama nacional**

A lo largo de su historia, el hombre ha logrado explorar, sobrevivir y conquistar lugares inaccesibles biológicamente para él gracias al manejo que ha hecho de la energía y al avance de las tecnologías relacionados con ésta.

---

En México el primer energético básico fue la leña, la que aún en nuestros días sigue utilizándose de manera importante; el uso de este combustible se eficientó al conocerse la tecnología para la producción de carbón vegetal, cuyo uso permitió la generación de vapor y el arranque del desarrollo industrial. El descubrimiento de las reservas de carbón mineral y su consecuente utilización, intensificó el desarrollo industrial en el siglo pasado. Aún cuando este energético ha sido relegado a un segundo nivel en la preferencia de los consumidores, sigue representando la reserva energética convencional más importante del mundo (Instituto Nacional de Ecología, 1994).

Con la aparición del petróleo en el ámbito energético internacional, las preferencias en cuanto a su uso lo han ubicado en un primer nivel debido a su fácil manejo, potencial calorífico, y debido al avance de las tecnologías que se utilizan en su procesamiento (CFE y SEMIP, 1990).

El uso de energéticos convencionales en México se inició a mediados del siglo XIX. La primera planta de energía eléctrica se instaló en 1879 en la ciudad de León, Guanajuato, con el objetivo de facilitar las labores textiles y en 1886 se instaló la refinería "El Águila" en el puerto de Veracruz.

---



Con el florecimiento de la producción y la oferta energética, en 1894 se promulgó el primer ordenamiento en materia de electricidad y en 1901 la primera ley relativa al petróleo. Durante ese mismo año, la compañía petrolera "El Águila", de propiedad inglesa, perforó el primer pozo industrial en la región de la Huasteca, iniciando así la proliferación de actividades de extracción de petróleo en las que la incipiente tecnología contribuyó a impactar al medio ambiente por medio de derrames, escapes e incendios no controlados, entre los que destaca el ocurrido en *Dos Bocas*, en el que se calcularon fugas de aproximadamente 200,000 barriles diarios de petróleo durante dos meses, cifra que es considerada sumamente alta aún en la actualidad y relacionada a los posteriores eventos similares que han ocurrido (UNAM, 1987).

Con la promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en 1917, el artículo 27 reservó nuevamente a la nación el uso directo sobre sus recursos naturales, incluyendo el subsuelo y haciéndose alusión expresa al petróleo y a todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos. A partir de entonces, la política energética en México sufrió un cambio sustancial y buscó disminuir el poderío de las empresas transnacionales y promover la participación nacional en los beneficios del aprovechamiento de los recursos naturales. La legislación contemplaba sólo aspectos relacionado con la propia actividad productiva. En este sentido, los principales cambios

---



en las regulaciones obedecieron a la inquietud por la protección de la soberanía del país sobre sus recursos.

En 1925 se promulgaron la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo de Petróleo, y en 1926, el Código Nacional Eléctrico, además se conformaron Petróleos de México, S.A. (PETROMEX) en el año 1936, y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 1937.

Entre 1920 y 1925 se presentó por primera vez el “boom” petrolero en México pues llegó a ser el primer exportador y segundo productor a nivel mundial. La producción de petróleo crudo alcanzó un máximo de 193 millones de barriles en 1921, volumen que no fue superado en más de 50 años, ya que hasta 1974 se produjeron 210 millones de barriles. En el primer caso prácticamente toda la producción se destinó a la exportación y en el segundo aún se tuvo que importar para cubrir la demanda interna del país (INE, 1994).

Al crearse la CFE, el país contaba con una capacidad instalada de 629 MW de los cuales el 90% pertenecía a dos empresas transnacionales, las cuales se encargaron de la electrificación de las primeras poblaciones del país hasta la década de los años 50's, sin incluir en sus programas la incorporación de comunidades rurales a sus redes de distribución, lo cual aún en el presente se continúa padeciendo.

---

El 18 de marzo de 1938 se llevó a cabo la expropiación petrolera encabezada por el presidente de México, el General Lázaro Cárdenas, y se creó Petróleos Mexicanos (PEMEX). Desde entonces, la política se ha orientado a garantizar el abasto interno y el petróleo ha sido utilizado como el energético más importante del país. Un año más tarde, en 1939, se expidió la Ley de la Industria Eléctrica, misma que otorgó a la CFE prioridad en el aprovechamiento de los recursos, así como un beneficio derivado de un impuesto del 10% al consumo de energía eléctrica para fomentar la electrificación del país.

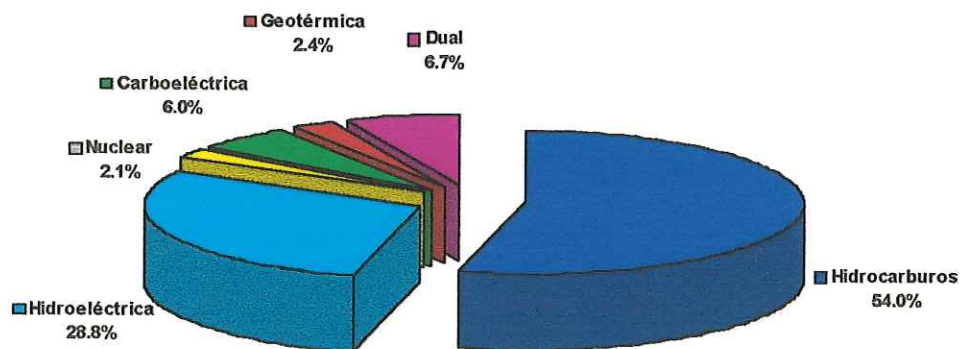
Es importante mencionar que a partir de 1973, la producción mundial de petróleo crudo se mantuvo estable entre 20,000 y 21,000 millones de barriles anuales. En 1993, México alcanzó la cifra récord en sus importaciones de crudo con poco más de 23 millones de barriles, sin haber realizado exportaciones desde 1966 (PEMEX, 1993)

En las últimas décadas, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha evolucionado a un ritmo acelerado. En 1960 la capacidad de generación instalada en México era de 3,021 MW (*Comisión Federal de Electricidad*, 1992) y la demanda se abastecía por sistemas eléctricos independientes entre sí. A partir de entonces, el SEN se ha desarrollado en el marco de un proceso de planificación, que tiene como objetivo mejorar continuamente las condiciones de suministro.

---

Algunos aspectos relevantes de la evolución del SEN son la utilización de mayores tensiones de transmisión (230 y 400KV), la interconexión de sistemas, el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos, así como el aprovechamiento de energía geotermal, nuclear, carbón y de manera incipiente eólica.

En el panorama nacional (figura 1) se muestran las fuentes de energía explotadas y su capacidad efectiva hasta el 1° de Enero de 1995.



Fuente: Secretaría de Energía (1995)

**Figura 1. Fuentes de energía explotadas en México**

Es importante mencionar que de estas fuentes de explotación, el mayor aprovechamiento de energía geotermal se encuentra en la central de Cerro Prieto, en las cercanías de Mexicali, Baja California, con 620MW de capacidad, que representan 82.3% del total de la capacidad geotermoeléctrica en operación en el país.

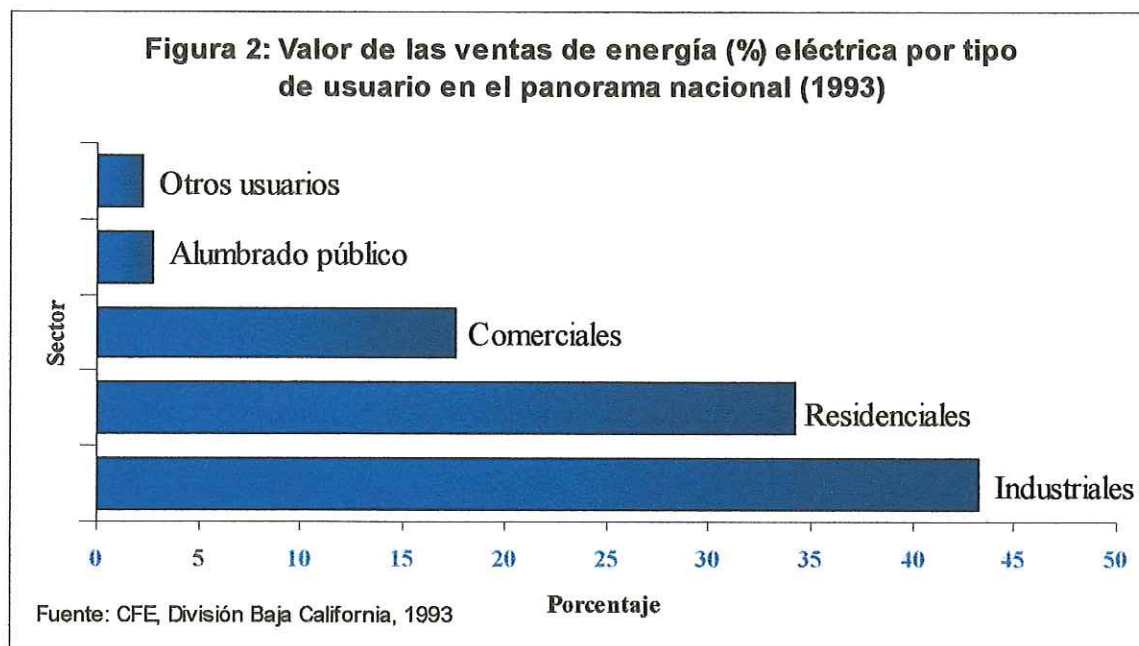
Con base en los indicadores socioeconómicos, se supone que la población en nuestro país crecerá al 1.7% anual durante la década 1995 a 2004, y el número de viviendas aumentará 2.4% anual en el escenario esperado y 2.3% en el escenario moderado (CFE, 1995).

En 1994, la demanda de energía eléctrica suministrada mediante plantas de servicio privado (en términos de las modalidades comprendidas en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento) fue del orden de 8.4 terawatts-hora (TWh), que representan el 7.5% del total demandado para el servicio público y la exportación, que fue de 111.5 TWh. El pronóstico para la próxima década supone que la demanda autoabastecida crecerá a un ritmo promedio de 6% anual en el escenario esperado, y de 1.3% en el escenario moderado, tasas que contribuirían con el 8.5% y el 6.2% de las ventas totales esperadas en el año 2004, respectivamente (Secretaría de Energía, 1995).

---



La figura 2 muestra el valor en por ciento, de las ventas de energía eléctrica por tipo de usuario en el panorama nacional (Comisión Federal de Electricidad, 1993).



En el sector eléctrico, a nivel nacional, lo concerniente al medio ambiente se encuentra minimizado, ya que se contempla principalmente la explotación de las fuentes convencionales que hasta hoy día se han explotado --hidrocarburos y gas-- y no se ha considerado --al menos como política energética-- la explotación de otras fuentes alternas de energía --solar, eólica, oceánica-- que no sea la geotermal, hidroeléctrica y nuclear en algunas regiones del país.

El continuar utilizando principalmente a los hidrocarburos como fuente de energía en nuestro país es un criterio político-económico regulado por factores internacionales y nacionales. Uno de los principales criterios para continuar utilizando los hidrocarburos en México es la cantidad de recursos que ingresan al Producto Interno Bruto (PIB) provenientes de Petróleos Mexicanos (PEMEX), la siguiente Tabla I lo muestra:

**Tabla I:      Producto Interno Bruto Nacional y la participación del subsector energéticos**

| <b>Año</b> | <b>PIB Nacional</b> | <b>Hidrocarburos</b> | <b>Participación</b> |
|------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1995       | 1'683,139.1         | 36667,6              | 2.2%                 |
| 1996       | 2'322,285.3         | 52426,9              | 2.3%                 |
| 1997       | 3'201,800           | 75763,4              | 2.4%                 |
| 1998       | 3'787,600           | 95091                | 2.5%                 |

Fuente: Secretaría de Energía (1999)

Más aún, el sector de energía participó en 1998 con el 22.4% en ingresos al sector público (Secretaría de Energía, 1999).

En el presente, la *Comisión Nacional de Ahorro de la Energía* (CONAE) es la que se encarga de llevar a cabo estudios relacionados a las fuentes de energía no convencionales, sin embargo, su actividad en relación a las mismas está dirigida a

---

---

promover el conocimiento de las tecnologías y equipos disponibles que estimulen la implantación de instalaciones que aprovechen esos recursos. La CONAE no participa en las tareas de electrificación rural ni en las relacionadas con la investigación y desarrollo de productos a base de energías convencionales, pero sí en la implantación de nuevos proyectos basados en estas tecnologías.

### 1.2.2 El sector eléctrico en Baja California

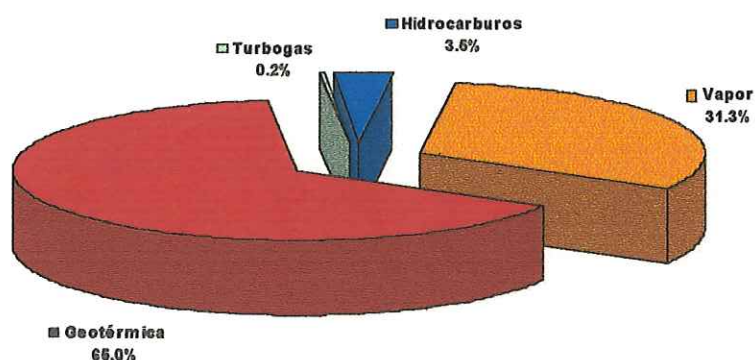
Aún cuando la distancia que separa al estado de Baja California de la capital del país, es grande (alrededor de 3000 km), la institución gubernamental responsable de establecer y formular las políticas energéticas del estado es la *Secretaría de Energía* (SE), ubicada en el Distrito Federal. No existen aún en el estado, actividades en el sector eléctrico que sean manejadas por el sector privado, la situación pareciera que va a modificarse en el futuro debido a la implementación del *Tratado de Libre Comercio* (TLC) entre EUA, Canadá y México, además de la actual intención por parte del gobierno federal de privatizar la industria eléctrica en el corto plazo, lo cual sugiere que disminuirá o nulificará el dominio del gobierno federal en las políticas energéticas del país.

A partir de la reforma llevada a cabo en la *Ley del Sector Eléctrico Nacional* (1992) se abre la posibilidad de que pueda existir inversión proveniente de capital privado en las siguientes áreas: generación independiente, cogeneración y suministro, y producción a pequeña escala.

---



Oficialmente, el estado de Baja California no posee recursos de gas ni petróleo, aunque se han sido llevado a cabo exploraciones en el Pacífico y en el Golfo de California, pero ningún resultado ha sido publicado aún. Las fuentes de energía principales en el estado son la energía geotermal (Cerro Prieto) y aquella generada con base en la utilización de derivados del petróleo (figura 3).



Fuente: Comisión Federal de Electricidad (1993)

**Figura 3. Fuentes de energía explotadas en Baja California**



Esta última fuente tiene su base en la ciudad de Rosarito con una capacidad instalada de 620 MW, es la principal fuente principal de contaminación al aire en la región (Quintero *et al.*, 1990) y existe en Rosarito también una de turbogas con capacidad de 60 MW. Para el año 2000 entrará en servicio una planta de ciclo combinado de 450 MW.

Con excepción del campo geotermal localizado al sur de Mexicali, el total de energía que se consume en el estado requiere de transportar, desde muy grandes distancias, el combustóleo que utiliza la planta termoeléctrica de Rosarito (620MW) por ejemplo, éste es transportado desde la refinería de Salina Cruz ubicada a 2,400 km al sur del país y contiene azufre al 4%. Este combustóleo es mezclado con otro importado de EUA con menor contenido de azufre, con el fin de disminuirlo a un 2% (Quintero, comunicación personal). Además de las dos grandes plantas generadoras de Rosarito y Cerro Prieto, la CFE opera varias plantas pequeñas de turbinas de gas (LPG) en Ensenada, Tijuana y Mexicali, que utilizan diesel como combustible.

El estado de Baja California de haber sido una región importadora neta de energía, pasó a ser exportadora de 1983 a 1997, por el importante ritmo de crecimiento del sector y en el presente se ha convertido en importador nuevamente porque el crecimiento en el sector no se ajustó al crecimiento industrial, económico y poblacional del estado.

---

De los sectores económicos regionales, éste 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 presentó excedentes que han permitido vender fluido al sur de California (EUA) para pagar un crédito que fue otorgado a México para la construcción de Cerro Prieto III.

Baja California no está conectada al sistema de red de electricidad nacional, sin embargo, sí se encuentra conectada a la red del sistema *San Diego Gas & Electric Company* (SDG&EC), es parte de la red de Norteamérica. El campo geotérmico de Cerro Prieto, con una capacidad instalada de 620MW exportaba al sur de California 220MW, principalmente a la ciudad de San Diego de 1983 a 1997. Esta energía representó el 29% de la electricidad que se generó en ese campo y asciende al 10% del suministro de SDG&EC. La CFE recibió 85.6 millones de dólares, por este concepto en 1992.

En términos de la demanda estatal, ha existido un abastecimiento adecuado, tanto para uso industrial como comercial. El volumen disponible en 1986 era de 1,102 MW, y había permanecido estable, porque no había habido necesidad de incrementarla, sin embargo, en 1991 con la puesta en operación de la planta termoeléctrica de Rosarito, cuya

---

capacidad fue duplicada, se aportaron 300 MW adicionales. La capacidad real instalada en el estado es de 1 417 MW y no ha variado desde 1993 (Tabla II).

Baja California tiene el más alto consumo residencial en todo el país, la Tabla III muestra el consumo de energía eléctrica por tipo de usuario. Este sector consume el 39% de la electricidad consumida en el estado, las causas de este consumo anormal son atribuidas (Ganster, 1997; Sweedler *et. al.*, 1997) : a) la amplia utilización de aparatos eléctricos usados, ineficientes, que provienen de los EUA, y que son vendidos en "tiendas de artículos usados" a precios menores que los que oferta el mercado de artículos nuevos; este fenómeno ocurre a lo largo de toda la línea fronteriza de México con dicho país, b) mala calidad en los materiales de construcción utilizados en Baja California (no aislantes) y, c) las temperaturas muy altas que prevalecen en el Valle de Mexicali (45° C promedio en los meses de verano).

La figura 4 muestra la generación de energía eléctrica para servicio público por planta en el estado para el período de 1990-1996. Mexicali consume el 30.7% (incluyendo la ciudad de Tecate), y Ensenada (ciudad menos extremosa en su clima) el 8.3%.

Asimismo, del total de energía que usa Mexicali, el 44% es para uso residencial. La demanda industrial captó el 24.7%.

---



**Tabla II. Capacidad instalada y en operación del sector eléctrico del estado de Baja California (Megawatts)**

*Fuente: CFE (1996), División Baja California*

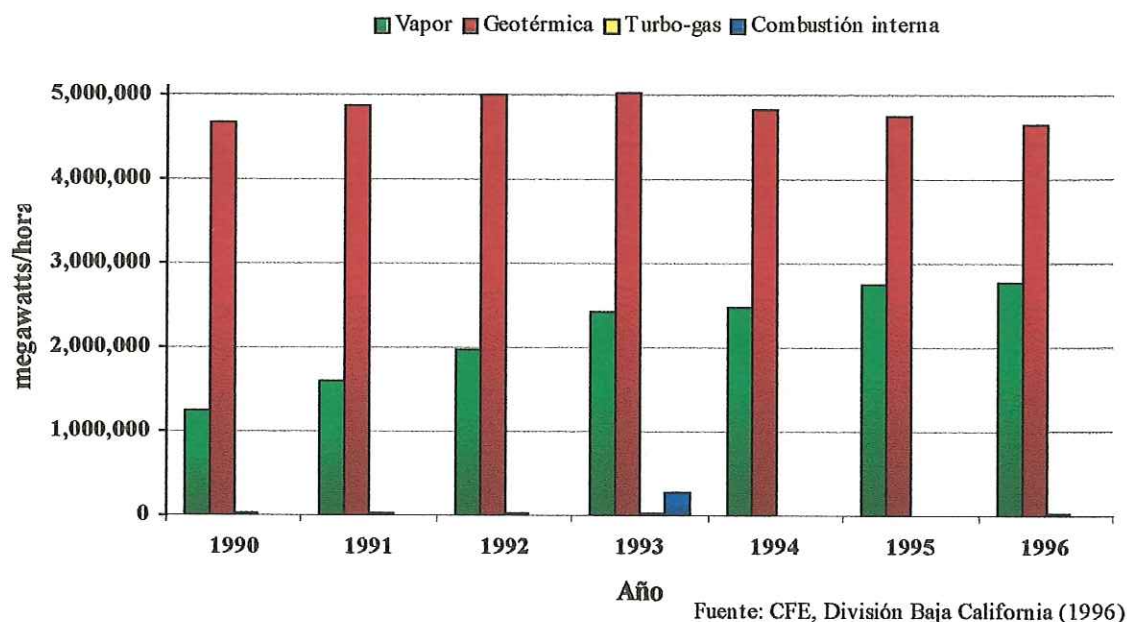
| Municipio          | 1992      |              | 1993      |              | 1994      |              | 1995      |              | 1996      |              |
|--------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
|                    | Instalada | En operación | Instalada | En operación | Instalada | En operación | Instalada | En operación | Instalada | En operación |
| <b>Estado</b>      | 1420.0    | 1420.0       | 1420.0    | 1420.0       | 1416.9    | 1416.9       | 1416.9    | 1416.9       | 1416.9    | 1416.9       |
| Turbogas           | 176.0     | 176.0        | 176.0     | 176.0        | 176.9     | 176.9        | 176.9     | 176.9        | 176.9     | 176.9        |
| Geotérmica         | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        |
| Vapor              | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        | 620.0     | 620.0        |
| Combustión interna | 3.2       | 3.2          | 3.2       | 3.2          | -         | -            | -         | -            | -         | -            |

|                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Ensenada</b> | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 |
| Turbogas        | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.8 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 | 54.9 |

|                    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Mexicali</b>    | 685.2 | 685.2 | 685.2 | 685.2 | 682.0 | 682.0 | 682.0 | 682.0 | 682.0 | 682.0 |
| Geotérmica         | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 | 620.0 |
| Turbogas           | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  | 62.0  |
| Combustión interna | 3.2   | 3.2   | 3.2   | 3.2   | -     | -     | -     | -     | -     | -     |

|                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>Tijuana</b> | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 | 680 |
| Vapor          | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 | 620 |
| Turbogas       | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  |





**Figura 4. Generación de energía eléctrica para servicio público, por tipo de planta.**

La estructura de consumo de Tijuana es el caso contrario a Mexicali. El consumo residencial es de 33%, mientras que el industrial absorbe igual porcentaje.

En Ensenada, el 24% corresponde a uso doméstico, mientras que la proporción mayor es la de alta tensión, representada por la planta cementera.

**Tabla III. Consumo de energía eléctrica por sectores en Baja California (Megawatts/hora)**

| Sectores                        | 1992             | 1993             | 1994             | 1995             | 1996             |
|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Doméstico                       | 1'494,726        | 1'195,526        | 1'593,361        | 1'658,830        | 1'792,603        |
| Comercial                       | 526754           | 516687           | 373865           | 523'341          | 542874           |
| Industrial                      | 1'575,077        | 1'646,229        | 2'100,554        | 2'134,304        | 2'633,359        |
| Agrícola                        | 125130           | 99075            | 126540           | 135081           | 169117           |
| Alumbrado Público               | 55443            | 64897            | 68094            | 77721            | 75904            |
| Temporal                        | 175              | 205              | 155              | 113              | 395              |
| Bombeo de agua potable ó negras | 38007            | 32697            | 31018            | 30776            | 30,769           |
| <b>Total</b>                    | <b>3'815,312</b> | <b>3'855,316</b> | <b>4'293,587</b> | <b>4'560,166</b> | <b>5'245,021</b> |

Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico del Estado (1997)

Para satisfacer parte de los requerimientos del área de Baja California en la década (1995-2004), la CFE firmó contratos con las compañías *Southern California Edison* y *San Diego Gas and Electric* para la importación complementaria de 70 y 90 MW respectivamente, durante los meses de verano de 1995 y 1996 cuyo uso se destinó principalmente a las ciudades de Mexicali y Tijuana. Debido a ello, esta área requiere una capacidad adicional de 1,125 MW y para cubrir esta demanda CFE ha propuesto la construcción de cinco nuevas plantas de ciclo combinado (CFE, comunicación personal)

En caso de existir mercado de exportación se tiene la posibilidad de repotenciar las cuatro unidades termoeléctricas convencionales de 75 MW de la Central Rosarito I, además la instalación de 600 MW de unidades de turbogas, lo cual permitiría contar con una central de ciclo combinado de 900 MW. Asimismo, se tiene la opción de importar la capacidad y energía necesaria de empresas eléctricas de Estados Unidos de América, lo que requeriría ampliar la capacidad de transmisión de nuevos enlaces de interconexión (Secretaría de Energía, 1995).

El precio de la electricidad en México varía ampliamente dependiendo del tipo de cliente. El gobierno mexicano retiró los subsidios en 1982 y los costos de la misma han ascendido desde entonces. Las tarifas más caras que se cargan a ciertos municipios son de 1.40 por kilowatt/hora para alumbrado público y para uso comercial 1.30 kW/h. Las tarifas para fines agrícolas y residenciales aún están subsidiadas por el gobierno, para fines agrícolas se cobra 30 centavos kW/h, y para fines residenciales, en promedio se cobra 50 centavos, dependiendo de los niveles de consumo. El precio se incrementa 15 centavos después de los primeros 25 kW/h hasta 1.40 pesos después de 1000 kW/h, como es el caso de la ciudad de Mexicali.

---



En cuanto a las zonas rurales, El *Plan Estatal de Desarrollo* (1996-2001) menciona que éstas presentan rezago en cuanto a la ampliación de las redes de abastecimiento de energía eléctrica, en relación con la cobertura en las manchas urbanas (*sic*). Las cifras en 1990 reflejan que la electrificación en zonas rurales fue de 76% contra 90% en áreas urbanas y en 1995 los porcentajes de cobertura se elevaron a 83% y 98%, respectivamente. La dispersión de los centros de población en zonas rurales y el bajo número de habitantes en los municipios de Ensenada y Tecate particularmente, han dificultado la extensión del servicio (*sic*).

De acuerdo a cifras de la *Comisión Federal de Electricidad* (CFE), del 100% de los usuarios registrados, el 92% corresponde a asentamientos urbanos donde se tiene electrificado el 99% del territorio; el 8% restante corresponde a usuarios que habitan en zonas rurales donde se estima hay una cobertura de electrificación del 83%.

La clasificación de usuarios en la CFE eleva al primer sitio al servicio doméstico con 89%; le sigue el comercial con un 9%, el industrial con 0.4%, servicios con 4% y riego agrícola un 0.2%. La generación de energía eléctrica se estima en 1,417 megawatts, misma que ha permanecido estable desde 1991 hasta la fecha, con una capacidad instalada de 1420 MW.

---



En el período 1991-1995 la tasa de crecimiento anual de la demanda máxima bruta fue de 5.46% por encima de la capacidad instalada, en tanto que para 1996-2000 se estima que descenderá a 3.02, porcentaje que invariablemente exige ampliar la capacidad de generación.

La generación total bruta en 1995 ascendió a 7,536 GMV, destacándose la producción de origen geotérmico con 62.8%; le siguió el uso de vapor con 36.6% y turbo gas con 0.6%. Mexicali consume el 61% del total de energía que se produce en el estado, lo que explica la preocupación por las tarifas altas, mientras que Tijuana que tiene mayor población Mexicali, sólo consume el 30.7% (incluyendo la ciudad de Tecate), y Ensenada el 8.3%.

El más grande recurso renovable en Baja California es el geotermal (Cerro Prieto). México es en el presente el tercer productor más grande de energía geotermal que produce electricidad en el mundo. Cerro Prieto inició su operación comercial en 1974 con una capacidad de 75 MW y en la actualidad, como se mencionó ya, produce 620 MW. Se tiene planeado una generación extra de 100MW, con cuatro plantas de 25MW. La electricidad que produce Cerro Prieto es equivalente a la quema de 9.6 millones de barriles de petróleo por año.

---

El estado presenta, además del geotermal, recursos locales renovables como son el solar, eólico, biomasa. La energía potencial calculada para estos recursos está estimada como sigue: geotermal (1,000 MW de reservas probadas), solar (3.3-6.9 kWh/m<sup>2</sup>), viento (100-250 W/m<sup>2</sup>), microhidroeléctricas ((80MW) y energía de mareas (1200 MW) (Sweedler *et al.*, 1997).

El uso de fuentes de energía alternativas --principalmente solar y eólica-- en la Baja California está mayormente documentado en Baja California Sur (Huacuz, 1995; CONAE, 1995). Sin embargo, para Baja California la energía solar constituye también una fuente alternativa de singular importancia debido al alto nivel de insolación que se tiene, preferentemente en ciertas áreas de la región. En particular, en el desarrollo rural, la importancia de la energía solar es destacable, tanto para la extracción de agua, para la desecación de los cultivos y para gran parte de las tareas agrícolas, como para destino domésticos --calentamiento de agua en los hogares, uso de servicios, etc--. La dificultad de esta fuente alterna continua siendo su utilización, cuando se requiere un alto nivel energético en pequeños espacios, la cuantía es obviamente inagotable. El recurso está restringido por el nivel de insolación y la cobertura de nubes.

---

---

Asimismo, el estado es una región con escasez de agua y existencia de agua salobre, se ha difundido que la desalinización de agua con energía solar o eólica, tanto para pequeñas poblaciones como para el uso unifamiliar puede ser una alternativa viable (Unione *et al.*, 1980 y Martin, 1982, en Gómez-Vallarta, 1999 ; Radhwan, 1994).

El potencial probado que tienen las fuentes alternas de energía provenientes del sol y del viento no ha sido cuantificado por regiones en la península, sin embargo se reconoce el potencial que tiene la explotación la energía eólica en ésta y está íntimamente ligado al potencial de extracción de energía proveniente del oleaje. Cerca-Martínez (1995) evaluó el potencial de extracción de energía proveniente del oleaje para la zona de Rosarito en B.C. y propone que éste sea utilizado mediante un convertidor tipo *Salter's Duck*. El estudio no pretende sustituir el sistema actualmente en operación, sin embargo, se propone que este recurso pueda ser utilizado como un sistema híbrido con el actualmente instalado en la Planta Termoeléctrica que tiene CFE en ese lugar.

A manera de resumen conclusivo, sobre la situación actual de la política energética en México se mencionan los siguientes puntos:

- La producción de energía está basada principalmente en hidrocarburos
  - Los costos de producción de electricidad son bajos sin embargo, los costos para los usuarios son altos comparados con otros países desarrollados
-

- La inversión en el sector eléctrico y en la investigación y desarrollo de tecnologías han disminuído
- Los contaminantes asociados al principal recurso utilizado (petróleo) se han incrementado
- Existe un fuerte énfasis en continuar la política energética actual

### **I.3 Objetivos**

#### **I.3.1 Objetivo principal**

- Desarrollar un sistema de evaluación tecnológico (SET) integrado, que cuantifique el potencial de las fuentes alternativas eólica y solar, de tal manera que éstas puedan ser utilizadas en las comunidades rurales de la zona costera Pacífico de Baja California.



### I.3.2 Objetivos específicos

- Identificar y analizar la jerarquización del sistema de toma de decisiones involucrado en las políticas de desarrollo o extensión de las actuales redes de suministro de electricidad.
  - Identificar y analizar el nivel de aceptación del uso de las fuentes alternas de energía por parte de los tomadores de decisiones a nivel federal y estatal.
  - Identificar y analizar el apoyo u oposición por parte de los pobladores de las zonas rurales, hacia el uso de fuentes alternativas como el sol o el viento en sus comunidades.
  - Proponer las tecnologías e identificar los impactos que producen cada una de las fuentes de energía bajo estudio (sol y viento) y recomendar las que se consideran *ad hoc* para zonas rurales, incluyendo sus costos de instalación y tiempos de recuperación de la inversión.
  - Sugerir una(s) estrategia(s) basada en el SET que provea(n) de fuentes alternativas de bajo costo y bajo impacto, para las comunidades rurales.
  - Evaluar el potencial de los recursos sol y viento en términos de que sean factibles para explotarse en las comunidades rurales de la Baja, con base en los usos finales de la energía en éstas.
-

#### **I.4 Hipótesis**

El estado de Baja California cuenta con recursos suficientes (sol y viento) para generar y abastecer de electricidad a las comunidades rurales, con base en los usos finales de la misma, ya que se encuentran excluidas de la red de abastecimiento de electricidad actual. Los valores más altos de radiación solar (promedio anuales) en México pertenecen a Baja California ( $220\text{w/m}^2$ ), con una temperatura promedio anual de  $26^\circ\text{C}$ . Asimismo, los valores promedios anuales de velocidad del viento en la costa Pacífico son 4-6 m/s ( $20\text{-}40\text{ w/m}^2$ ), en el resto del país la potencia varía por zonas de 0-10 y de 10-20  $\text{w/m}^2$ .

#### **I.5 Descripción del área de estudio**

El estado de Baja California ocupa un área de 71,609 kilómetros cuadrados y está dividido en cinco municipios: Tijuana, Rosarito, Ensenada, Tecate y Mexicali (Figura 5). Aún cuando su población comprende únicamente el 3% del total en México (aproximadamente 1,800,000 habitantes), está caracterizado por un rápido crecimiento en su población, en gran parte debido a ser un estado fronterizo con los Estados Unidos de Norteamérica. La población en esta región limítrofe (California-Baja California) es aproximadamente 4.8 millones de habitantes; por ejemplo, la tasa de crecimiento anual de Tijuana, se incrementó porcentualmente de 4.92 a 6.75 para el período comprendido de 1980-1990 y 1990-1995, respectivamente (Sweedler *et al.*, 1997).

---

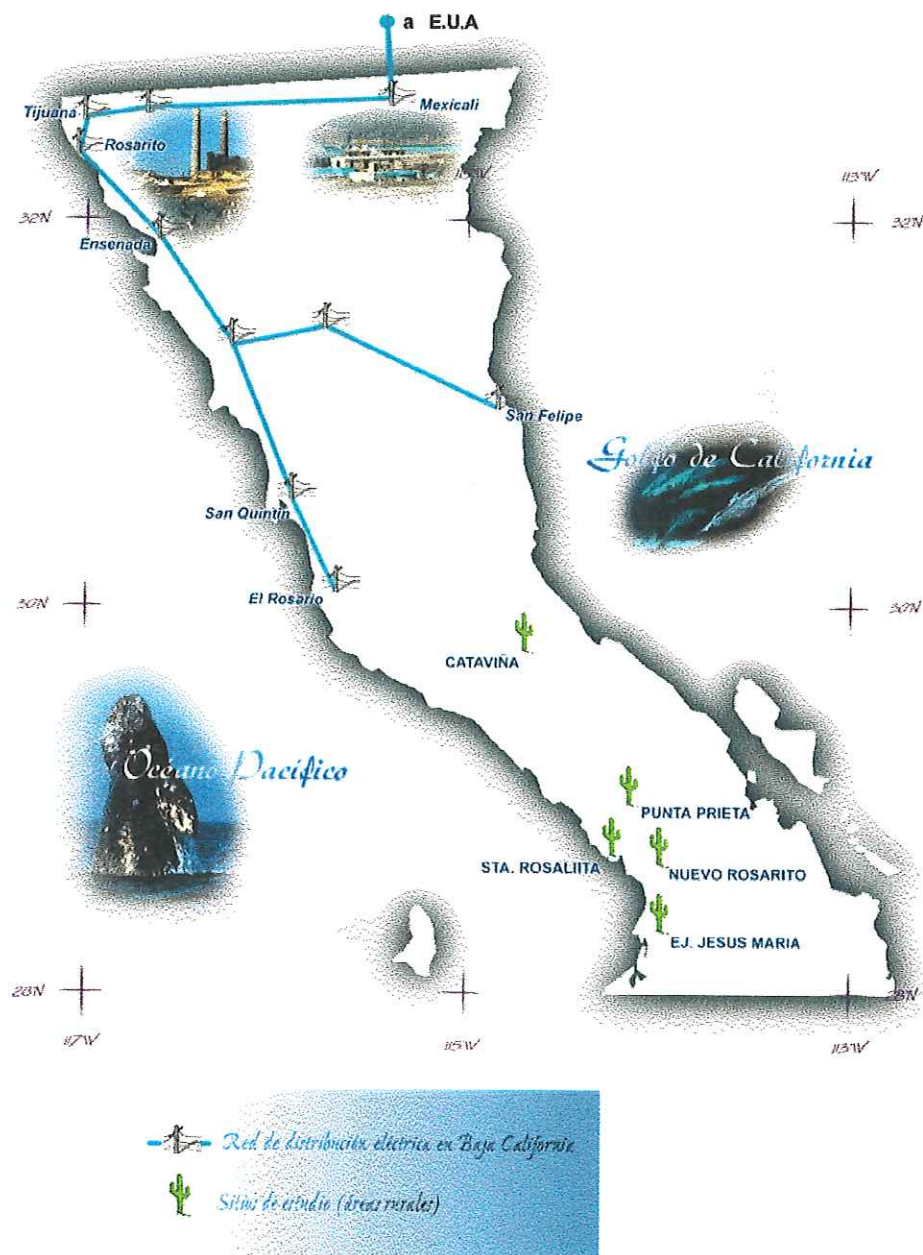


Figura 5. Localización de las áreas de estudio



Un importante aspecto de esta zona es que el incremento que se presenta en el sector industrial, permite un rápido crecimiento en el número de habitantes que existe en las zonas urbanas a lo largo de la frontera con el país vecino.

La población en el estado se encuentra concentrada en las ciudades de Mexicali y Tijuana: 37% y 45% respectivamente, del total regional. Existen otros centros urbanos como Ensenada, Tecate, San Quintín y San Felipe, y hacia el sur de la península existen otros poblados con no más de 500 habitantes, los cuales no tienen acceso a servicios, entre los que se incluye la electricidad. La Tabla IV muestra las coordenadas geográficas de las comunidades bajo estudio así como el número aproximado de habitantes que habitan las mismas.

**Tabla IV. Ubicación geográfica y número de habitantes de las comunidades bajo estudio**

| Localidad            | Latitud   | Longitud   | Nº Habitantes <sup>1,2</sup> |                  |
|----------------------|-----------|------------|------------------------------|------------------|
|                      |           |            | en las comunidades           |                  |
| Cataviña             | 29°43'45" | 114°41'28" | 200 <sup>1</sup>             | 111 <sup>2</sup> |
| Ejido Punta Prieta   | 28°55'33" | 114°09'39" | 130                          | 127              |
| Ejido Nuevo Rosarito | 28°38'04" | 114°00'54" | 200                          | 125              |
| Santa Rosalita       | 28°40'00" | 114°14'06" | 100                          | 106              |
| Ejido Jesús María    | 28°17'42" | 114°00'02" | 500                          | 349              |

Fuente: <sup>1</sup> Comunicación personal con los habitantes de las comunidades, <sup>2</sup>INEGI.



Las zonas de estudio del presente trabajo son cinco comunidades rurales (figura 5) que se encuentran excluidas de la red de abastecimiento de electricidad que provee la *Comisión Federal de Electricidad* en el estado; cuatro de éstas se encuentran en o cerca de la zona costera del Océano Pacífico, en la península de Baja California, y Cataviña es la única comunidad que no se localiza en la costa.

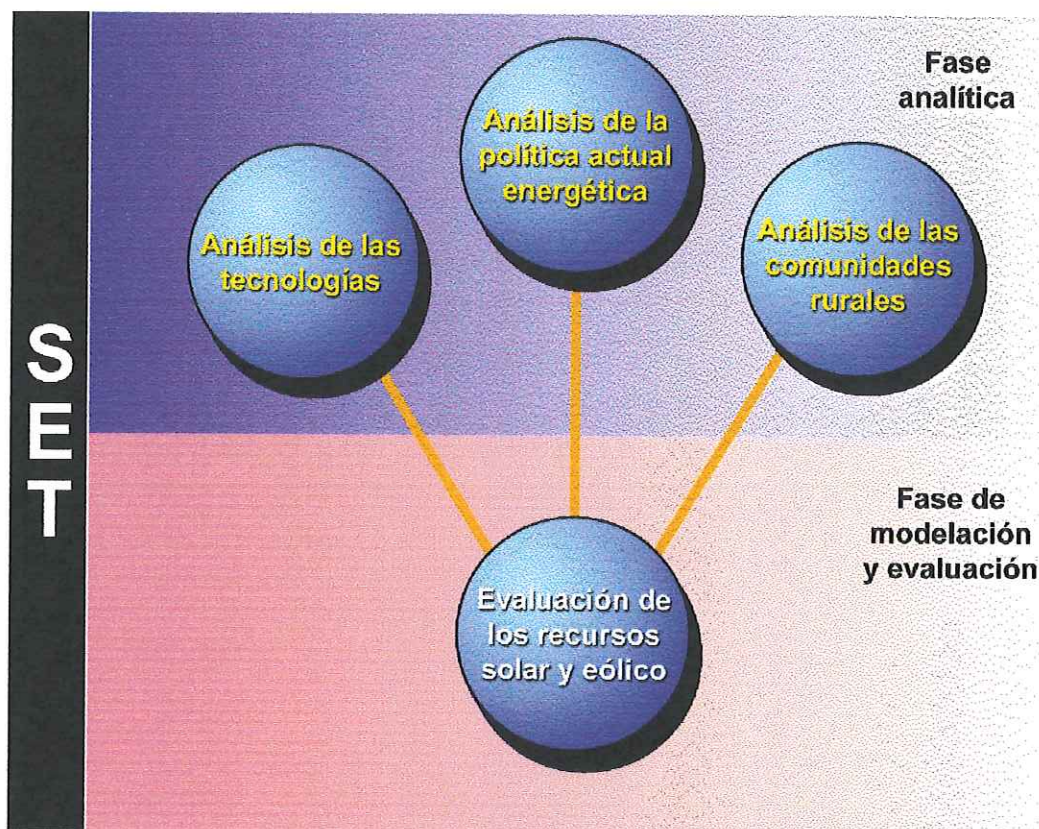
## II. METODOLOGÍA

Toda investigación se inicia al reconocer que existe un problema que puede ser solucionado, sin embargo, una vez que el problema se ha identificado, existen varias metodologías que pueden seguirse. En el área disciplinaria del Manejo de los Recursos Naturales no siempre es posible diseñar y controlar experimentos en sistemas "cerrados", muy frecuentemente es necesario enfrentar el problema científico con los aspectos técnicos, políticos y sociales. Los procesos de toma de decisiones pueden incluirse en este tipo de estudios porque los programas científicos y técnicos involucran decisiones gubernamentales que se ven influenciadas por juicios subjetivos.

El presente trabajo combina metodologías cualitativas y cuantitativas. El sistema de evaluación tecnológico (SET) y el análisis de la toma de decisiones y diseño de políticas (públicas), sigue metodologías de las ciencias sociales. Por otra parte, la evaluación del potencial y la factibilidad de uso de los recursos físicos sol y viento, está basado en el análisis cuantitativo de datos meteorológicos.

La figura 6 muestra diagramáticamente las etapas metodológicas que se utilizaron para el desarrollo del SET; la primera es una fase de análisis de la política actual y del proceso de toma de decisiones (federales y estatales) en materia de energía, asimismo, en esta

---



**Figura 6. Fases metodológicas del Sistema de Evaluación Tecnológico (SET)**

fase se hace un diagnóstico de la situación actual y de cuáles son las necesidades de las comunidades rurales en las zona de estudio. También, se analiza y propone sobre las tecnologías vigentes solares y eólicas para recomendar aquéllas que se consideran *ad hoc* para las zonas bajo estudio.



A continuación, se desglosan las dos fases que se llevaron a cabo: fase analítica y de evaluación. Asimismo, se presentan las distintas etapas metodológicas en cada una de las mismas, con base en los objetivos propuestos.

## **II.1 Fase analítica**

En la fase analítica, gran parte de los datos que se utilizan son cualitativos debido a que se emiten como juicios por parte de los actores involucrados en el SET (habitantes de las comunidades rurales, tomadores de decisiones, periodistas, académicos, etc).

¿Cuál es la importancia de utilizar datos cualitativos? Una de sus mayores bondades es que éstos se enfocan a eventos naturales, ordinarios que representan en gran medida lo que es la “vida real” o lo que se le asemeja más a ella y la gente toma decisiones con base en sus propias creencias y/o vivencias (Miles and Huberman, 1994).

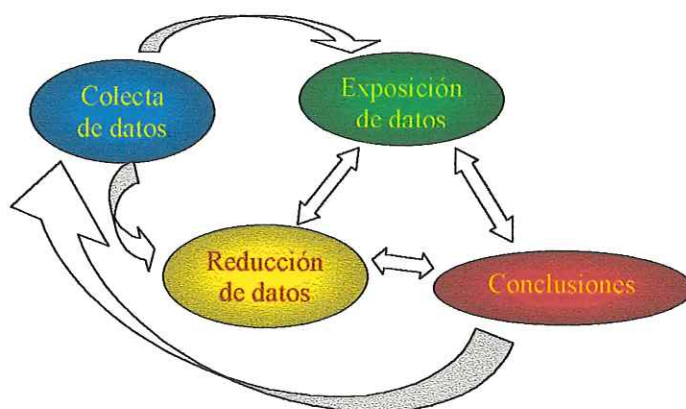
Otra característica de los datos cualitativos es su *riqueza y holismo*, ya que poseen un gran potencial para revelar la complejidad del sistema; tales datos nos proveen de “descripciones” que son vívidas, incluídas en un contexto real, y poseen una aureola de verdad (*ring of truth*). Más aún, el hecho de que este tipo de datos sean tomados en distintos períodos, los hace más poderosos al incluir un proceso o estudio en un marco histórico. La flexibilidad inherente de los estudios cualitativos (tiempos de colección de datos y métodos que pueden variar conforme avanza un estudio) le dá una mayor confianza para su comprensión y entendimiento (Roe, 1994).

---



Los datos cualitativos dan un fuerte énfasis a la experiencia que vive la gente, estos datos están fundamentalmente enfocados a darle significado a eventos, sucesos y estructuras de gentes o poblaciones: sus percepciones, consideraciones, prejuicios, presuposiciones, etc. (van Manen, 1977 en Miles and Huberman, 1994) y conectan estos significados al mundo social que los rodea.

El análisis cualitativo definido por Miles and Huberman (1994) se presenta en la figura 7; la reducción de los datos se refiere al proceso de selección, enfoque, simplificación, abstracción y transformación de los mismos que se encuentran incluidos en notas o reportes escritos.



**Figura 7. Modelo interactivo de los componentes del análisis de datos (Modificado de Miles and Huberman, 1994)**

Esta reducción de datos es una forma de análisis que sortea, enfoca, descalifica, y organiza a los mismos, de tal manera que puedan ser descritos como conclusiones “finales”.

Tesch (1990, en Miles and Huberman, 1994) señaló que la etapa de reducción puede ser vista como una “condensación de datos”. Existen muchas maneras de reducción de los datos cualitativos: a través de selección, inclusión en ilustraciones mayores, índices, desviaciones estándares, etc.

La exposición de los datos es la organización, comprensión y enlace de la información que nos permite llegar a las conclusiones y establecimiento de acciones. Las formas de exposición del análisis cualitativo son variadas: matrices, gráficas, cartas, redes, tablas de correlación, etc. Todas están diseñadas para reunir toda la información organizada hacia una forma compacta, accesible, en la cual el analista pueda observar los sucesos y llegar a conclusiones justificadas, o bien, moverse hacia la siguiente etapa de análisis.

La etapa final del análisis son los diagramas conclusivos y la verificación. Desde la colecta de datos, el análisis cualitativo empieza a decidir el significado y rumbo de las cosas --las regularidades, patrones, explicaciones, configuraciones posibles, causas y propuestas— por medio de niveles de significancia, diferencias de control/experimentación, etc.

---

---

Las conclusiones también son verificadas. La verificación puede ser breve y se da como un segundo pensamiento del analista durante la escritura, dando una nueva lectura a las notas de campo, con una larga argumentación y revisión por parte de los colegas que participan en el análisis, todo ello con el fin de desarrollar un "consenso intersubjetivo" o bien, llevar a cabo un esfuerzo extra que permita poder realizar una réplica de colecta de datos. El significado que nos den los datos, debe ser probado por su determinación o firmeza y su "confirmabilidad", ya que esto les dará validez.

Para desarrollar un Sistema de Evaluación Tecnológica (SET), objetivo principal de este estudio, es necesario definirlo con base en los diferentes autores que han llevado a cabo este tipo de estudio.

Fischer y Keith (1977) definen un SET, como una actividad que provee de información acerca del análisis sistemático y de las consecuencias externas e internas (corto, mediano y largo plazo) para una sociedad, en la aplicación y difusión de la capacidad tecnológica, dentro de los sistemas físicos, sociales, económicos y políticos de un país. El modelo analítico que proponen (*op cit*) incluye un número importante de conceptos los cuales se integran al estudio de un sistema de evaluación llevado a cabo como modelo para el análisis de un programa de desarrollo de recursos. Estos conceptos incluyen actores, bases de información, flujos de información, relación entre actores, estrategias y decisiones.

---

Wad y Radnor (1984) mencionan siete criterios que debieran ser utilizados en la evaluación de tecnologías para países en desarrollo:

1. Generación de empleos
2. Ahorro de capital
3. Conservación y eficiencia de energía
4. Seguridad ambiental
5. Sociocultural y económicamente apropiada
  - a) compatibilidad con los gustos y las culturas locales
  - b) diseñado para incluir el contexto específico de las necesidades y las restricciones
  - c) compatible con el poder adquisitivo local
  - d) utilización de materiales locales
6. Involucramiento y participación de las mujeres
7. Consistencia con otras actividades en términos del sistema

Shrader-Frechette (1985) establecen que el propósito de un SET es "proveer de información imparcial, competente, concerniente a los efectos ambientales, físicos, biológicos, económicos y políticos de las aplicaciones de una tecnología".

---



---

Una parte del proceso de evaluación tecnológica es la *Evaluación Social Tecnológica* (EST) la cual es definida como un proceso de análisis, predicción y evaluación de futuras tecnologías y sus impactos en la sociedad como resultado de las diferentes opciones de acción de los tomadores de decisiones. Más aún, la Evaluación Tecnológica no es un mecanismo técnico sino más bien un instrumento para la elaboración de políticas. No se refiere a la experiencia técnica *per se* sino esencialmente a las respuestas socio-económicas hacia los impactos y consecuencias de la tecnología.

La institución francesa *Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie* (ADEME) agrega (Clément, 1996 en *International Energy Agency and Organisation for Economic Cooperation and Development*, 1996) que un SET, debe tener planeación y conservación de los recursos energéticos e incluir la promoción de tecnologías limpias y el uso de fuentes alternas de energía renovables.

El presente trabajo combina las metodologías propuesta por Fischer y Keith (1977), Shrader-Frechette (1985) y Clément (1996) e incluyen las siguientes etapas metodológicas:

1. Revisión de información:

- a) Revisión de bancos de datos especializados en política energética tanto en México como en otros países (EUA, Europa)
-

- b) Revisión de reportes técnicos y reportes no publicados de agencias privadas y gubernamentales.

## 2. Aplicación de entrevistas y encuestas:

- a) Identificación de los informantes clave para las fuentes de energía

b) Entrevistas (Apéndices A y B) con los informantes clave en cada organización o grupo que produzca las fuentes de energía, así como aquéllos impactados por los programas de energía en desarrollo. Esta descripción incluirá los siguientes aspectos: objetivos, coordinación, alternativas, impactos relevantes, cambios que los grupos consideren como prioridades, y estrategias de los grupos que apoyan o se oponen a la adopción de otras fuentes de energía que no sean las convencionales actualmente explotadas, y que considere los factores que impactan el medio ambiente.

### **II.1.1 Entrevistas con los informantes clave**

La utilización de la metodología de levantamiento de entrevistas ofrece la posibilidad de utilizar información tanto cualitativa como cuantitativa, la cual puede ser colectada por medio de una revisión de literatura o bien solicitada por medio de cuestionarios y/o entrevistas personales. Las técnicas de los cuestionarios y entrevistas como instrumentos de encuesta, implican la inclusión de juicios de valor en los descubrimientos de la investigación.

---

Se recurre a las entrevistas cuando se desea estudiar acontecimientos del pasado o bien, no se puede tener acceso directo a un particular tipo de escenario o de personas. Con las entrevistas se logra el empleo más eficiente del tiempo limitado del investigador (Taylor y Bogdan, 1998), sin embargo, es también importante señalar las desventajas de las entrevistas, que provienen del hecho de que los datos que se recogen en ellas consisten solamente de enunciados verbales y por tanto son susceptibles de producir las mismas falsificaciones, engaños, exageraciones y distorsiones que caracterizan el intercambio verbal entre cualquier tipo de personas (Taylor y Bogdan, 1998). Aunque los relatos verbales de la gente pueden aportar comprensión sobre el modo en que piensan acerca del mundo y sobre el modo en que actúan, es posible que exista una discrepancia entre lo que dicen y lo que realmente hacen (Deutscher, 1973 en Taylor y Bogdan, 1998). Toda conversación posee su equilibrio de revelación y ocultamiento de pensamientos e intenciones: solo en circunstancias muy inusuales el discurso es tan completamente expositivo que cada palabra pueda ser tomada como auténtica (Benney y Hughes, 1970 en Taylor y Bogdan, 1998).

El formato de entrevista que se aplicó a los TM de alto nivel (Apéndice A) se elaboró con los siguientes objetivos: conocer cómo se establece el flujo de toma de decisiones y bajo qué criterios se llega a éstos para el desarrollo y puesta en marcha de una planta de

---



---

energía en México; asimismo, se buscó determinar el tipo de fuentes alternativas que conocen los TM y cuáles consideran *ad hoc* para el estado de Baja California; finalmente, se les cuestionó el grado de apoyo y/o oposición a la implementación, investigación y desarrollo, y uso de las fuentes, principalmente.

Por lo general, los investigadores tratan de cultivar relaciones estrechas con una o dos personas respetadas en el campo de estudio, y conocedoras en las primeras etapas de la investigación. A estas personas se les denomina informantes clave y éstos apadrinan al investigador en el escenario y son sus fuentes primarias de información (Fine, 1980 en Taylor y Bogdan, 1998).

Se llevaron a cabo 20 entrevistas personalizadas, y de manera verbal (no se permitió por parte de los entrevistados el uso de grabadoras). Inicialmente se localizaron informantes clave a nivel municipal, estatal y federal que pudieran brindar información sobre a quiénes entrevistar y por qué. Cada vez que se realizaba una entrevista surgían nuevos nombres de candidatos para realizar las entrevistas posteriores. Los nombres de los informantes clave permanecen anónimos, sin embargo, a continuación se enlistan las instituciones y/o organismos a las que éstos pertenecen:

- Secretaría de Vivienda
- Departamento del Distrito Federal.



- Consultor en Impacto Ambiental del Banco Mundial
- Instituto de Investigaciones Eléctricas
- Centro de Ecología y Desarrollo, A.C.
- Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Sistemas Eléctricos, Gerencia de Programación de Sistemas Eléctricos.
- Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía
- Comisión Nacional Reguladora de Energía
- Universidad Nacional Autónoma de México (Programa Universitario de Energía)
- Organización de Naciones Unidas
- Instituto Mexicano del Petróleo
- Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
- Periodista enfocado a artículos sobre el medio ambiente
- Gobierno del Estado de Baja California. Secretaría de Desarrollo Económico
- Superintendencia de la planta termoeléctrica ROSARITO
- Colegio de México

---

### **II.1.2 Encuestas con los habitantes de las comunidades rurales**

Se llevaron a cabo 40 encuestas aplicadas personalmente (Apéndice C) a los habitantes de las cinco localidades de estudio. No se eligió un número determinado de muestra para cada comunidad, se decidió entrevistar a aquellas personas que desempeñaran un papel importante en dichas comunidades y que pudiera ser representativo para el resto de los habitantes. Se eligieron grupos que incluyeran: mujeres de la comunidad, preferentemente amas de casa --se ha comprobado que son parte fundamental de la implementación de fuentes alternativas-- (Boparai, 1998; Suharta *et al.*, 1998); jóvenes menores de 18 años (puesto que son la próxima generación que pudiera dar continuación a un programa de esta naturaleza); personas involucradas en las principales actividades que se llevan a cabo en cada una de estas comunidades (*v.gr.* agricultores, ganaderos, comerciantes, etc); personas que sean autoridad (policía, ejidatario, etc), y actuales usuarios de tecnologías alternativas (turbinas eólicas, celdas fotovoltaicas, etc).

### **II.1.3 Procesamiento de la información**

El procesamiento de datos e información propone la siguiente secuencia:

a) Identificar quiénes son los actores involucrados y su grado de involucramiento en el sistema de toma de decisiones; a qué instituciones pertenecen; comparar el cuadro de actores que impera en México, con lo que se considera un modelo "ideal" (Clément, 1996) de actores en un SET.

---

Asimismo, determinar el papel que tienen actualmente los actores en nuestro país, y cómo puede plantearse para que funcione como un modelo interactivo. Asimismo, analizar el conocimiento y aceptabilidad del uso de fuentes alternas de energía por parte de los tomadores de decisiones a nivel estatal y federal.

b) Elaborar un diagrama que ilustre cómo está operando el actual Sistema de Toma de Decisiones (STD) en el establecimiento de políticas de energía, el cual es resultado de las respuestas que expusieron los informantes clave mediante las entrevistas.

c) Determinar los criterios que se utilizan para la implementación y operación de una planta de energía eléctrica, tomando como base los criterios externos: económicos, ambientales, tecnológicos, sociales y políticos.

d) Conocer el número de habitantes por comunidad mediante datos del *Instituto de Estadística y Geografía* (INEGI) y con base en las encuestas realizadas.

e) Verificar si cuentan con energía eléctrica en el presente, las comunidades y en caso de ser positiva la respuesta, conocer el origen de ésta y el costo

f) Conocer los usos finales a los que se destina dicha electricidad

g) Conocer los consumos promedio por casa habitación y/o negocio

h) Identificar el tipo de actividades que se llevan a cabo en cada una de las comunidades

---

i) Conocer el apoyo y/o oposición que tienen los habitantes a utilizar una fuente alternativa (v.gr. eólica, solar) y si estarían dispuestos a pagar por la instalación de las mismas

j) Determinar la matriz de apoyo/oposición para los programas de expansión de energía en la región.

k) Recomendar el tipo de tecnologías de energía que se consideren *ad hoc* para las comunidades bajo estudio de Baja California

## **II.2 Fase de modelación y evaluación de los recursos**

A continuación se mencionan las metodologías utilizadas para la evaluación de los recursos energéticos potenciales.

### **II.2.1 Evaluación del recurso solar**

La radiación solar promedio mensual para las cinco zonas bajo estudio se determinó utilizando el programa de cómputo *Radoncur* (Castro *et al.*, 1994) mediante el cual se calculan los valores mensuales promedio de radiación de onda corta. Los datos de ingreso son: latitud del área de estudio y cobertura de nubes en octales. Los resultados se obtuvieron en Julianes correspondientes al promedio medio mensual en  $\text{w/m}^2$ .



Los datos de cobertura de nubes utilizados en el programa se obtuvieron de las cartas preparadas por el *United States Department of Energy* (1986). Estos datos representan los promedios totales de cobertura de nubes (%) para quince años (1971-1986). No se encontraron datos más recientes.

Una vez obtenidos los datos, se compararon con aquéllos presentados por Galindo y Valdés (1991) publicado por el Instituto de Geofísica de la Universidad Autónoma de México (UNAM) con el fin de verificar el grado de correlación de éstos con los calculados.

## **II.2.2 Evaluación del recurso eólico**

Debido a la carencia de datos de viento que se tienen en la mayor parte del país, la evaluación del potencial eólico para las zonas bajo estudio se tornó en un problema difícil de resolver. Aunque existen estudios preliminares de la evaluación del potencial eólico en México (Schwartz y Elliot, 1995), éstos se basan en datos obtenidos de horarios sinópticos (00:00, 06:00, 12:00 y 18:00 GMT) que provienen de 186 estaciones que se tienen en la República Mexicana, sin embargo, de éstas sólo existen 7 estaciones en la península de Baja California y ninguna de éstas, está ubicada en las zonas de interés de este estudio.

---

Los datos de vientos marinos están basados en su mayoría en observaciones de buques mercantes y de investigación y pueden ser utilizados para estimar y/o evaluar el recurso eólico en zonas costeras y continentales que se encuentran expuestas a los mismos. La extrapolación de los datos de vientos de mar, a la zona costera puede ser efectuada con base en los trabajos de Hsu (1981) y (1986).

Los datos de viento que fueron utilizados para este estudio se calcularon utilizando las siguientes metodologías:

- i. se utilizaron los datos de promedios mensuales de esfuerzo (*stress*) del viento, proporcionados por el trabajo de Hellerman y Rosenstein (1983); los cuales provienen de datos de buques mercantes y de investigación, y fueron medidos durante el período de años comprendido entre 1870 y 1976. Asimismo, fueron estimados en una malla de  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ . Estos datos corresponden a una altura del anemómetro de 10 m SNMM. La desviación estándar depende del número de datos en el cuadrado considerado. Debido a que la costa de Baja California se ha caracterizado por tener muchas rutas de buques mercantes, el número de observaciones es considerado cuantioso ( $> 500$ ).
-

- 
- ii. se calcularon los promedios semanales y mensuales de viento de provenientes de los escaterómetros AMI, pertenecientes a los satélites ERS1 y 2; y del NSCAT, el satélite ADEOS-1. Estos fueron obtenidos para el período de 05/08/91 a 01/03/98. Los datos son presentados en una malla de  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  y si se comparan con los datos de viento de superficie del mar provenientes del *National Data Buoy Center* (NDBC) éstos proporcionan errores medios cuadráticos de 1.2 m/s en velocidad y  $24^{\circ}$  en dirección.

Debido a las restricciones del algoritmo (utiliza únicamente datos del viento sobre el mar), el conjunto de datos (ii) fueron medidos hasta 50 km de distancia de la costa, lo que implica que dependiendo de la línea de costa, exista ausencia de datos. Debido a éstas y también a que los datos (i) son promedios mensuales de una cantidad mayor de datos, se optó por la utilización de datos de Hellerman y Rosenstein (1983).

Los valores del viento en las comunidades bajo estudio fueron calculados utilizando interpolaciones y extrapolaciones con polinomios de tercer orden (*bicubic splines*), representando el viento a 10 m de altura. En el caso de localidades con alturas mayores, se hizo una corrección por altitud, utilizando el perfil logarítmico para estabilidad neutral de la teoría de capa límite (Banke y Smith, 1971):

---

$$U_z = \frac{u_*}{k} (\ln z - \ln 10 + \frac{k U_{10}}{u_*}) \quad (1)$$

donde  $k$  es la constante de *Von Karman* (0.4),  $u_*$  es la velocidad de fricción,  $z$  es la altura, y  $U_z$  es la velocidad del viento en la altura  $z$  que se desea conocer.

La velocidad de fricción está dada por:

$$u_* = \left( \frac{\tau}{\rho_0} \right)^{1/2} \quad (2)$$

donde  $\tau$  es el esfuerzo del viento y  $\rho_0$  es la densidad del aire, cuyo valor típico es de 1.230 kg/m<sup>3</sup> para 10°C de temperatura virtual del aire, y para un valor de presión de 1000 mb.

El esfuerzo del viento está dado por la siguiente ecuación:

$$\bar{\tau} = \rho_a C_D \bar{U} |\bar{U}_a| \quad (3)$$

donde  $u_a$  es la velocidad del viento a 10 m de altura y  $C_D$  es el coeficiente de arrastre que puede ser constante ( $C_D \sim 1.5 \times 10^{-3}$ ) o una función de la velocidad y de la estabilidad de la columna de aire.



Un parámetro importante en la capa límite atmosférica es  $z_0$ , que es el parámetro de rugosidad definido por la siguiente ecuación:

$$z_0 = \frac{\varepsilon}{30} \quad (4)$$

y  $\varepsilon$  es la altura media de las irregularidades en la superficie. Para las regiones continentales donde existen una gran abundancia de cactus, se estima que  $\varepsilon \sim 5\text{m}$ , resultando un valor de  $z_0 = 0.167\text{ m}$ .

Para los valores de viento que se estimaron, hay que considerar también los efectos orográficos, responsable del incremento en fricción y redireccionamiento del flujo de viento pero no fueron cuantificados en este estudio.

### **III. RESULTADOS**

Los resultados del presente estudio se exponen a continuación, con base en las dos fases que se proponen en la sección metodológica (fase analítica y fase de modelación y evaluación), y en las distintas etapas involucradas en el desarrollo de un SET.

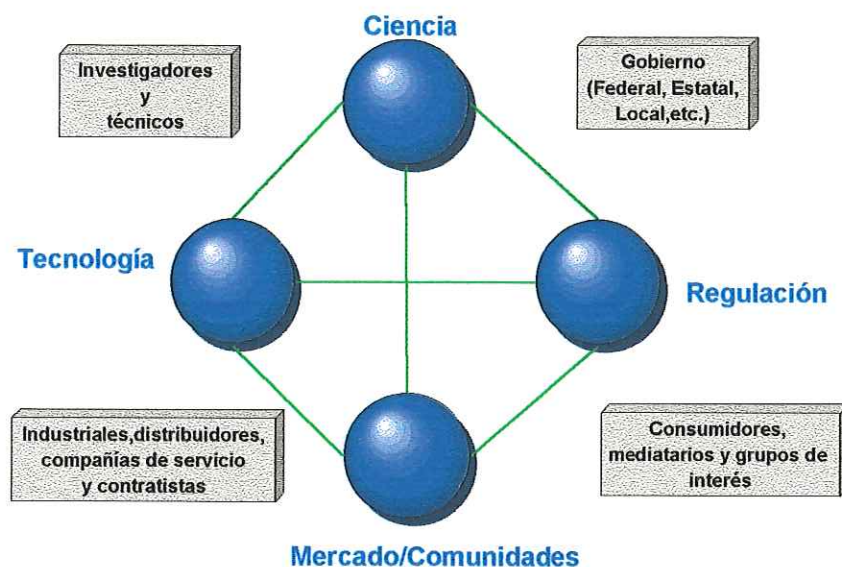
#### **III.1 Fase analítica**

La fase analítica de este estudio comprende el análisis de la política energética actual, el análisis de las comunidades rurales bajo estudio y el análisis de las tecnologías que pueden ser utilizadas en este tipo de zonas.

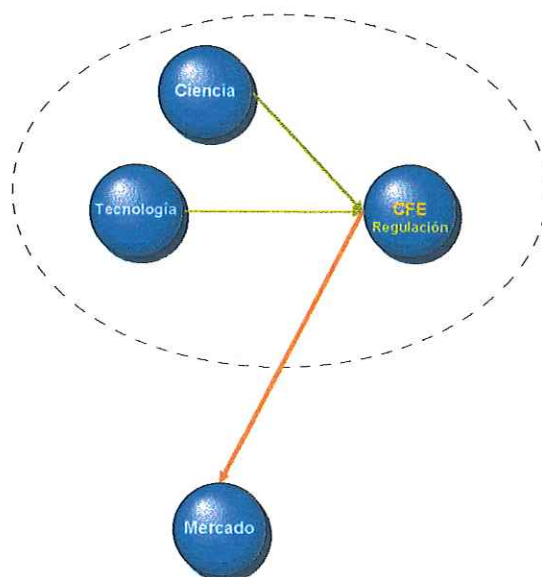
##### **III.1.1. Análisis de la política energética actual**

Se presentan los actores, su definición y su involucramiento en el SET. La figura 8 muestra la organización funcional ideal (Clément, 1996); ésta incluye al grupo de actores que debieran estar involucrados en un sistema de evaluación y une a los mismos en la participación y toma de decisiones de instalar y poner en marcha a una planta de energía. Los actores están divididos en cinco grupos: a) investigadores y tecnólogos, b) autoridades nacionales e internacionales (gobierno federal y gobiernos externos), c) industriales, distribuidores, compañías de servicios, contratistas en general, d) autoridades locales y regionales (gobierno estatal y municipal), e) grupos de usuarios (consumidores) y otros grupos interesados.

---



**Figura 8:** Organización funcional ideal para un SET completo de energía (Modificado de Clément, 1996)



**Figura 9:** Organización funcional de un SET en México

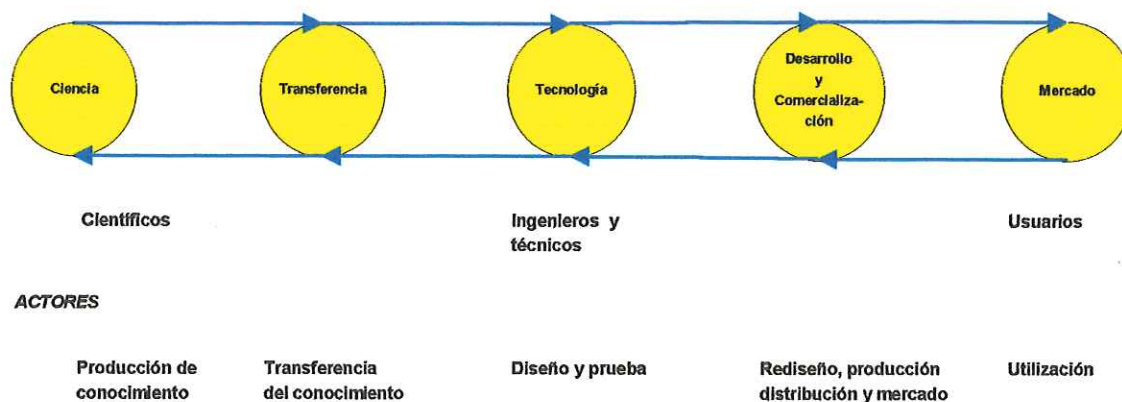
Clément (1996) propone que para un sistema de evaluación en el que intervienen varios grupos de actores es indispensable que se lleve a cabo análisis de toma de decisiones de múltiples criterios (multicriterio), sin embargo, con base en las entrevistas llevadas a cabo con los informantes clave, puede observarse en la figura 9 que la organización funcional del sistema de actores en México no actúa de esta manera. Los grupos de actores no participan conjuntamente en el proceso de toma de decisiones, más aún, el control del sistema de actores en México lo tiene la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuyos objetivos (*sic*) son satisfacer la demanda de energía eléctrica, operar con criterios de rentabilidad económica, proteger el ambiente y promover el bienestar social ([www.cfe.gob](http://www.cfe.gob), 1997). La CFE enfoca sus funciones a la instalación de plantas, generación, distribución y comercialización.

Los grupos de actores del SET y sus inter-relaciones se muestran en la figura 10. Asimismo, de manera funcional, esta red de actores y su relación se presenta incorporando a los mismos actores que se muestran en la figura 8.

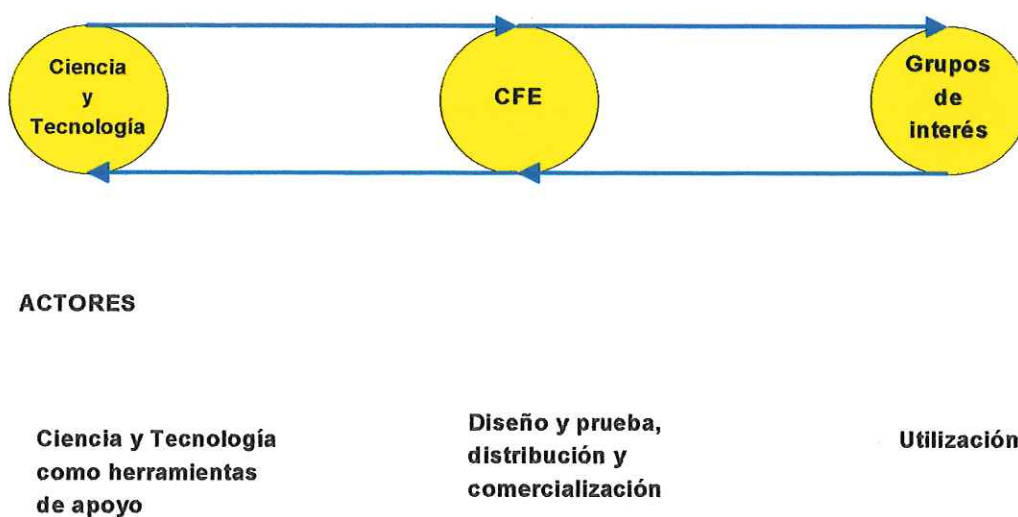
La figura 10 puede ser considerada como una red pues une y relaciona a los actores involucrados; los científicos “producen conocimiento” y lo transfieren a los tecnólogos, técnicos e ingenieros, para que a partir del diseño pueda llegar finalmente a los usuarios y de esta manera participen todos en el SET de recursos alternativos de energía.

---





**Figura 10: Los actores y su inter-relación en un SET completo “ideal”**



**Figura 11: Los actores y su inter-relación en un SET completo en México**

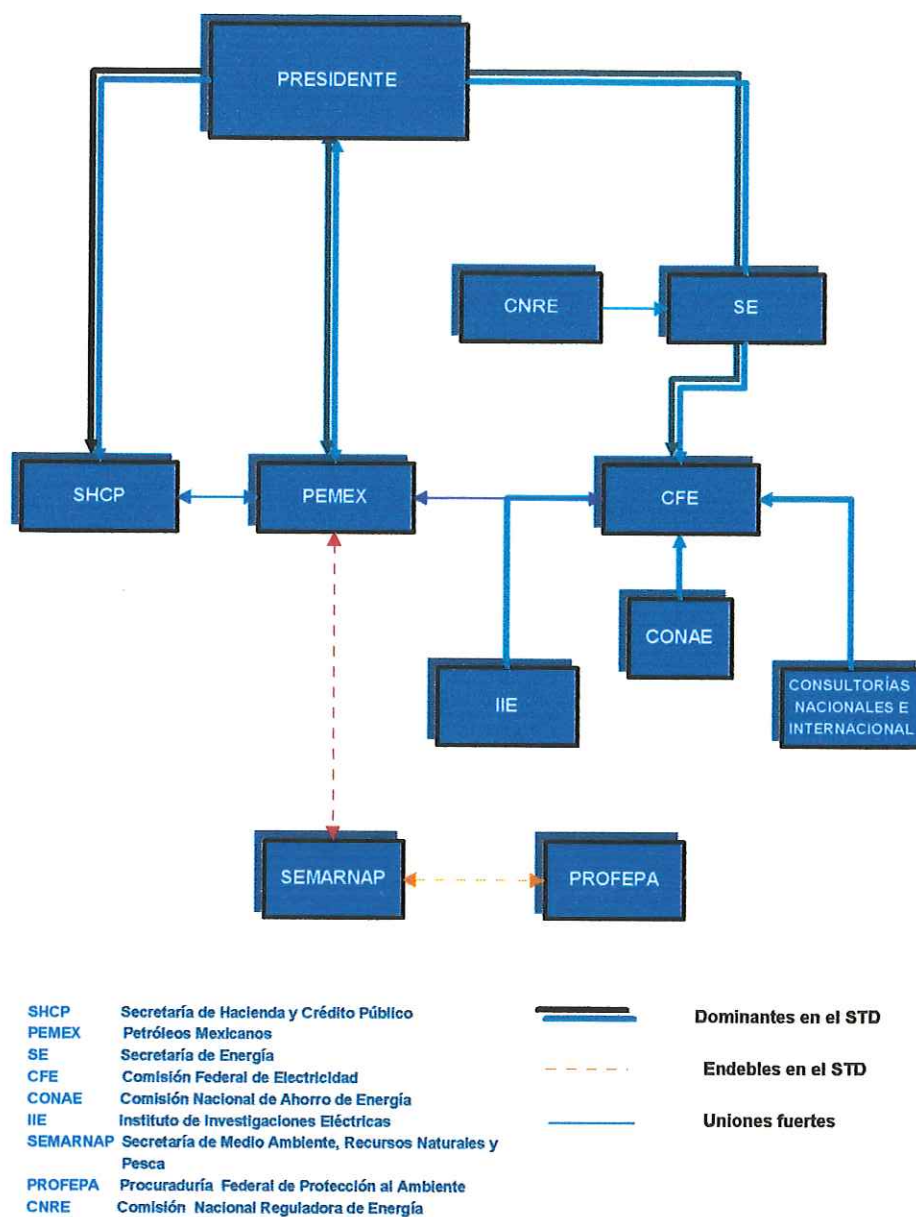
¿Cómo está funcionando esta red actualmente en México? la figura 11 muestra que la CFE es el actor protagónico y éste determina las relaciones que se den con los usuarios, y la relación que mantiene con los científicos y tecnólogos es únicamente de asesoría por parte de los últimos, no están involucrados en el sistema de toma de decisiones. En general, estos actores (científicos y tecnólogos) proveen a la CFE de estudios que les son solicitados como consultores (ej. El Instituto de Investigaciones Eléctricas, Sandia Laboratory, etc.)

#### **III.1.1.1 Descripción del Sistema de Toma de Decisiones (STD)**

Con base en las entrevistas (Apéndice A) que se llevaron a cabo con los tomadores de decisiones de alto nivel (equivalente a secretarios de estado, subsecretarios, directores, etc) en torno a la evaluación, desarrollo e implementación de políticas energéticas en México, se identificaron las principales instituciones involucradas en el proceso de toma de decisiones (figura 12); se detectaron los actores y fueron éstos los que proporcionaron información sobre la secuencia que sigue el proceso y la jerarquización en el STD.

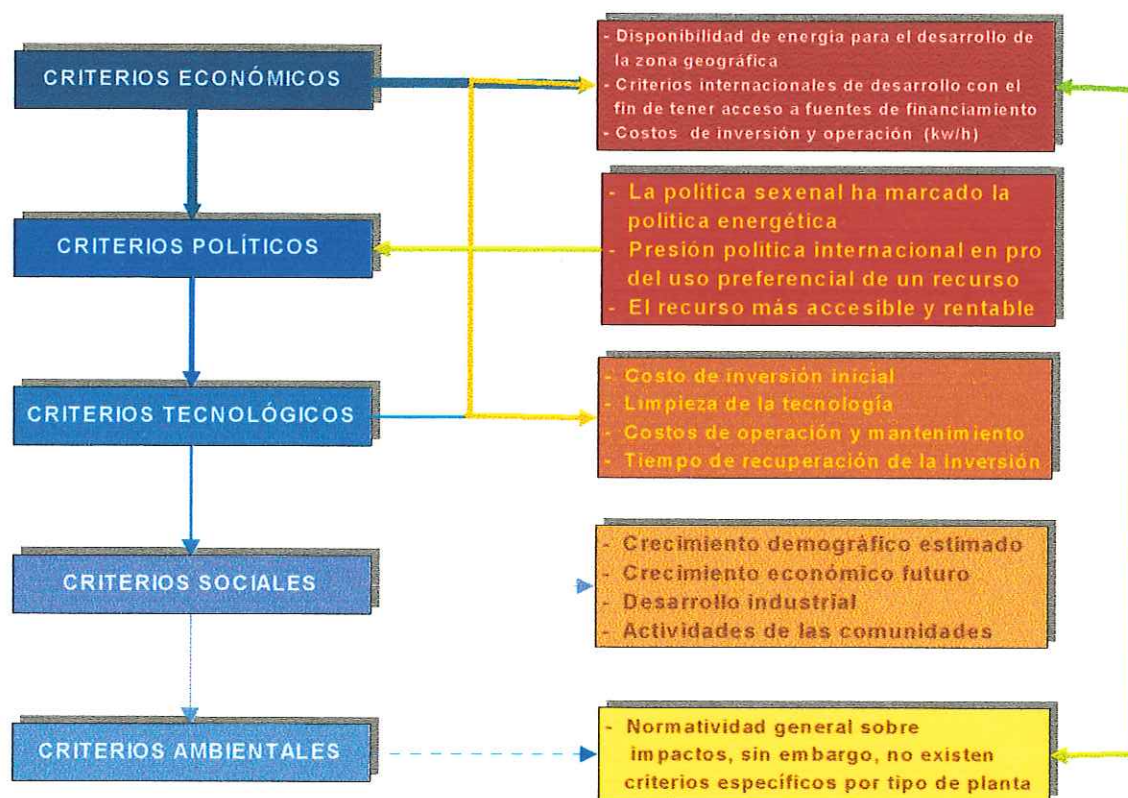
Asimismo, los informantes clave mencionaron, los criterios preponderantes para poner en marcha una planta de energía eléctrica, y son los que se muestran en la figura 13. El nivel jerárquico de importancia lo señalaron los entrevistados y como se observa en la misma,

---



Fuente: Entrevistas con los informantes clave

**Figura 12: Descripción del Sistema de Toma de Decisiones**



Fuente: Entrevistas con tomadores de decisiones

— Sistema Ideal  
— Sistema en México

NOTA: Los colores se desvanecen conforme la importancia de éstos disminuye.

**Figura 13: Criterios utilizados para la instalación de una planta de energía**



Es importante mencionar que la producción, manejo y distribución de la energía en México está totalmente bajo el control del Gobierno Federal. Asimismo, los precios de la electricidad son también establecidos por el mismo.

Los entrevistados señalaron a la Secretaría de Energía (SE) como la institución que decide sobre la instalación de una planta de energía y es la que emite el dictamen para que la decisión final sea tomada por el Ejecutivo en turno (Presidente de la República). La SE es la agencia gubernamental responsable de la formulación de políticas energéticas y establece su relación con la CFE pues ésta, está encargada de la distribución, operación y comercialización de la electricidad.

Sin embargo, la SE basa su dictamen en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la cual lleva a cabo el análisis básico sobre las necesidades de instalar y poner en marcha una central eléctrica, mediante el apoyo de centros de investigación nacionales como el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) o bien, consultorías a instituciones internacionales como *Sandia Laboratory* (SL) o el *National Renewable Energy Lab* (NREL) entre los principales.

Petróleos Mexicanos se ubica directamente vinculado al Ejecutivo y separado del resto pues es una de las instituciones más poderosas e importantes de nuestro país por ser

---

---

la institución que aporta cantidades considerables de ingresos a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), los cuales constituyen parte del actual PIB nacional; por ello se considera una institución clave dentro del sistema. Asimismo, PEMEX es la fuente del recurso primario (petróleo) para la generación de energía en México.

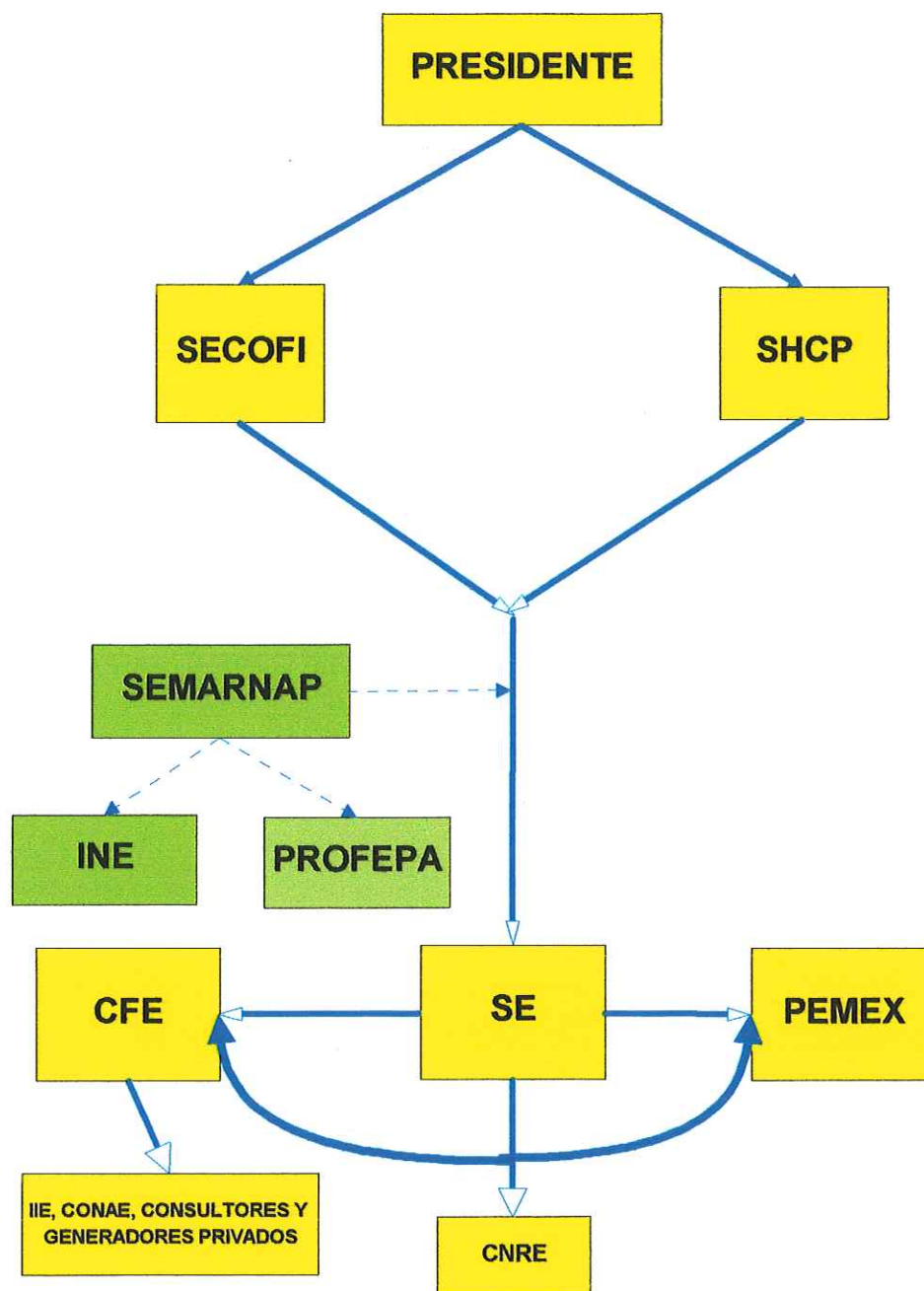
CFE está sumamente vinculada a Petróleos Mexicanos (PEMEX) pues este último es el monopolio de gas y petróleo manejado por el gobierno y determinante en el sistema de toma de decisiones sobre políticas energéticas.

La figura 12 muestra que de la CFE depende la Comisión para el Ahorro de Energía (CONAE) cuyo objetivo es el desarrollo de políticas de ahorro y eficiencia de energía y es la institución encargada de llevar a cabo estudios de prospección sobre fuentes de energía no convencionales (alternativas).

Los estudios para definir el programa de expansión de un sistema de generación que permita satisfacer la demanda futura a costo mínimo y con un nivel adecuado de confiabilidad, utilizan como base las estimaciones de demanda de energía eléctrica para los años futuros, la información del catálogo de proyectos estudiados por la Comisión Federal de Electricidad en sus etapas de prefactibilidad y factibilidad, así como las estimaciones de costos y parámetros de referencia de centrales termoeléctricas típicas.

Una agencia relativamente de nueva creación y que depende de la SE es la Comisión Nacional Reguladora de Energía (CNRE), establecida en 1993. La CNRE regula las industrias de gas natural y electricidad en México con el objetivo de alentar la inversión productiva y el funcionamiento eficiente de estos mercados en beneficio de los usuarios.

La figura 14 muestra la descripción del STD con base en los criterios económicos que intervienen en el establecimiento de una planta de energía. Ésta es una modificación de la figura 12, debido a que los entrevistados no incluyeron en éste la presencia de una institución importante en el proceso de toma de decisiones: la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). El presente estudio considera necesario su inclusión dentro del SET puesto que sus objetivos son fomentar el desarrollo industrial; regular y orientar la inversión extranjera y la transferencia de tecnología; promover la investigación técnico-industrial; orientar y estimular las medidas de protección al consumidor ([www.secofi.gob.mx](http://www.secofi.gob.mx)). Visto lo anterior, y aún cuando no se mencionó esta institución por los informantes clave, la SECOFI interviene y opina en cuanto políticas energéticas pues la producción de energía es pieza importante de los objetivos que promueve dicha institución.



**Figura 14:** Descripción del STD completo con base en los criterios económicos que intervienen en el establecimiento de una planta de energía



---

En ambas figuras se ven ligadas al STD la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) que son los organismos relacionados con las cuestiones del medio ambiente.

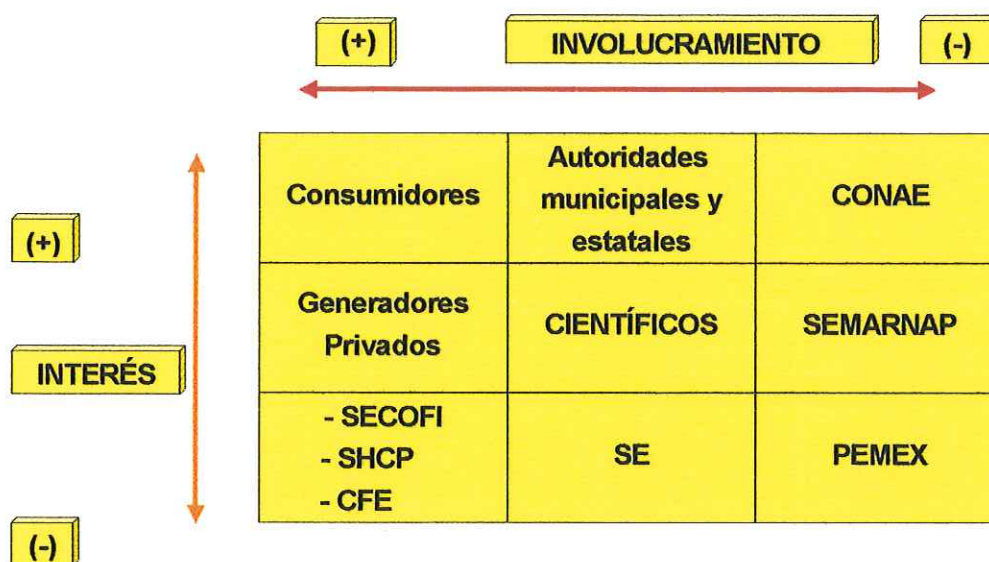
La SEMARNAP es la dependencia del gobierno federal encargada de coordinar la administración y aprovechamiento de los recursos naturales para alcanzar el desarrollo sustentable, sus objetivos son generar un aprovechamiento duradero de los recursos naturales renovables y del medio ambiente, que faciliten el desarrollo actual y futuro de los mexicanos, permitan elevar la calidad de vida, propiciar en la superación de la pobreza y contribuir a fortalecer una economía productiva basada en procesos y tecnología que no degraden los recursos ni la calidad ambiental ([www.semarnap.gob](http://www.semarnap.gob), 1999)

El INE y la PROFEPA dependen directamente de la SEMARNAP. El INE tiene a su cargo el diseño de la política ecológica general y la aplicación de sus diversos instrumentos de regulación y gestión ambiental, y la PROFEPA es el organismo de control y vigilancia. Estas instituciones debieran estar íntimamente involucradas en las políticas energéticas del país, sin embargo, la presencia de estas tres instituciones se encuentra minimizada en el SET y en el proceso de toma de decisiones de México. Prevalecen los criterios económicos y políticos sobre los ambientales, en la política energética nacional.

---

### III.1.1.2. El involucramiento de los actores en el apoyo ú oposición al uso de las fuentes solar y eólica

La figura 15 muestra el grado de involucramiento e interés que mantienen los actores en el SET, en términos estatales y regionales (modificada de Fischer and Keith, 1977).



**Figura 15: Grado de involucramiento e interés de los actores en la implementación y uso de fuentes alternativas de energía.**

Esta figura muestra, que con base en las encuestas aplicadas a los pobladores de las zonas rurales, éstos se mostraron como los más interesados --y también son los más involucrados-- en la implementación y uso de fuentes alternativas. De manera contraria, PEMEX aparece como el actor menos interesado e involucrado en la explotación y uso

de fuentes alternativas de energía. Sin embargo, la misma figura puede ser observada en sentido inverso al que se mencionó, y de esta manera puede mostrar como en el proceso de toma de decisiones en cuestiones energéticas, la relación de involucramiento se invierte cuando las decisiones se toman a nivel nacional, puesto que no se consulta a los gobiernos estatales ni a las comunidades interesadas. En éstos términos, lo que muestra la figura es que PEMEX es el más interesado e involucrado de los actores.

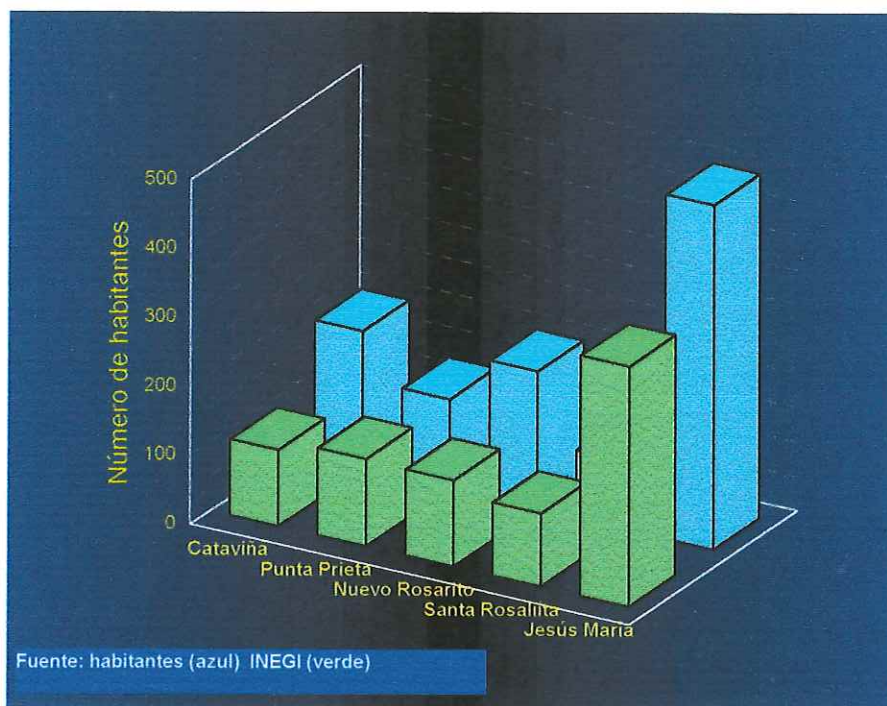
### **III.1.2. Análisis de las comunidades rurales**

#### **III.1.2.1. Los habitantes de las comunidades y las actividades que se llevan a cabo en las mismas**

Los resultados de las encuestas aplicadas a los habitantes de las comunidades (Apéndice 3), permiten mostrar los siguientes resultados. La figura 16 muestra el número de habitantes que viven en las comunidades bajo estudio. Esta gráfica está basada en la comunicación personal con los encuestados, sin embargo, como puede observarse en la Tabla IV, éstos varían de acuerdo a los que presenta el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Asimismo, el número promedio de habitantes por casa-habitación es de 5 personas (padres y tres hijos) en las cinco comunidades bajo estudio..

---

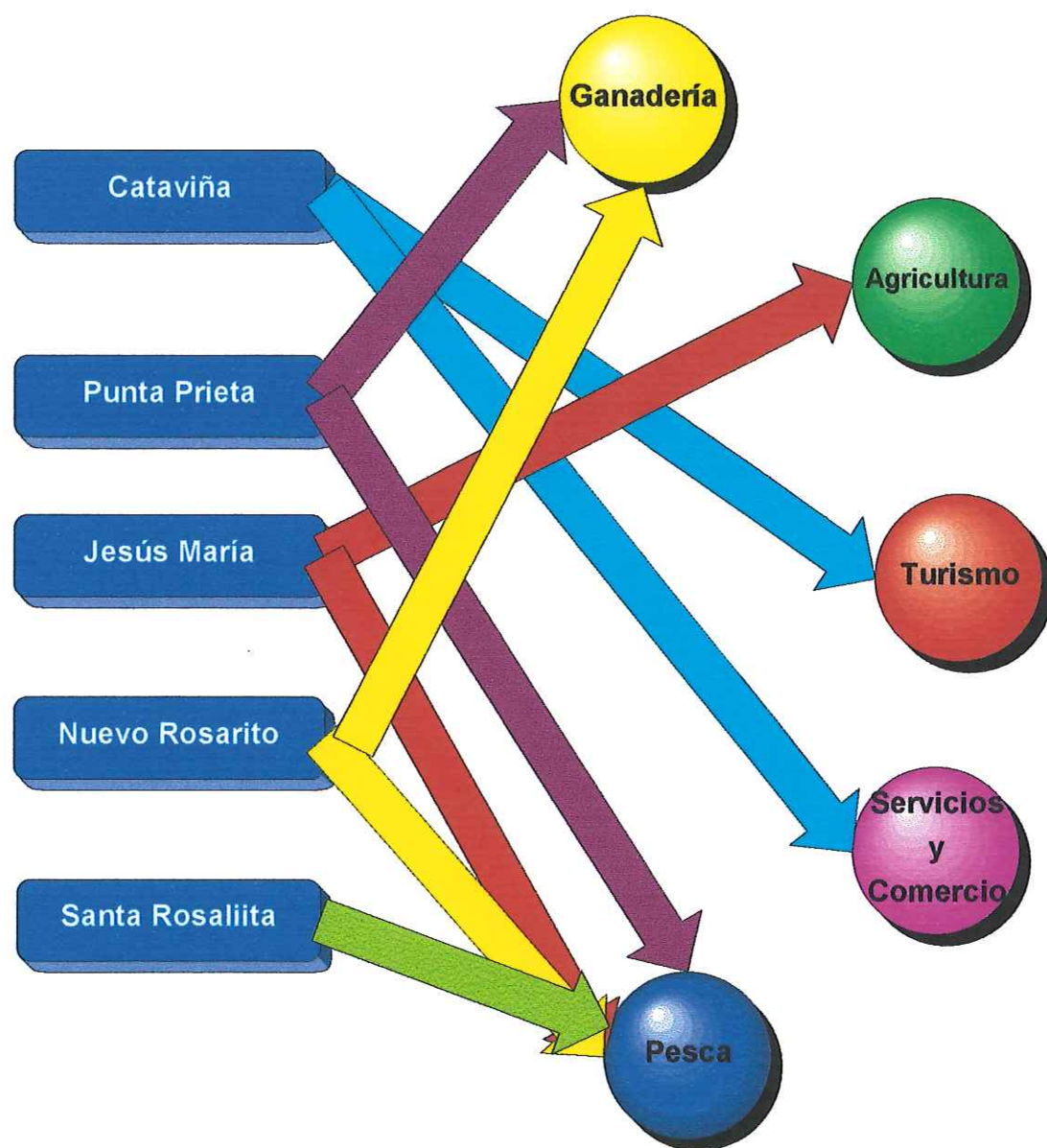




**Figura 16: Número de habitantes por comunidad bajo estudio.**

Las actividades predominantes en Jesús María son la pesca y la agricultura (figura 17). En contraste con la comunidad de Jesús María, se encuentra la región de Cataviña que tiene el menor número de habitantes de las cinco zonas bajo estudio. Sus actividades están enfocadas al turismo, comercio y servicios. En la comunidad existen motogeneradores de diferentes tamaños que abastecen a una pequeña porción de los habitantes de la misma. El Hotel *La Pinta*, tiene dos motogeneradores que proveen de electricidad al mismo; de igual manera, la tienda y la gasolinería se abastecen de la misma fuente (motogeneradores).





Fuente: Encuestas con los habitantes de las comunidades.

**Figura 17. Principales actividades en las comunidades**

Las comunidades restantes (Nuevo Rosarito, Santa Rosalita y Punta Prieta) no tienen electricidad y los pocos hogares o abastecimientos que la poseen tienen diversos orígenes. Por ejemplo, Santa Rosalita tiene una población superior a doscientos habitantes y la única actividad en la región es la pesca; en ésta, los hogares que poseen electricidad la obtienen del sol y del viento principalmente, las tecnologías que poseen son en su mayoría insuficientes y rudimentarias.

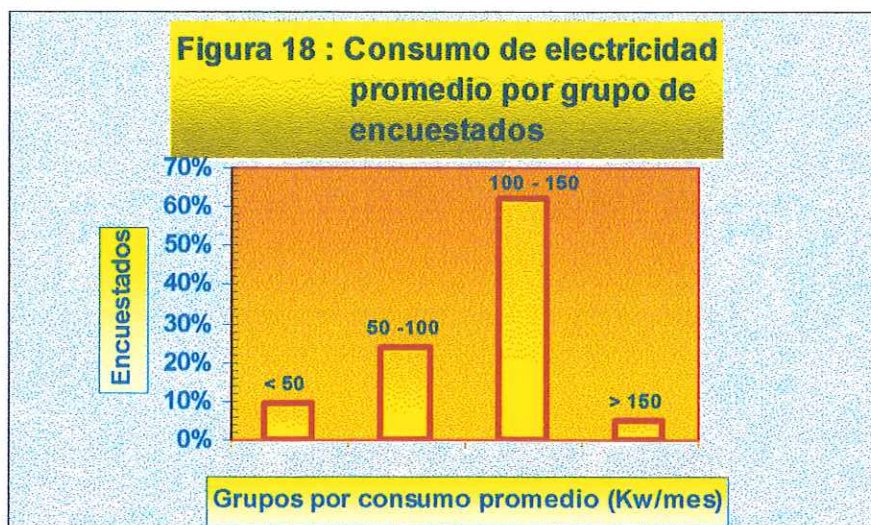
### **III.1.2.2. Usos finales y consumo de la electricidad en las comunidades**

Los destinos finales que se dan a la electricidad en las comunidades, resultaron ser para el uso de los siguientes aparatos electrodomésticos (en las cinco comunidades): refrigeradores (principalmente de gas, con excepción de Jesús María en el que con base en el consumo promedio que comunicaron en las encuestas, se infiere que no utilizan refrigeradores de gas), una televisión y/o radio, y focos (4 promedio).

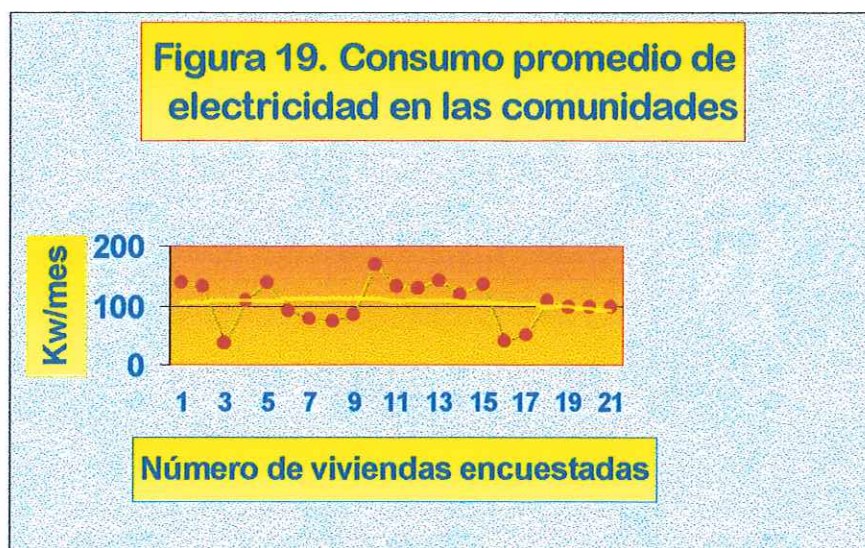
La figura 18 muestra cuatro tipos de grupos de consumidores, los cuales resultan del consumo promedio (kw/mes) que presentaron los habitantes del Ejido Jesús María (EJM). Por ser esta comunidad la única que está siendo abastecida de electricidad, este estudio la considera como "localidad tipo" con respecto a las restantes.

---





Asimismo, se elaboró con base en el total de encuestados del EJM, la gráfica siguiente (figura 19). Ésta muestra que aproximadamente el 60% de los encuestados consume entre 100 y 150 kw/mes a un costo de 1.30 pesos/kw.



El grupo de habitantes que consume más de 150 kw/mes es mínimo (aproximadamente un 5%), y lo representó el dueño de la tienda y gasolinería de Cataviña que tiene su propia planta motogeneradora de diesel.

Aproximadamente, el 25% de los habitantes consumen entre 50-100 kw/mes y sólo alrededor del 10% consumen menos de 50 kw/mes (habitantes en cuyas viviendas respondieron tener únicamente focos en sus habitaciones).

El consumo promedio mensual para las poblaciones se calculó que es de aproximadamente 100 kw/mes (figura19); está basado en el mismo tipo de artículos electrodomésticos que mencionaron poseer en sus viviendas, los habitantes. No se consideran en este promedio calculado, las actividades que se realizan en las comunidades (figura 17). Los habitantes respondieron que para el desarrollo de sus actividades, no utilizan la electricidad (con excepción de Cataviña que ofrece servicios, comercio y turismo, y Santa Rosalíta que pudiera utilizar la electricidad para servicios de refrigeración y/o congelación por ser un poblado con actividades únicamente enfocadas a la pesca).

La mayoría de los habitantes de las cinco localidades comentaron conocer las fuentes solar y eólica (de hecho muchos están siendo abastecidos por las mismas) y al

---



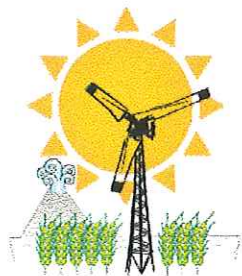
---

preguntárseles si estarían de acuerdo en utilizarlas contestaron el 100% afirmativamente. Se les cuestionó también, que si tuvieran la oportunidad de elegir entre utilizar una fuente limpia de contaminantes y una convencional (quema de hidrocarburos) cuál escogerían, más del 90% respondió que preferirían utilizar una fuente alternativa, y también se les cuestionó si estarían dispuestos a pagar total o parcialmente, por la instalación de las tecnologías, para lo cual, la mayoría (75%) contestaron afirmativamente y el 25% restante manifestaron que no están a favor de pagar por la instalación de las tecnologías.

### **III.1.3. Análisis de las Tecnologías**

#### **III.1.3.1. Las fuentes alternativas renovables y su posible uso en las comunidades rurales**

La Tabla V muestra las opciones tecnológicas de fuentes alternativas (solar, eólica y sistemas híbridos) que pueden ser utilizadas en zonas rurales --también llamadas zonas remotas--. Ésta incluye los rangos de costos de inversión en dólares estadounidenses por watt instalado; asimismo, se incluyen en ésta los recursos mínimos requeridos de viento y sol (para su funcionamiento óptimo) y las ventajas y limitaciones que presentan estas tecnologías.



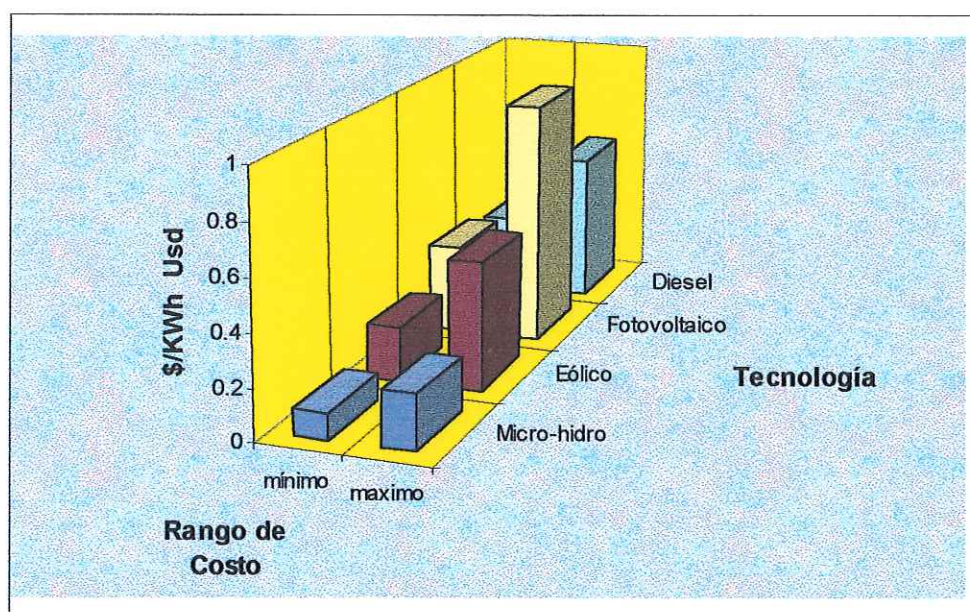
**OPCIONES RENOVABLES PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
EN REGIONES REMOTAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA**

|                                   | <b>RANGO DE<br/>COSTO DE<br/>INVERSIÓN</b> | <b>TECNOLOGÍA</b>                             | <b>VENTAJAS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>LIMITACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SISTEMAS<br/>FOTOVOLTAICOS</b> | de 12 a 35<br>dls/watt<br>instalado        | 2.5 kwh/m2 día                                | Bajo costo de mantenimiento<br>Operación sencilla<br>Fácil de instalar<br>No hace ruido<br>No contamina<br>No tiene partes móviles<br>Fácil de reubicar<br>Servicio técnico a nivel nacional<br>y regional<br>Refacciones y equipo adicional a<br>Nivel nacional y regional<br>Recurso solar confiable . | alto costo de inversión inicial<br>equipo electrónico no reparable<br>en sitio.<br>Baterías que pueden representar<br>un impacto a largo plazo.                                                                                                                     |
| <b>SISTEMAS<br/>EÓLICOS</b>       | de 4 a 23<br>dls/watt<br>instalado         | 4.0m/seg<br>para<br>máquinas<br>> 1 kw.       | Costo de la energía mas bajo si<br>hay recurso eólico suficiente.<br>No contamina<br>Poco o nulo ruido<br>Bajo mantenimiento<br>Costo de inversión inicial más<br>bajo que otras tecnologías.<br>Altos niveles de energía si el<br>sistema es bien diseñado.                                             | Depende del recurso eólico de<br>Cada sitio a lo largo del año.<br>Instalación y mantenimiento por<br>Técnicos capacitados<br>Pocos técnicos especializados en<br>México<br>No hay refacciones en el país, ni<br>en la región.<br>Relativo alto costo de inversión. |
| <b>SISTEMAS<br/>HÍBRIDOS</b>      | de 10 a 30<br>dls/watt<br>instalado        | > a 2.5 kwh/m2<br>> a 4 m/seg y<br>> a 30 lpm | Costo de la energía bajo<br>por optimizarse la mezcla de<br>recursos.<br>Demás ventajas de los sistemas<br>según la tecnología<br>Sistemas más confiables que los<br>de una sola fuente de energía<br>Sistemas más económicos en<br>su inversión inicial.                                                | Pocos técnicos capaces de diseñar<br>un sistema apropiado y bien<br>balanceado.<br>Mismas limitaciones según la<br>tecnología.                                                                                                                                      |

Fuente: World Directory of Renewable Energy (1997) and National Renewable Energy Lab (www.nrel.gov, 1999);  
(www.nuevatecnologias.com.mx)

**Tabla V. Opciones tecnológicas viables para su posible uso  
en las comunidades rurales de Baja California**

Esta tabla incluye también los sistemas híbridos (combinación de tecnologías, por ejemplo, utilización de energía solar y eólica) ya que en los resultados de evaluación de éstas, este tipo de sistema es el que se propone como la mejor opción, para ser utilizado en las comunidades. Más adelante, se podrá observar que existen temporadas en el año, en el que los recursos varían en cuanto a abundancia, por ende, funcionaría mejor el combinar durante el año, el uso de las tecnologías. Los datos utilizados para la elaboración de la Tabla provienen de varias fuentes consultadas (*World directory of Renewable Energy Suppliers and Services*, 1997; [www.nuevastecnologías.com.mx](http://www.nuevastecnologías.com.mx), 1999; [www.nrel.gov](http://www.nrel.gov)).



**Figura 20. Costos de generación por tipo de tecnología**



La figura 20 muestra los costos de generación de electricidad por tipo de tecnología. Éstos se presentan en dólares estadounidenses por kW/h. Se incluyen los de interés para este estudio (solar y eólica), y los costos para la micro-hidro y la de diesel, como costos de referencia, por ser éstas de las más utilizadas en México.

Asimismo, se muestran los valores de costos mínimos y máximos, que pueden presentar esas tecnologías. Los costos de inversión y generación de electricidad eoloeleétrica se han disminuído considerablemente en los últimos años (figuras 21 y 22). En el año 1979, el costo de instalación de un kw costaba alrededor de 4000 dólares (EUA), en el presente año cuesta menos de 1000 dólares. Asimismo, en 1979 el costo de generación variaba en costo desde 25 hasta 40 centavos de dólar, actualmente éste cuesta 10 centavos.



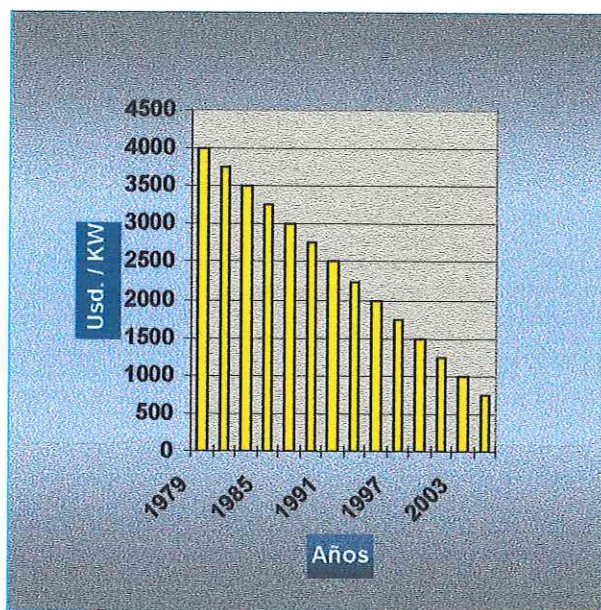


Figura 21. Costos de inversión en tecnologías eólicas

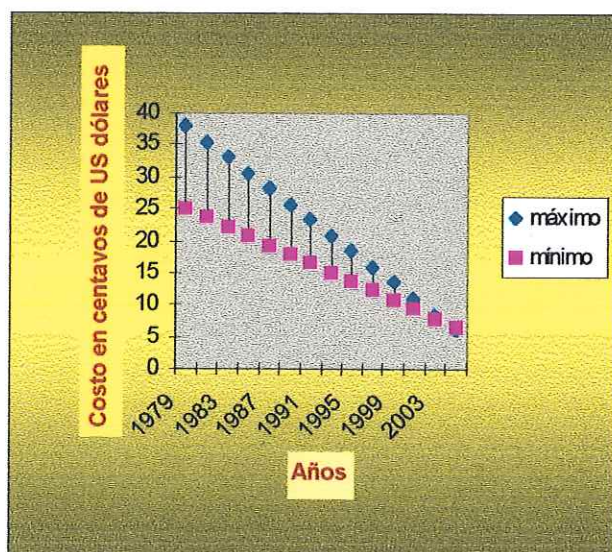


Figura 22. Costos de generación de la energía eoloelectrónica



En el caso de la energía solar, específicamente las celdas fotovoltaicas, fueron comercializadas desde 1955. A la fecha, las que han alcanzado mayor grado de desarrollo son las de silicio cristalino, tecnología que predomina en el mercado mundial debido a su confiabilidad en su aplicación

y sobre todo su vida útil (20 a 30 años).

En México existen varios proyectos de plantas solares fotovoltaicas, se han instalado cerca de 35,000. Funcionan como sistemas unifamiliares de electrificación rural, compuestos por un módulo solar mono o policristalino de 48 a 75 watts, controlador de carga, centro de carga, batería de plomo-ácido de 100 Amp/hr, contacto con selector de voltaje y 4 lámparas fluorescentes compactas. Este tipo de sistemas proporciona cerca de 5 horas diarias de iluminación a plena carga. Principalmente se han utilizado para iluminación, uso de TV y radiograbadoras ([www.conae.gob.](http://www.conae.gob.), 1999).

Los costos de generación de este tipo de tecnologías se muestran en la figura 20 y para que éstos sean competitivos deberán ser equivalentes a las convencionales. En EUA, el precio promedio de la electricidad es de 6-7 centavos por kw/h, y los costos de la energía producida por celdas fotovoltaicas varía de 20-30 centavos por kw/h, por lo tanto, los precios deberán reducirse cinco veces para poder ser competitivos.



---

El *National Renewable Laboratory* (1991) menciona que se espera que en los próximos 10-20 años, la energía fotovoltaica disminuya sus costos hasta diez centavos de dólar (EUA) por kW/h y pueda competir en el mercado con el resto de las fuentes de energía.

### **III.1.3.2. El almacenaje de la energía en las comunidades**

En cuanto al almacenaje de la energía, si ésta proviene del viento se propone lo siguiente: no existe problema si la demanda de electricidad en las comunidades existe principalmente durante el día, y el recurso está mayormente disponible durante éstas horas, sin embargo, si la demanda de la población se presenta durante el día y el recurso es abundante durante la noche (ejemplo: el viento presenta mayor velocidad durante la noche), se deberá contar con un banco de baterías ya que debe almacenarse el 100% de la energía. Si sucede de manera inversa, se requiere únicamente un banco de baterías que funcione como “regulador de voltaje” y éste podría ser hasta del 20% de la demanda para cubrir las variaciones propias del viento.

Por otra parte, si el sistema que se recomienda utilizar en las comunidades, es solar, y la demanda de electricidad de la población es principalmente nocturna, se deberá contar con un banco de baterías grande (depende de los casos particulares), si por el contrario, la demanda es diurna, deberá cubrirse aproximadamente el 40% con el banco de baterías,

---

ya que el sol tiene un lapso luminoso relativamente más estricto. Esto es una suposición teórica, sin embargo, la práctica es que para ambos casos siempre se calcula la utilización de un banco de baterías que cubra tres días de autonomía, porque se ha demostrado que cuando se desean optimizar los costos vs. la disponibilidad del servicio, para casos especiales como son días nublados o días de calma (sin vientos o baja radiación solar) se alcanzan valores de entre 2 y 5 días de autonomía (comunicación personal con Arturo Romero).

¿Qué baterías se consideran mejores en términos “ecológicos”? Ninguna. En el largo plazo todas tendrán impacto en el medio ambiente si no se plantea la existencia de centros de reciclaje. Hasta hoy día, los centros que podrían funcionar como tales, son las mismas compañías que fabrican las baterías puesto que si se les regresaran recuperarían las baterías usadas que son plomo en su mayoría y que les representarían ganancias económicas. El problema en el presente es que los usuarios no las envían de regreso a las compañías de origen.

Asimismo, surge otra incógnita: ¿Qué baterías son mejores en términos técnicos? las baterías de Níquel-Cadmio. Es importante mencionar que el cadmio está considerado como un elemento altamente contaminante, pero son baterías que soportan hasta el 90% de la descarga, temperaturas extremas, etc. Su costo es hasta 10 veces más que las convencionales (costo de una batería de auto común) y su tiempo de vida es hasta de 20 años.

---



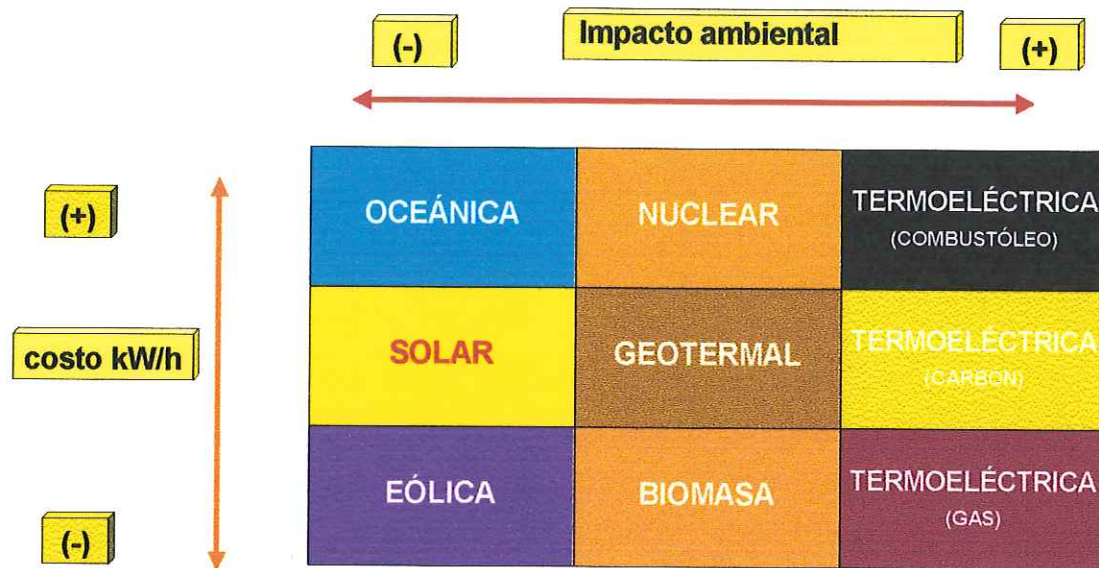
Las baterías plomo-ácido son otro tipo común en uso, son similares a las anteriores pero su costo es menor. Su tiempo de vida está en función de la cantidad de descarga diaria (promedio anual) y del mantenimiento que se le brinde.

¿Existe algún tipo de almacenaje alternativo de energía a los anteriores? Podría ser: el agua, discos de inercia, almacenamiento químico en forma de óxido de calcio, en forma de calor en pozas solares ([www.nuevatecnologias.com.mx](http://www.nuevatecnologias.com.mx), 1999). Las modificaciones a lo que se está utilizando en el presente (lo más común y barato son las baterías) depende del tipo de energía que se requiera y de los usos finales que tendrá la misma.

### **III.1.3.3. El impacto de las fuentes de energía al medio ambiente**

La figura 23 muestra las fuentes de energía que pueden ser utilizadas en el estado de Baja California; la relación de costos de generación de electricidad (kw/h) y el nivel de impacto en el medio ambiente que pueden tener éstas con relación al resto. En la figura se señala como impacto positivo (+) aquéllas fuentes que producen daño al ambiente, por el contrario, se presentan con impacto negativo (-) aquéllas que no están causando daño al medio, o no se ha determinado el mismo.

---



**Figura 23. Las fuentes de energía, sus costos de generación y su impacto en el medio**

La figura anterior muestra que las fuentes de energía que producen menor impacto en el medio son la eólica, solar y oceánica.

En términos de los costos de generación, la energía eólica es la que menores costos tiene, de hecho son en el presente son casi equivalentes a los costos de generación de energías convencionales (quema de hidrocarburos por ejemplo).

---

Las fuentes de energía que producen mayor impacto en el corto y largo plazo son las que se producen en plantas termoeléctricas; de éstas, la de más bajo costo es la de gas y la de mayor es la de combustóleo. La energía geotermal se presenta en el medio de la figura pues produce impactos por la emisión de diferentes gases al medio (Quintero *et al.*, 1993) y éstos son mayores que en el caso de energía por biomasa.

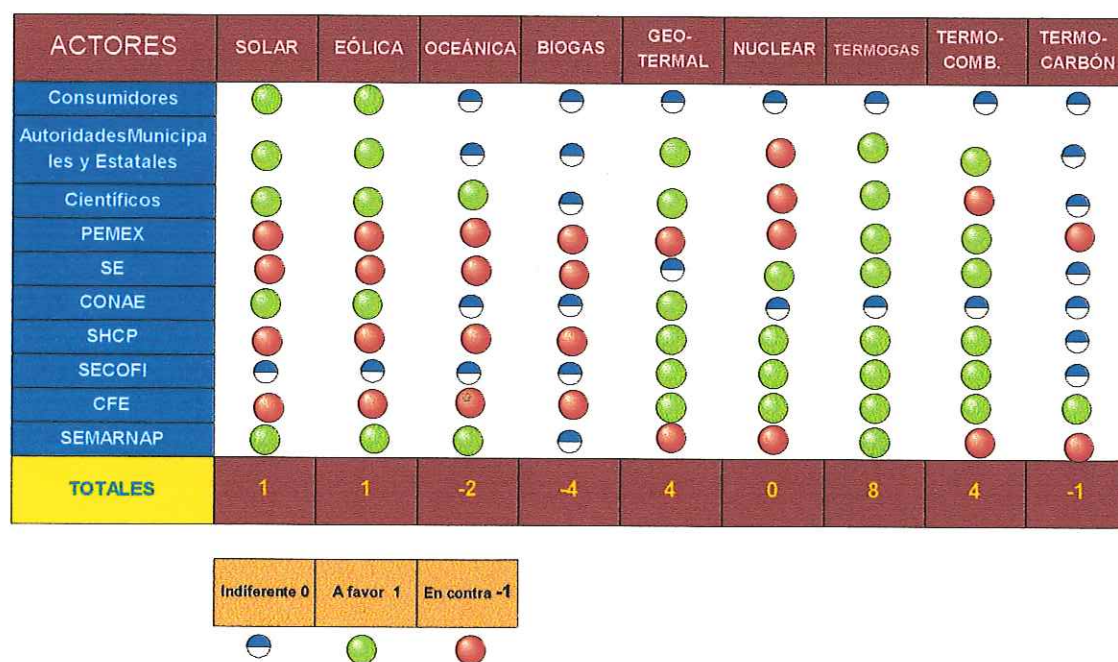
La energía proveniente de plantas nucleares ha demostrado que el impacto al medio ambiente no se ha presentado constante, sin embargo, cuando se ha hecho evidente (ej. Chernobyl en Rusia) ha mostrado ser catastrófico y sus impactos no han sido aún cuantificados en su totalidad.

Las fuentes de energía que este estudio recomienda para su uso en las comunidades rurales bajo estudio son las solares y eólicas, no sólo por los beneficios en cuanto a costo e impacto al medio sino también por la necesidad que existe de llevar a cabo un cambio de políticas energéticas que asegure los objetivos del desarrollo sustentable.



### III.1.4. El apoyo y/o oposición al uso de fuentes de energía en Baja California

Con base en los criterios y recomendaciones de varios autores (Miles and Huberman, 1994; Taylor y Bogdan, 1998; Kirk and Miller, 1986; Tufte, 1986); se elaboró la matriz (figura 24) de apoyo y/o oposición hacia el uso de fuentes de energía en Baja California,). Los actores que participan en el STD (figura 12) se presentan en la matriz,



**Figura 24. Matriz de apoyo y/o oposición al uso de fuentes de energía en Baja California**

así como las diferentes tecnologías que pueden ser utilizadas en el estado. Los actores se presentan como si tuvieran igual peso en el STD, sin embargo, debe mencionarse que esto no sucede así.

---

Se otorgaron valores (0, 1, -1) que muestran la preferencia o el desacuerdo de los actores hacia la utilización de cada una de las fuentes. El valor de 0 corresponde a un valor de indiferencia hacia las fuentes de energía propuestas; se asignó un valor de 1 a aquellos actores que están a favor del uso de las fuentes propuestas, y un valor de -1 a aquellos que están en contra de las mismas. Asimismo, se hizo una suma total de preferencias y/o desacuerdos hacia las tecnologías, por parte de los actores. Es notable que no existe en México una política a favor del uso e implementación de las fuentes alternativas (e.g. solar y eólica); se muestra una fuerte tendencia a continuar con el uso de las tecnologías convencionales (gas, combustóleo).

Mientras siga existiendo el actual sistema de toma de decisiones y éstas se lleven a cabo en el centro del país, por el gobierno federal, no podrá implementarse el uso de nuevas fuentes ni tecnologías. Si se quiere un cambio, el futuro de las políticas energéticas deberá estar planeado autónomamente por los estados.

La figura 24 muestra que el gobierno federal tiende a enfocar su política energética en el estado de Baja California hacia el uso de termogas. La quema de gas para producción de electricidad en Baja California (un estado autosuficiente en sus recursos energéticos, principalmente el geotermal) se presenta nuevamente como un criterio erróneo en la política energética para la región, pues al igual que los hidrocarburos, tendrá que ser transportado de otros sitios del país y/o importado (EUA, Canadá) a la región, pues no existe como recurso en el estado.

---

La figura anterior muestra también las fuentes de energía que los actores eligieron como segundas opciones favorables, estas son las fuentes geotermal y termo-combustóleo. El resto de las fuentes no se consideran para ser utilizadas en el corto, ni mediano plazo, en la península. En orden decreciente de prioridad, la figura muestra los siguientes recursos: la energía oceánica (oleaje y mareas principalmente), biogas, nuclear y termocarbón.

### **III. 2. Fase de evaluación de los recursos**

#### **III.2.1. Radiación Solar**

Los valores de radiación solar que se evaluaron en esta investigación, para cada una de las áreas bajo estudio, se muestran en la Tabla VI; los valores están dados en  $\text{w/m}^2$ . En la tabla puede observarse que los valores más altos son los presentados para la comunidad de Cataviña, esto se atribuye principalmente a que no se encuentra en la zona costera y es una comunidad protegida por montañas. Las cuatro comunidades restantes no muestran diferencias significativas en sus valores promedio mensuales.

La Tabla VI muestra los valores promedio mensuales de la radiación solar que fueron calculados mediante la metodología propuesta por Castro *et al.* (1994).

---

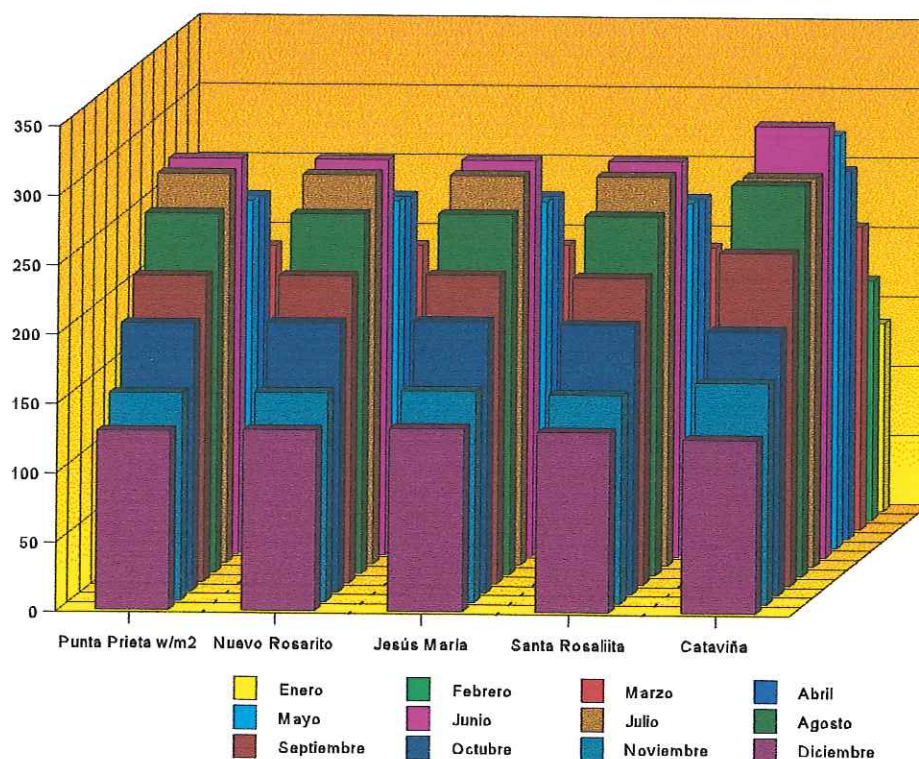


**Tabla VI. Radiación solar promedio mensual para las comunidades rurales**

| Promedios Anuales/<br>Mensuales | Punta Prieta<br>w/m <sup>2</sup> | Nuevo<br>Rosarito | Jesús María | Santa<br>Rosaliita | Cataviña |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------|--------------------|----------|
| Enero                           | 126.413                          | 127.662           | 129.124     | 127.274            | 135.431  |
| Febrero                         | 160.638                          | 161.786           | 163.129     | 161.43             | 173.113  |
| Marzo                           | 201.949                          | 202.885           | 203.976     | 202.595            | 218.672  |
| Abril                           | 244.531                          | 245.094           | 245.745     | 244.92             | 265.838  |
| Mayo                            | 248.189                          | 248.355           | 248.54      | 248.304            | 298.005  |
| Junio                           | 284.916                          | 284.862           | 284.79      | 284.88             | 311.048  |
| Julio                           | 280.953                          | 280.966           | 280.971     | 280.963            | 280.879  |
| Agosto                          | 258.879                          | 259.233           | 259.639     | 259.124            | 281.923  |
| Septiembre                      | 220.921                          | 221.684           | 222.57      | 221.448            | 239.754  |
| Octubre                         | 193.404                          | 194.558           | 195.904     | 194.2              | 190.199  |
| Noviembre                       | 149.563                          | 150.894           | 152.452     | 150.481            | 159.25   |
| Diciembre                       | 129.151                          | 130.536           | 132.158     | 130.106            | 125.325  |

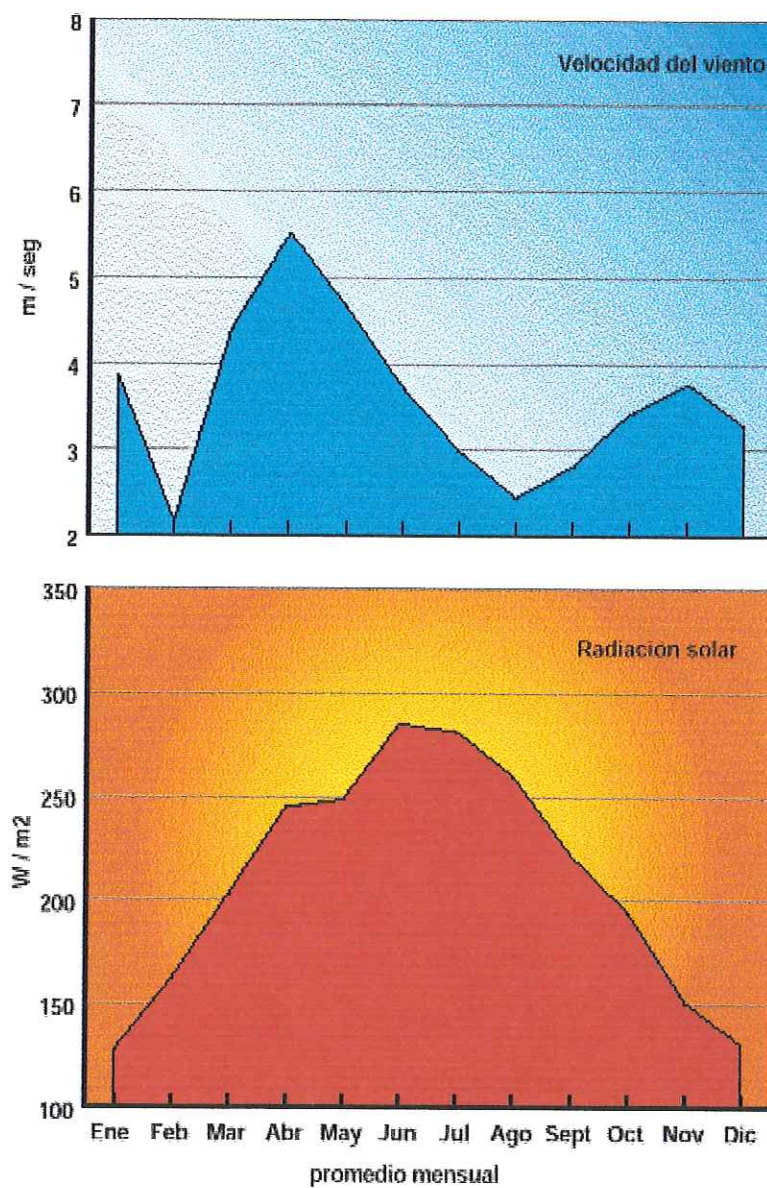
La figura 25 muestra gráficamente los valores promedios mensuales de radiación solar, y se observa que los más altos corresponden a los meses de verano, sin embargo, pueden considerarse altos los valores de los meses que comprenden el período abril a septiembre.





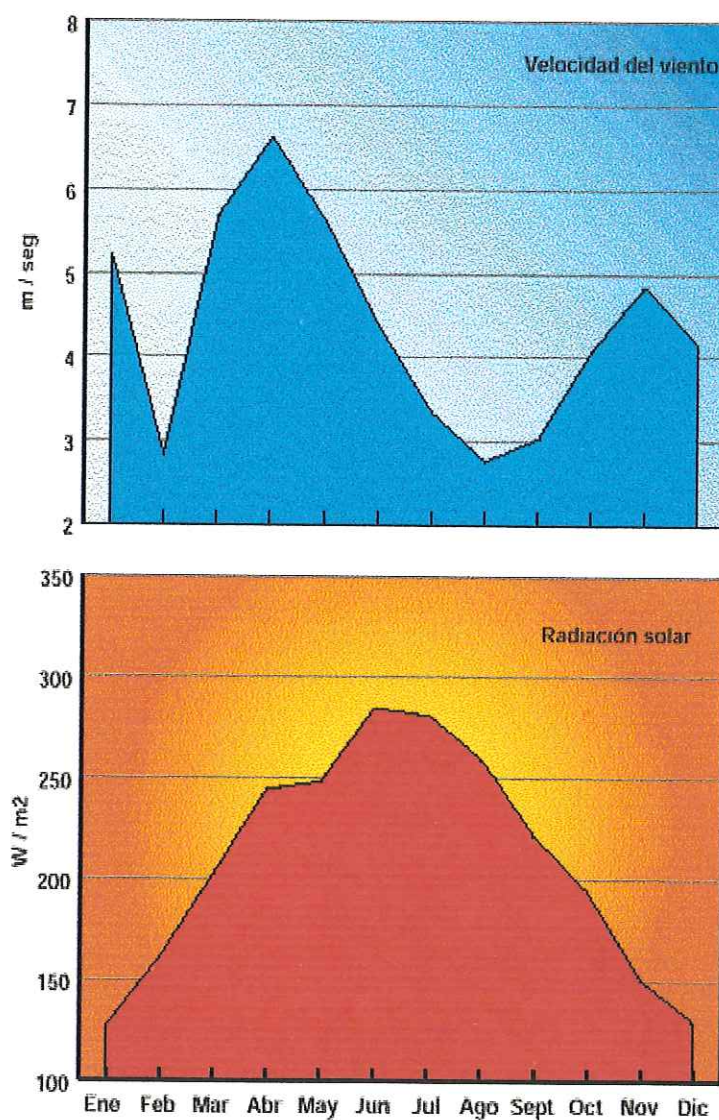
**Figura 25: Promedios mensuales de la radiación solar en las comunidades**

Los valores de radiación solar que se muestran en las siguientes gráficas (figura 26 27, 28, 29 y 30), son promedios mensuales para cada una de las cinco zonas bajo estudio. Los resultados se obtuvieron en Julianes correspondientes al promedio medio mensual en  $w/m^2$ .



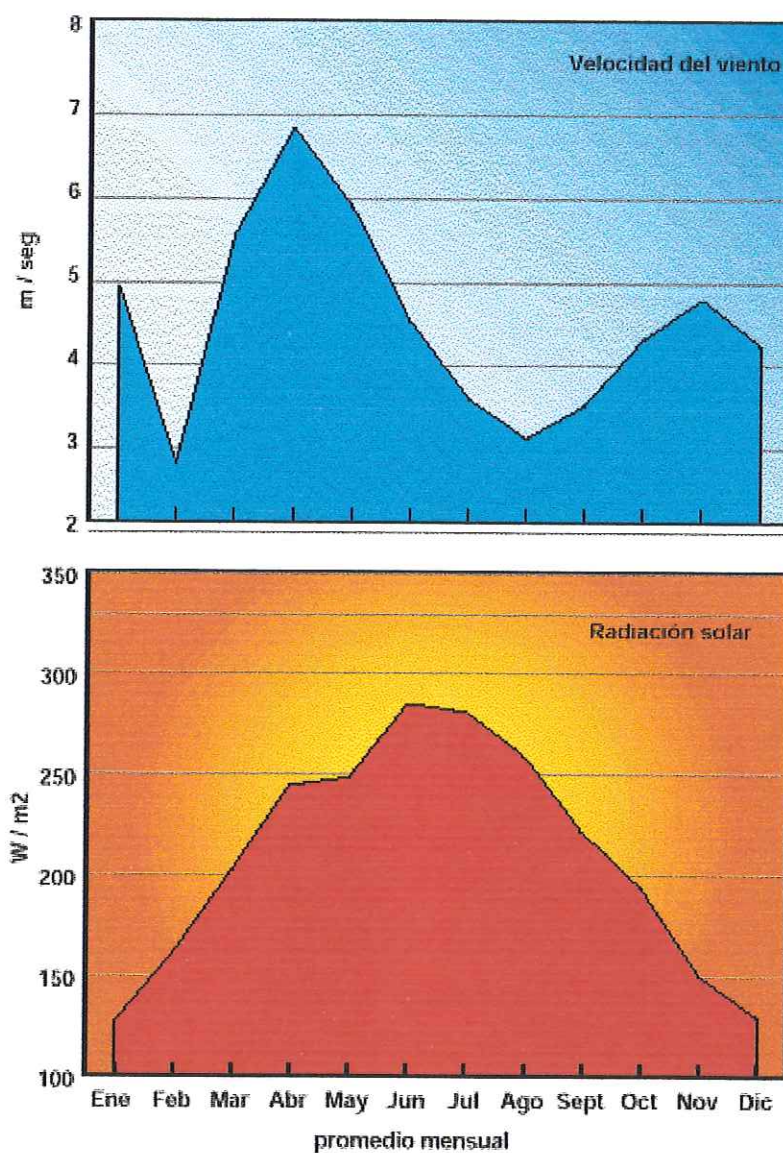
**Figura 26. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Santa Rosalía**



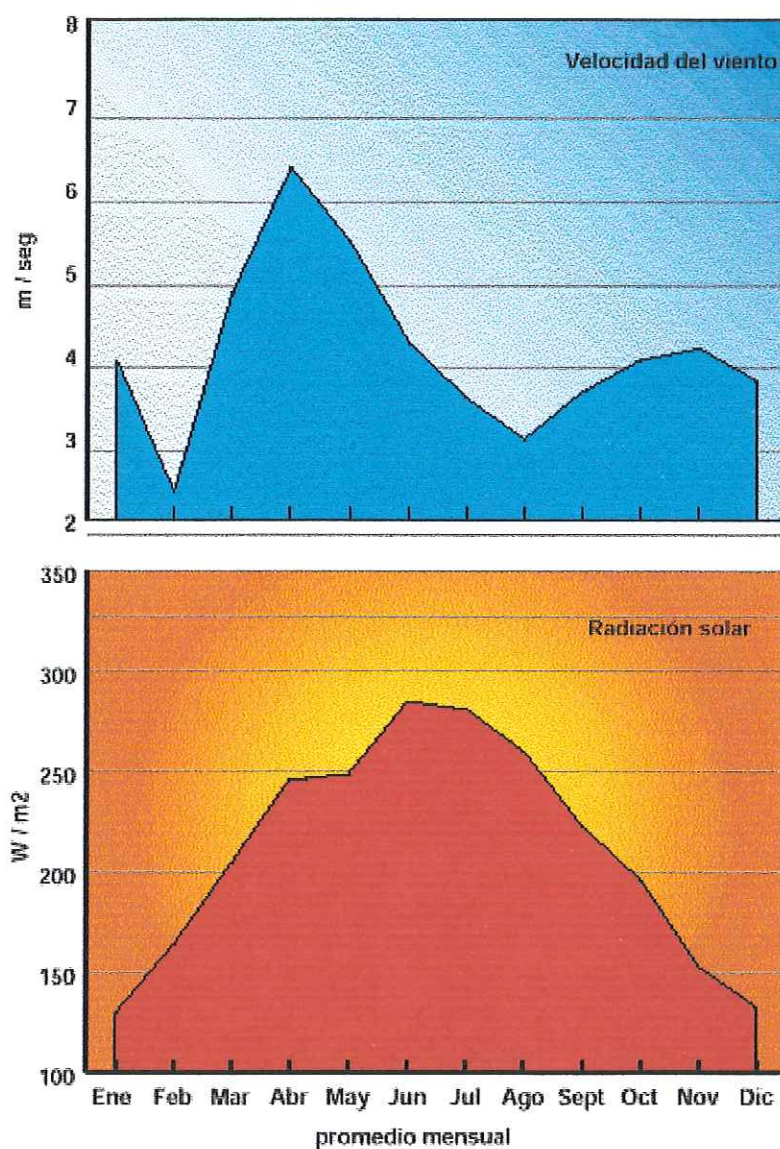


**Figura 27.** Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Punta Prieta



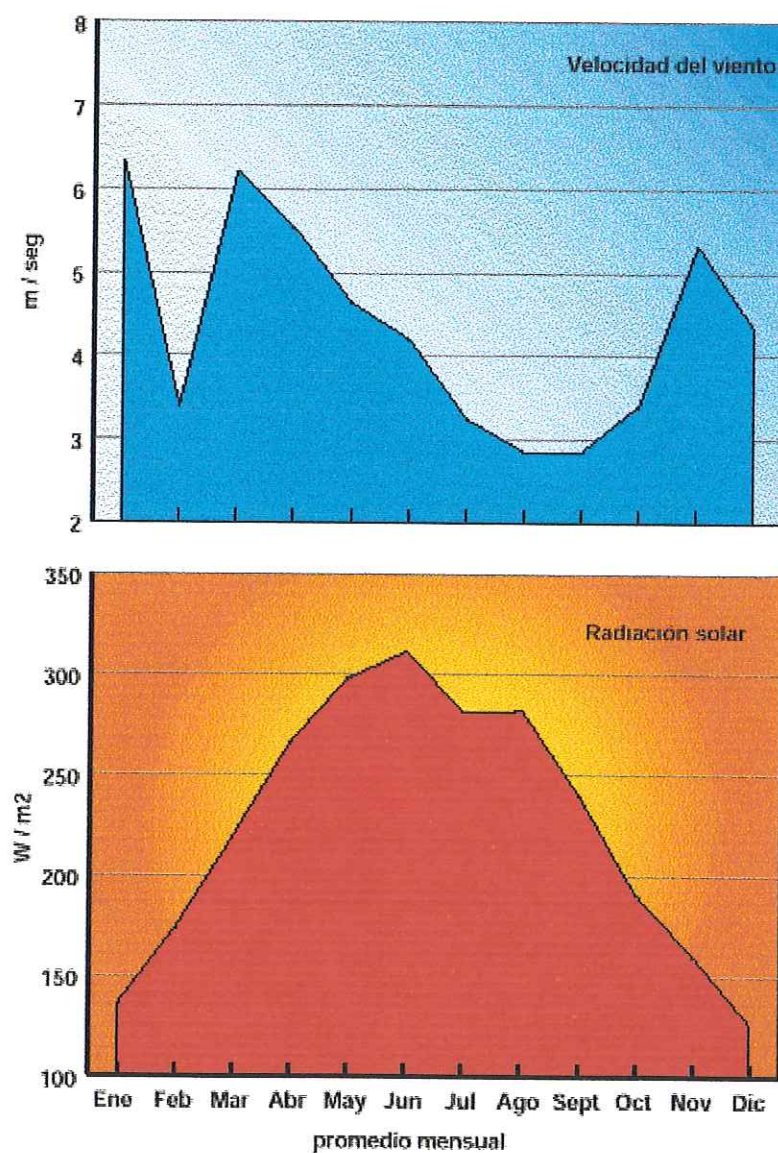


**Figura 28. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Nuevo Rosarito**



**Figura 29. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Jesús María**





**Figura 30. Promedios mensuales de velocidad del viento y de la radiación solar en Cataviña**



---

Asimismo, estas gráficas muestran los promedios mensuales de la velocidad promedio mensual evaluada para los vientos, tomando en consideración las alturas sobre el nivel medio del mar en la que se encuentran las diferentes comunidades. En general, las cinco comunidades muestran que los meses en los cuales la velocidad es mayor, son marzo, abril y mayo. En junio, éstas disminuyen de aproximadamente 6 m/s hasta un promedio de 4 m/s. También, se puede observar, que febrero (en las cinco localidades es menor de 3 m/s), así como agosto y septiembre. son los meses que presentan las velocidades promedio más bajas.

Es importante hacer notar, que los meses durante los cuales las velocidades del viento son bajas, los valores de radiación solar son altos, de tal manera que un sistema híbrido que pudiera combinar las tecnologías eólicas y fotovoltaicas, tendría éxito en su uso.

Para poder determinar la electricidad que se puede obtener mediante la conversión de velocidad de los vientos a kw, es necesario determinar la curva de potencia de las máquinas de conversión. La electricidad producida depende del tipo de convertidor que se utilice, el diámetro de las aspas, la altura a la que se encuentren, etc., por lo tanto cuando se tienen áreas que presentan potencial eólico para su posible explotación, es necesario ponerse en contacto con las empresas comercializadoras de estos sistemas, y darles los datos mínimos requeridos de viento para el uso óptimo de esa tecnología.

---

La CONAE presenta en su página electrónica ([www.conae.gob.mx](http://www.conae.gob.mx)) un programa para estimar el potencial de generación de energía eléctrica a partir del viento, de tal manera que se pueden obtener aproximaciones, de la cantidad de energía eléctrica que puede producirse en un sitio dado.. Por ejemplo, otorgando un valor promedio anual de 5.5 m/s de velocidad del viento para las cinco zonas de estudio, considerando que el recurso se encuentra disponible un 70% del año y con un diámetro de aspas de 7 metros en el convertidor, el precio promedio del kWh en dólares (EUA) sería de 0.589 centavos. Se generarían 129 kWh/mes con una inversión de 6104 dólares y el tiempo de recuperación real sería de 13 años. De manera similar, con las mismas características descritas pero utilizando diámetros de aspas de 14 o 20 m, obtendríamos una generación de 643 kWh/mes y 1574 kWh/mes, respectivamente.

#### IV. DISCUSIONES

En el **panorama mundial**, más del 90% de la demanda de energía comercial primaria, se abastece con el uso de combustibles fósiles, el 7% con energía nuclear y el 3% restante por hidroelectricidad (Anderson, 1996). La tendencia actual en el mundo es que los hidrocarburos se mantendrán como la fuente principal de abastecimiento en el mundo.

Los países en desarrollo serán en el corto plazo, los mercados de energía más grandes en el mundo. ¿Serán capaces de incrementar el uso de la energía con base en sus demandas, y reducir al mismo tiempo la contaminación al medio, producida por la quema de hidrocarburos principalmente? La respuesta técnica y económica pareciera ser afirmativa, si se toman las debidas políticas ambientales para tal fin. Es posible reducir la contaminación hasta en factores de 10 o más, aún cuando los niveles de consumo se incrementen cinco veces más (Anderson, 1994), mediante la modificación de las actuales políticas energéticas.

El problema del calentamiento global ¿podrá cambiar los paradigmas de producción de electricidad y por ende, las actuales políticas de energía? ¿Podrá el uso de fuentes de energía alternativas ayudar a modificar la situación actual? Aún cuando existe incertidumbre acerca del calentamiento global y de sus posibles consecuencias, se cree

---



---

que es posible prevenir la acumulación de carbón en la atmósfera si existieran alternativas disponibles que puedan lograrlo. El mejoramiento de la eficiencia energética ayudará a tal fin, así como a la economía y al medio ambiente.

En el presente, la tasa de emisiones de carbón es alrededor de 6000 millones de toneladas por año, y dichas emisiones se están incrementando casi en proporción directa a las demandas de energía en el mundo; se cree que las emisiones se incrementarán a 10 billones de toneladas en 20 años y a 20 billones en cincuenta años --considerando un mundo con eficiencia energética-- (Anderson, 1996).

Por esto, **existen oportunidades** que permitirán modificar los paradigmas de uso y de generación de energía, y analizar y considerar más seriamente las fuentes no convencionales de energía. Las tecnologías alternativas están emergiendo en los mercados mundiales, principalmente las solares y eólicas. Estas tecnologías tienen numerosos beneficios en su uso:

- *Gran potencial en su desarrollo.* Existen una nueva industria en la innovación de las tecnologías. Sus costos se han disminuído considerablemente y tienden a ser competitivos si se comparan con aquéllos de las tecnologías convencionales. Existe un mercado que está creciendo rápidamente en los países en desarrollo, principalmente hacia las tecnologías solares.

La industria privada ha puesto especial énfasis en el desarrollo y uso de estas tecnologías.

- *Modularidad.* Todas estas tecnologías pueden ser diseñadas para usos en la pequeña y gran escala.
- *Tiempos cortos en su implementación.* La instalación de las mismas toma solamente meses, no años como en las convencionales.
- *Requerimientos bajos en los usos de suelo* (excepto en la energía de biomasa). Se ha estimado que los países en desarrollo pueden alcanzar sus necesidades futuras con la energía solar, utilizando una área de tan sólo 5% o menor que la que se utiliza para fines agrícolas. Más aún, las áreas que no han sido utilizadas en los países, son los lugares más apropiados para hacerlo.

Existen razones para considerar que los países en desarrollo podrán ser capaces de incrementar el uso de energía en el futuro, mientras reducen en gran medida la contaminación. La energía debe ser considerada como un *bien* económico y para ello será necesario reconocer su inmenso potencial para abatir la contaminación y crear las políticas ambientales necesarias que estén basadas en principios económicos.

---

---

Los países desarrollados están invirtiendo grandes cantidades en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, su eficiencia, reducción de costos y posibilidades de expansión en el uso de los mismos. El total de capacidad generadora de energía eólica en el mundo, se mencionó (Abril 22 de 1999) que es de 10,000 MW, de acuerdo con la *American Wind Energy Association* (AWEA) y la *European Wind Energy Association* (EWEA), esto es el preludio del inmenso crecimiento que se espera para las primeras décadas del siglo XXI.

Durante los años 1990's se ha observado, que Europa ha surgido como el líder en el mundo en el desarrollo de energía eólica, y se espera que esto continúe. Christophe Bourillon (1999, Director Ejecutivo de EWEA) mencionó que se espera un crecimiento hasta de 40,000 MW en la capacidad de energía eólica instalada para el año 2010, y de 100,000 MW para el año 2020.

Asimismo, el Director Ejecutivo de AWEA, menciona que aún cuando existen incertidumbres en cómo se plantearán las políticas ambientales, se tiene el proyecto de producir más de 5,000 MW en EUA, durante la próxima década. El crecimiento de la energía eoloelectrónica en ese país, ha sido más lento si se compara con Europa, pero tan sólo este año, se cree que se incrementará en un 50% con respecto al año anterior. Conforme se modifique la cultura y educación de los habitantes hacia la energía, el recurso y su explotación crecerán exponencialmente.

---



La capacidad de energía eólica en el mundo, se ha incrementado en un 25.7% durante los 1990's, doblando la cantidad cada tres años, mientras los costos de producción disminuyen. El costo de la electricidad en la generación de energía eólica es en el presente un sexto de lo que era en 1980 y los analistas en esa industria consideran que un 20-40% adicional se reducirán para el año 2005.

Tanto los gobiernos de la Comunidad Europea como los del EUA, mencionan que el alcanzar 40,000 MW de generación en el año 2010, involucrará la contratación de 1000 000 de empleos, de acuerdo a la EWEA.

En el **panorama nacional**, el sector eléctrico en México tiene una capacidad instalada de 36,000 MW, lo que significa aproximadamente un tercio de kW instalado *per cápita*. Los países desarrollados, requieren de 1 a 2 kW instalados por habitante.

Caldera Muñoz (1998) menciona que cuando la población de México alcance alrededor de 125 millones de habitantes, al finalizar el primer tercio del próximo siglo, si se aspira a tener un país desarrollado, se deberá tener al menos una capacidad instalada de 125,000 MW, es decir, casi tres y media veces la capacidad actual. En otras palabras, hacer tres y media veces en treinta años, lo que a la CFE le llevó cincuenta años construir.

---

¿Cuál o cuáles serán **los retos** de las políticas nacionales energéticas que deben ser planteadas si se plantea alcanzar esa meta? ¿Qué mecanismos y estrategias deberán proponerse para lograrlo? ¿Qué actores deberán estar involucrados en el sistema de toma de decisiones? ¿Por qué? Estas son algunas de las cuestiones que se discuten a continuación.

Las actividades relacionadas con la producción y aprovechamiento de la energía tienen mucho que ver con los problemas ambientales que hoy se tienen en nuestro país y en el mundo. Sin embargo, debe reconocerse también que la producción y el uso de la energía están íntimamente relacionados con la calidad de vida de un pueblo, y éstas deben considerarse como elementos de especial importancia para el desarrollo y crecimiento de México.

La influencia que el sector energético ha tenido en el avance y desarrollo económico de nuestro país es clara. Desde su incipiente desarrollo a finales del siglo pasado, las industrias petrolera y eléctrica promovieron la industrialización del territorio, especialmente después de la expropiación petrolera en el año 1938. Asimismo, la actividad petrolera ha actuado como pilar de la economía del país desde el final de los años 70's y principios de los 80's. En aquella época, la economía del país dependía

---

fundamentalmente de las exportaciones de hidrocarburos, beneficiándose así por las respectivas alzas de sus precios; sin embargo, en 1986 los precios se desplomaron (más de un 50%) pasando de poco más de 19 dólares por barril en enero, a poco más de 8 dólares en julio de ese mismo año. Esto significó una disminución importante en los ingresos producto de las exportaciones del país, y por ende acentuó la crisis económica en la que la nación estaba inmersa.

En 1982, los hidrocarburos se habían constituido ya como una fuente importante de divisas para el país, llegando a representar el 78% del valor de las exportaciones totales. En términos nominales los ingresos derivados de la exportación de petróleo crudo pasaron de 15,600 millones de dólares de 1982 a 6,400 millones en 1993. En términos reales, la pérdida fue mucho mayor, contrayéndose 73% el valor de la exportaciones en 11 años (PEMEX, 1993a).

Con respecto a las **alternativas locales**, los resultados del presente trabajo muestran que para las comunidades bajo estudio, la implementación y uso de las fuentes alternativas solares y eólicas son factibles. Existen, sin embargo, limitaciones al uso de las mismas por variadas razones que serán discutidas posteriormente.

---



Con base en el análisis de las comunidades (necesidades del recurso, número de habitantes, usos finales de la electricidad, etc.), los habitantes mostraron apoyo hacia el uso de tecnologías alternativas (muchas de ellas ya están siendo utilizadas por los mismos, ej. solar). Más aún, las comunidades muestran interés en contribuir con apoyos financieros para la implementación de las mismas (75% de los encuestados apoyarían los costos de inversión y el 25% prefiere que sea financiado por el gobierno estatal).

Las necesidades energéticas que presentan las comunidades en el presente, pueden ser satisfechas en su mayoría, con un abastecimiento bajo que en promedio es de 100 kW/mes. Lo anterior, tiene su base en el número de habitantes promedio por casa habitación (5 personas), usos finales que presentan en el ámbito doméstico actual (4 focos, una TV y un radio/grabadora; los refrigeradores que están utilizando son de gas), y actividades que se llevan a cabo (ganadería, agricultura, servicios y comercio, principalmente).

Los recursos solar y eólico disponibles para las zonas de estudio muestran ser suficientes para cubrir las necesidades de dichas comunidades. Los valores de radiación solar promedio por mes, muestran que casi durante todos los meses del año (excepto por los meses con bajos valores de radiación solar: enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre), dichas necesidades pueden ser satisfechas.

---

---

Asimismo, los resultados muestran que en los períodos en que la radiación solar es menor ( $\sim 150 \text{ w/m}^2$ ), el recurso eólico es bueno (velocidades de 4-7 m/s), de tal manera que puedan ser ambos utilizados por medio de sistemas de tecnologías híbridos, es decir, alternando el uso de tecnologías solares (celdas fotovoltaicas) y eólicas (turbinas eólicas).

En la Tabla V se muestran los tipos de tecnologías, sus costos de inversión, recursos mínimos necesarios para funcionar, ventajas y limitaciones de las tecnologías. De los tres, el sistema eólico es el que menor costo de inversión tiene (4-23 dólares por watt instalado), le sigue el sistema fotovoltaico (12 a 35 dólares por watt instalado) y finalmente, con el costo más alto, los sistemas híbridos (10 a 30 dólares por watt instalado). Por esta razón, es el que menos se ha utilizado en nuestro país, además de la escasez de técnicos especializados. Sin embargo, existen experiencias en México que han sido exitosas, por ejemplo: el proyecto X-Calak (1992) en Quintana Roo, es un sistema híbrido formado por 60 KW de generadores eólicos, 11.2 KW fotovoltaicos y un generador diesel de 125 kVA. Ha estado en operación continua desde 1992 y abastece de energía eléctrica a todo el poblado. Fue instrumentado en 1993 mediante un convenio de colaboración entre Condumex, IIE y los laboratorios de Sandia (EUA), es tecnología extranjera con integración de componentes de desarrollo nacional.

Los costos de las tecnologías solares y eólicas han ido disminuyendo a través del tiempo (figuras 21 y 22) y son, hoy en día, competitivas con los costos de generación de electricidad convencional. La figura 20 muestra como éstos, en la energía fotovoltaica son equivalentes a los de diesel. Asimismo, los impactos al medio ambiente en el largo plazo, serán mayores de aquéllas fuentes de energía tales como la nuclear (Slovic *et al.*, 1979), la quema de hidrocarburos, carbón, entre otras. El problema más grande que representa para el medio ambiente, el uso de tecnologías como la fotovoltaica, se debe a las baterías que son utilizadas para almacenar la energía, pues están compuestas por níquel-cadmio y plomo, elementos altamente contaminantes. Sin embargo, este problema tiende a ser resuelto en el corto plazo pues existen varias investigaciones en proceso, que darán como resultado nuevas formas de almacenaje de energía (Anderson, 1996).

Con esta investigación se demuestra que la tecnología alternativa, la factibilidad de uso y la aceptación de las fuentes alternas de energía en las poblaciones rurales estudiadas, son elementos suficientes para su implementación y uso, sin embargo, políticamente existen limitaciones a nivel estatal, nacional e internacional:

En el **ámbito estatal**, existe la intención de incluir el uso de fuentes alternativas (específicamente solares) en las comunidades rurales (Ing. Mancillas, comunicación

---



---

personal, SubSecretaría de Desarrollo en el Estado), sin embargo ésta no se ha establecido como una política energética clara que considere la utilización de las mismas para ser explotadas no sólo en zonas remotas sino a nivel estatal.

La política actual no incluye el uso de otras fuentes que no sean las actualmente explotadas (geotérmica y termoeléctrica). La figura 3 muestra que el 65% de la energía que se explota en el estado es geotérmica y el resto proviene de derivados de hidrocarburos. La tendencia futura de la política energética estatal propone únicamente el incluir la utilización de gas como recurso complementario a los hidrocarburos utilizados en la termoeléctrica de Rosarito.

Esto sucede quizá, porque la política estatal no está desligada de la nacional. Entonces para modificar la política actual de energía, en vías de un desarrollo sustentable en el estado, se requiere que la política energética nacional se modifique también. México es un país heterogéneo, por lo que sus necesidades de generación y consumo energético, son diferentes. Es necesario internalizar en el proceso de toma de decisiones, las diferentes condiciones de los recursos energéticos y humanos, que identifican y caracterizan a los estados, en este caso a Baja California (de manera local y regional). Es decir, en el estado de Baja California, la mejor opción sería utilizar los recursos locales (geotermal, solar, eólica, oceánica) como se propone en el presente trabajo.

---

---

De esta manera, disminuirían los costos económicos y ambientales, que provoca el transporte de petróleo a la región, proveniente de lugares lejanos (ej. Salina Cruz); se reduciría la contaminación ambiental, debido a la emisión de contaminantes al aire por la quema de hidrocarburos, y se eliminaría el riesgo de accidentes ambientales que ocasiona el transporte y manejo de los combustibles.

Un factor que favorece la toma de decisiones a nivel estatal de manera autónoma, es el hecho de que Baja California no se encuentra conectada a la red nacional y por ende no afectaría el tipo de sistemas que operaran fuera de ésta.

Más aún, la demanda no atendida en el medio rural mexicano hace necesario el establecimiento de un programa nacional de electrificación que incluya, además de la distribución de energéticos convencionales, la promoción del uso de otras fuentes como las que en este trabajo se estudiaron.

Uno de los objetivos que debieran plantear las políticas energéticas (tanto en el nivel estatal como en el federal) sería la inclusión de la comunidad científica y tecnológica en la red de actores (figura 10), para contribuir a un manejo adecuado de la energía y el ambiente. Aún cuando se presenta complicado el poder llevar a cabo una modificación en el SET de México, porque prevalecen los criterios económico-políticos (figura 13), este estudio plantea un SET ideal de los actores y su inter-relación (figura 10), como una

---

---

herramienta sumamente necesaria y urgente si se desean cambios sustanciales en el proceso de toma de decisiones y en el establecimiento de políticas energéticas. Asimismo, será necesario incluir en el SET de actores, la presencia de un *reticulista*, que funcione como la entidad que integre al grupo de actores en el sistema principal.

¿Quién o quiénes podrían coordinar esta red de actores? La propuesta de este trabajo es que sea coordinado por un grupo heterogéneo --centros de investigación, grupos de industriales, organismos financiadores, usuarios, autoridades públicas-- que participen activamente en el desarrollo y difusión de innovaciones, las cuales mediante diversas interacciones, organicen las relaciones que se establecen entre la investigación científico-técnológica y la del mercado. Este grupo tendría que ser creado pues en el presente no existe como tal.

El incluir, reunir y relacionar a los actores en un sistema de evaluación, tendría beneficios al menos en dos aspectos:

- Técnicos: la evaluación técnica mostraría un mejor manejo potencial de los recursos y del ambiente, e involucraría tan ampliamente como fuera posible al resto de los actores incluidos en la red (sean éstos industriales, promotores, comunidades locales, etc). El reunir a esta red de actores en el sistema sería un pre-requisito para un posible análisis multicriterio y se constituiría como una etapa necesaria dentro del SET. Ésta, incluiría el análisis con la totalidad de los actores,
-



---

podría modificar los criterios actualmente utilizados (figura 13) y se tomaría en consideración de diferentes maneras, entre otras, a) como criterio de soberanía nacional (en términos de evaluación de recursos, optimización en el uso de los mismos e impulso en el desarrollo de tecnologías *ad hoc* a las necesidades del país y de sus comunidades); b) como criterio para evaluar el impacto al medio ambiente; c) como satisfacción de un deseo de equidad social (por ejemplo, la disponibilidad de recursos energéticos en las zonas remotas). El resultado de una evaluación basada en la consulta de una red de actores, y en un análisis multicriterio. El resultado será una lista de productos identificados precisamente por las acciones del proceso de toma de decisiones, en cuanto a la instalación de plantas eléctricas, y cuyo desarrollo permita el avance del mismo o de manera contraria su remplazo.

- ▶ Económicos: esta es una etapa tecno-económica que incluya las relaciones entre los productos de la investigación y sus demandas en el mercado (usuarios). Una vez establecida la lista, la agencia o dependencia encargada de implementar o llevar a cabo las acciones recomendadas tendría una segunda meta que es la identificación de los campos científicos y/o tecnológicos que pueden, después de un análisis selectivo, contribuir al desarrollo, funcionamiento, mejoramiento y diseminación de los productos resultantes.

## V. CONCLUSIONES

- El panorama mundial muestra que más del 90% de la demanda de energía comercial primaria se abastece de combustibles fósiles, el 7% de energía nuclear y el 3% restante de hidroeléctrica. Sin embargo, los problemas del calentamiento global --entre otras causas-- deberán modificar estas tendencias en el futuro.
  - Los países desarrollados están invirtiendo grandes cantidades en la investigación y desarrollo de tecnologías alternativas (principalmente eólicas y fotovoltaicas) que permitirán que se incremente su eficiencia, se reduzcan sus costos de generación y explotación y que se incremente su uso alrededor del mundo.
  - Los países en desarrollo serán en el futuro, los mercados de energía más grandes del mundo, y existen razones para suponer que éstos serán capaces de incrementar el uso de la energía en los mismos, mientras reducen en gran medida la contaminación. Para ello, será necesario modificar los paradigmas actuales del uso y generación de la energía, ya que las actividades relacionadas con la producción y aprovechamiento de la energía tienen mucho que ver con los problemas ambientales que se tienen actualmente en nuestro país.
-

- Las comunidades rurales de la costa Pacífico de la Baja California poseen los recursos (sol y viento) suficientes para satisfacer sus demandas, con base en los usos finales de la electricidad que tienen actualmente y en el promedio de consumo mensual. Los habitantes mostraron su apoyo hacia el uso de tecnologías alternativas (fotovoltaicas y turbinas de viento), más aún, la mayoría de los habitantes (75%) se pronunciaron a favor de contribuir parcialmente en el financiamiento para la instalación de las mismas.
- Los recursos solar y eólico disponibles en las zonas bajo estudio, muestran ser suficientes para cubrir las necesidades presentes domésticas y actividades que se desempeñan en las mismas. Los valores de radiación promedio mensuales muestran que gran parte del año (excepto en invierno y parte del otoño) son suficientes, y cuando éstos disminuyen los  $150 \text{ w/m}^2$ , el recurso eólico se presenta como una solución. Los valores de velocidad promedio del viento en estas temporadas varían entre 4 y 7 m/s, de tal manera que el presente estudio propone la utilización de sistemas híbridos para la producción de electricidad, combinando el uso de celdas fotovoltaicas y turbinas eólicas.



- 
- La tecnología de más bajo costo de inversión es la eólica (4-23 US dls/watt instalado), seguida por la fotovoltaica (23-35 dólares/watt instalado) y la híbrida (10-30 dólares/watt instalado). Asimismo, los costos de generación, son bastante cercanos a los producidos por tecnologías convencionales.

La energía eólica es, en el presente, equivalente a los anteriores (alrededor de 10 centavos de dólar por kW/h).

- La factibilidad de uso y la aceptación de las fuentes solares y eólicas en las poblaciones rurales, argumentos suficientes para su posible implementación en las mismas, sin embargo, existen limitaciones, económicas y políticas, que deberán preverse para tal fin.
  - Para poder modificar la actual política estatal, deberá modificarse necesariamente la política energética nacional. Es necesario internalizar en el proceso de toma de decisiones, las condiciones, recursos energéticos y humanos, que identifican y caracterizan a la Baja California (local y regionalmente). Asimismo, utilizar los recursos que existen en el estado (sol, viento, geotermal, oceánico) con el fin de disminuir los costos económicos y ambientales, que se han provocado con el transporte de hidrocarburos desde regiones muy lejanas (Golfo de México), contaminación ambiental (debido a la emisión de contaminantes al aire), y el riesgo de accidentes ambientales en el transporte y manejo de los combustibles.
-

- 
- Las políticas energéticas nacionales y estatales deberán plantearse mediante la participación de una red de actores (propuesta de este estudio) que incluya a la comunidad científica y tecnológica, en vías de contribuir al manejo adecuado de los recursos y del ambiente. Este estudio plantea un SET ideal de los actores y su inter-relación como una herramienta útil en el proceso de toma de decisiones. La coordinación de esa red de actores se propone que sea por un grupo heterogéneo formado por centros de investigación, grupos de industriales, organismos financiadores, usuarios, autoridades públicas, que participen activamente en el desarrollo y difusión de innovaciones, las cuales mediante diversas interacciones, organicen las relaciones que se establecen entre la investigación científico-tecnológica y la del mercado.
  - Será necesario implementar un programa de educación ambiental (a nivel estatal) en cuanto a los recursos energéticos, su eficiencia, sus costos de instalación y generación, los beneficios que presentan con respecto a las tecnologías convencionales y las modificaciones en los hábitos y/o costumbres que tendrán que llevarse a cabo para la utilización óptima de los mismos.
  - La implementación y desarrollo en el uso de los recursos puede tener éxito en las comunidades rurales de Baja California, debido a que ya se contempla como una
-

---

futura política energética a nivel mundial, la utilización de los mismos. Organismos como el Banco Mundial de Desarrollo, el Fondo Monetario Internacional, entre otros están a favor de la investigación y desarrollo de tales tecnologías y será necesario buscar las opciones (organismos internacionales) que permitan la electrificación de estas zonas bajo diferentes modalidades.

- Será necesario el llevar a cabo investigaciones sobre los aspectos técnicos de las tecnologías a implementarse en las comunidades y en cuanto al mantenimiento de las mismas, de tal manera que los habitantes puedan autoregular el funcionamiento de las mismas. Asimismo, se deben llevar a cabo estudios sociales que incluyan los aspectos educativos y culturales de las comunidades rurales, con el fin de que exista una continuidad en las políticas energéticas que se establezcan para las mismas. El papel protagónico de los habitantes es muy importante. Finalmente, este estudio recomienda el establecimiento de una red de monitoreo, de condiciones meteorológicas, con el fin de medir *in situ* a las mismas, y por lo tanto conocer exactamente el potencial de los recursos.



---

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, D. 1994. Cost-effectiveness in addressing the CO<sub>2</sub> problem, with special reference to the investments of the Global Environment Facility. *Annual Review of Energy and the Environment*, Vol.19(423-455).
  - Anderson, Dennis. 1996. Energy and the environment: technical and economic possibilities. *Finance and Development*, June 1996. 10-13pp.
  - Barde, J.P. and D.W. Pearce (Eds). 1991. Valuing the environment: six case studies. Earthscan Publications Ltd. 332pp
  - Banke, E.G., S.D. Smith. 1971. Wind stress over ice and water in the Beaufort Sea. *Journal of Geophysical Research*, 6(30), 7368-7374.
  - Benney, M. And Hughes, E.C. 1970. Of Sociology and the Interview, in N.K. Denzin (comp) 1970, *Sociological Methods: A sourcebook*, Chicago, Aldine, 175-188pp.
  - Boparai, S.S. 1998. India and renewable energy: a future challenge. *Renewable Energy* (Energy Efficiency, Policy and the Environment) Vol(15-16)4004, 16-22pp.
  - Caldera Muñoz, E. 1998. Potencial de generación eléctrica con energías renovables en México. Documento de Trabajo (No publicado). Secretario Ejecutivo del COFER, Septiembre 1998. México, D.F., 36 pp.
  - Castro, R., Lavin, M.F. and P. Ripa. 1994. Seasonal heat balance in the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 99(C2) 3249-3261p.
  - Cerca Martínez M. 1995. Evaluación del potencial de extracción de energía eléctrica a partir del oleaje, como posible fuente alterna en Rosarito, Baja California. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C. 51pp.
  - Clément, D. 1996. Energy Policy and R&D in France. En *Comparing Energy Technologies*. International Energy Agency and OECD 1996. Paris, Francia. 57-81pp.
  - Comisión Federal de Electricidad y Secretaría de Energía, Minas e industria Paraestatal. 1990. Fuentes de Energía y Desarrollo Nacional, México, D.F.
-

- 
- Comisión Federal de Electricidad. 1992a. Hacia el siglo XXI. México, D.F.
  - Comisión Federal de Electricidad. 1992b. Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión del sector eléctrico, Subdirección de Programación.
  - Comisión Federal de Electricidad. 1995. Desarrollo del Mercado Eléctrico. México,D.F.
  - Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. 1995. Informe de Labores. Secretaría de Energía. 63pp.
  - Danish Ministry of Energy. 1990. Energy 2000. A plan of action for sustainable development. Denmark, 1990.
  - Dower, R, Ditz, D., Faeth, P., Johnson, N., Kozloff, K. and J.J. MacKenzie. 1997. Frontiers of Sustainability: Environmentally Sound Agriculture, Forestry, Transportation and Power Production. Island Press, Washington, D.C. 367 pp.
  - Fischer,D.W. and Robert F. Keith. 1977. Assessing the development decision-making process: a holistic framework. *American Journal of Economics and Sociology*, Vol. 36(1), 1-16pp.
  - Galindo Estrada, I. y M. Valdés Barrón. 1991. México: Atlas de Radiación Solar. Documentos de Análisis y Prospectiva del Programa Universitario de Energía.UNAM, México.
  - Ganster, P. 1997. Social, Economic and Political Context for Environmental and Energy Issues of the US-Mexican Border Region. In *Boundaries and Energy: Problems and Prospects*, (Durham, U.K.: International Boundary Research Unit, University of Durham), 1-19p.
  - Gobierno del estado de Baja California. Plan Estatal de Desarrollo 1996-2001. 277p.
  - Gobierno Municipal del H. XVI Ayuntamiento. 1999. Plan Municipal de Desarrollo 1999-2001. 226pp.
  - Gómez Vallarta, S. 1999. Factibilidad de uso de la energía eólica para desalinizar agua de mar en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada,B.C. 31pp.
-



- 
- Hellerman, S., M. Rosenstein. 1983. Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates. *Journal of Physical Oceanography*, 13, 1093-1104.
  - Hollander, J.M. (Editor). 1992. The energy-environment connection. Island Press, Washington, D.C. 278pp
  - Hsu, S.A. 1981. Models for estimating offshore winds from meteorological measurements. *Boundary Layer Meteorology*, 20, 341-351.
  - Hsu, S.A. 1986. Correction of land-based wind data for offshore applications: a further evaluation. *Journal of Physical Oceanography*, 16, 390-394.
  - Huacuz, J. 1995. Non-fossil fuel based energy sources. In Energy and environment in the California-Baja California border region. Edited by A. Sweedler, P. Ganster and P. Bennett. Institute for Regional Studies of the Californias, San Diego State University, 1995. 179pp.
  - Instituto Nacional de Ecología. 1994. Medio Ambiente y Energía. Junio 1994, 1-32pp
  - Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1993. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Gobierno del Estado de Baja California 249 pp.
  - International Energy Agency. 1996. Comparing energy technologies. OECD/IEA, Paris, France. 336pp.
  - Kirk, J. and Miller, M.L. 1986. Reliability and validity in qualitative research (Qualitative Research Methods Series, Vol. 1) Beverly Hills, CA: Sage, 78pp.
  - Miles, M.B. and A.M. Huberman. 1994. Qualitative data analysis: An Expanded Sourcebook. 2<sup>nd</sup> Edition. 338pp.
  - National Renewable Energy Lab. 1991. Photovoltaics Program Plan FY 1991-FY1995. National Photovoltaics Program, US Dept. Of Energy, Washington, D.C. (October, 1991) 10p.
  - PEMEX, 1988. Anuario Estadístico. México, D.F.
  - PEMEX. 1993a. Anuario Estadístico. México, D.F.
  - PEMEX. 1993b. Memoria de Labores. México, D.F.
-



- 
- Quintero-Núñez, M., León Diéz, C. And R.I. Rojas. 1993. Environmental impact of two energy systems in the state of Baja California: geothermoelectric and thermoelectric power plants. *International Symposium on Heat and Mass transfer in Energy Systems and Environmental Effects*. Cancun, México. 457-462p.
  - Radhwan, A.M. 1994. Wind energy applications in remote areas of Saudi Arabia. *International Journal of Ambient Energy* 5(3):123-130pp.
  - Roe, E. 1994. Narrative Policy Analysis. Theory and Practice. Duke University Press, 199 p.
  - Schwartz, M.N., D.L. Elliott. 1995. Mexico wind resources assessment project. Report NREL/TP-441-7809, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO., USA, 12 pp.
  - Schrader-Frechette, K.S. 1985. Science Policy, ethics and economic methodology: some problems in technology assessment and environmental impact analysis. Boston. D. Reidel Publ. Co.
  - Secretaría de Desarrollo Económico de Baja California. 1997. Agenda de Infraestructura del Estado de Baja California. Gobierno del estado de Baja California, 83pp.
  - Secretaría de Programación y Presupuesto. Gobierno Federal. Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994, 134pp.
  - Secretaría de Energía. 1995. Programa de Desarrollo y Reestructuración del Sector de la Energía 1995-2000. 105pp.
  - Secretaría de Energía. 1995. Documento de Prospectiva del Sector Eléctrico 1995-2004. 67 pp.
  - Secretaría de Hacienda y Crédito Público. 1995. Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000. 177pp.
  - Sejenovich, H. 1992. Energía y ambiente en el desarrollo sustentable. En Memoria de energía, medio ambiente y desarrollo sustentable. ENEP-ACATLAN-UNAM, Mayo 1992
-

- 
- Slovic, P., Lichtenstein, S. and Baruch Fischhoff. 1979. Images of disaster: perception and acceptance of risks from nuclear power. In Goodman, G.T. and Rowe, W.D. (Eds). 1979. *Energy Risk Management*. Academic Press 223-245pp.
  - Suharta, S., Sena, P.D., Sayigh, A.M. and A. Komarudin. 1998. The social acceptability of solarcooking in Indonesia. *Renewable Energy* (Energy Efficiency, Policy and the Environment) Vol(15-16)4004, 1151-1155pp.
  - Sweedler, A., Quintero-Núñez, M. And P. Bennett. 1997. Energy Sector in the California-Baja California Border Region. In *Boundaries and Energy: Problems and Prospects*, (Durham, U.K.: International Boundary Research Unit, University of Durham), 19-37pp.
  - Taylor J. y R. Bogdan. 1998. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Editorial Paidós. 343p.
  - Tufte, E.R. 1986. Designing statistical presentations. *Social Science*, 71(1), 75-80.
  - United States Department of Energy. 1986. Global distribution of total cloud cover and cloud type amounts overland. Office of Energy Research. USA.
  - Universidad Nacional Autónoma de México. 1987. El Auge petrolero: de la euforia al desencanto. Facultad de Economía. Economía de los 80's. México, D.F.
  - Young, I and G. Holland. 1996. *Atlas of the Oceans: Wind and Wave Climate* on CD-ROM. Elsevier Science Limited.
  - Wad, Atul and Michael Radnor. 1984. Technology assessment: review and implications for developing countries. UNESCO, publication 61.
  - World Directory of Renewable Energy Suppliers and Services. 1997. James & James (Science Publishers) Ltd. London, UK. 472 pp.
-

---

## APÉNDICE A

### Formulario de preguntas utilizado en las entrevistas con los Informantes Clave

1. ¿Qué criterio(s) se utiliza(n) para instalar y echar andar una planta de energía ?  
(económicos, sociales, tecnológicos y ambientales)
2. ¿Qué tipo de información económica es utilizada para establecer y operar una planta de energía y quién coordina esto?
3. ¿Qué tipo de información se debe recopilar? Cuáles son las fuentes de información a las que se debe recurrir? y ¿qué tipo de consultores debemos considerar?
4. ¿Qué información económica se utiliza y quién coordina esto?
5. ¿Qué es lo que hacen los encargados de producir electricidad en términos de reducir los impactos negativos que ésta está produciendo?
6. ¿Cuál es el principal problema que existe cuando se desarrolla y opera una nueva planta de generación de electricidad?
7. ¿Qué ventajas existen en el uso de fuentes alternas de energía en nuestro país y en especial en el estado de Baja California?
8. ¿El estado de Baja California es un sitio aislado del resto del país. ¿Qué fuentes de energía cree usted que serían las más viables en explotarse en este estado y por qué? ¿Qué piensa usted por ejemplo de explotar la energía solar, eólica u oceánica en Baja California y por qué?
9. ¿Qué impactos cree usted que tendrán las fuentes alternas de energía en el área y qué tipo de información cree usted que sería necesario consultar para que tuviese éxito la implementación de alguna de estas fuentes en el estado. Quién coordina esto o quién considera usted que debiera coordinarlo?



## APÉNDICE B

### Formulario de preguntas que se llevaron a cabo específicamente en la Planta Termoeléctrica de Rosarito, Baja California.

1. ¿Qué criterios se utilizaron para decidir el desarrollo de la planta termoeléctrica de Rosarito y porqué se decidió que fuera en este lugar? Se tomaron en cuenta criterios ambientales? Cuáles? (¿quién lo decide, qué factores se toman en cuenta, qué otras alternativas existían, porqué se rechazaron éstas?)
2. ¿Qué tipo de problemas se han experimentado en la planta desde su inicio?
3. ¿Cuál es el futuro de la planta que usted prevee?
4. ¿Qué otras fuentes de energía considera usted que se utilizarán en el futuro en la Baja California?
5. ¿Considera usted la posibilidad de uso de fuentes alternas de energía? ¿Cuáles? ¿Porqué?
6. ¿Quién o qué dependencia considera o toma estas decisiones?

## APÉNDICE C

### Formulario de preguntas que se aplicaron a los habitantes de las comunidades rurales bajo estudio

1. ¿Tiene electricidad la vivienda que habita en su comunidad?  
a) si                      b) no                      c) no sabe
2. Si la respuesta anterior es positiva ¿de dónde proviene este servicio de electricidad?  
a) CFE                      b) propia                      c) otra (especifique)
3. ¿Qué tipo de actividades se llevan a cabo en su comunidad?  
a) pesqueras                      b) agrícolas                      c) turísticas                      d) otras(especifique)
4. ¿Considera usted que el servicio de electricidad es necesario para llevar a cabo estas actividades?  
a) si, ¿para cuáles?                      b) no
5. ¿Qué piensa del costo que tiene que pagar por este servicio?  
a) es alto                      b) es bajo                      c) no sé
6. ¿Que tipo de aparatos eléctricos posee en su vivienda?  
a) refrigerador                      b) TV                      c) VCR                      d) equipo de sonido                      e) otro (especifique)
7. ¿Cuál es el promedio de personas por familia en su comunidad?  
a) tres                      b) cuatro                      c) cinco                      d) seis                      e) otro (especifique)
8. ¿Conoce usted cuál es su consumo mensual de electricidad? (Si no lo sabe que mencione los aparatos eléctricos de su vivienda y/o empresa)

9. ¿Conoce algún tipo de energía alternativa?

- a) solar      b) eólica      c) oleaje      d) mareas      e) otra (especificar)

10. Si pudiera elegir entre alguna de estas fuentes alternas de energía, ¿cuál estaría de acuerdo en utilizar y por qué?

11. Cada fuente de energía tiene diferentes costos para poder ser producida, a continuación encontrará los costos estimados de producción de cada una de ellas. ¿Cuál estaría usted dispuesto a pagar? (Marque en el paréntesis.

| <u>Fuente de energía</u>     |     | <u>Costos totales (internos y externos)</u> |
|------------------------------|-----|---------------------------------------------|
| Termoeléctrica (combustóleo) | ( ) | 0.664 - 1.152 / kWh neto                    |
| Termoeléctrica (carbón)      | ( ) | 0.600 - 0.984                               |
| Termoelectrica (gas)         | ( ) | 0.568 - 0.880                               |
| Nuclear                      | ( ) | 1.16 - 2.14                                 |
| Solar y eólica               | ( ) | 0.568 - 2.43                                |

Fuente: CFE, Subdirección de Programación, 1991.

12. Si usted sabe que la energía que proviene de la quema de combustibles esta causando contaminación al aire y al agua y pudiera utilizar una fuente alterna "limpia", ¿qué costo estaría usted dispuesto a pagar por éste?

- a) 5-10 pesos más      b) 20-30      c) 50      d) más de 100

13. Estaría usted dispuesto a pagar un servicio más caro que el que provee CFE cada mes, por contar con fuentes de energía que no produzcan daño al medio ambiente?

- a) si      b) no      c) no sé

14. ¿Estaría usted dispuesto a pagar por la inversión de instalar su propia planta generadora de energía eléctrica? (proveniente de una fuente limpia)

- a) si      b) no      c) no sé

15. ¿Cuáles servicios tiene en su comunidad? (Agua, teléfono, etc)

- a) agua      b) teléfono      c) otros (especificar)



16. ¿Considera usted que alguien o alguna institución puede oponerse al uso de fuentes alternativas de energía en su comunidad?

a) si (quién o quiénes?)    b) no    c) no sé

---

### LISTA DE ACRÓNIMOS

---

|        |                                                            |
|--------|------------------------------------------------------------|
| BC     | Baja California                                            |
| BM     | Banco Mundial                                              |
| CFE    | Comisión Fedral de Electricidad                            |
| CNRE   | Comisión Nacional Reguladora de Energía                    |
| COLMEX | Colegio de México                                          |
| CONAE  | Comisión Nacional de Ahorro de la Energía                  |
| FMI    | Fondo Monetario Internacional                              |
| EST    | Evaluación Social Tecnológica                              |
| EUA    | Estados Unidos Americanos                                  |
| IIE    | Instituto de Investigaciones Eléctricas                    |
| IMP    | Instituto Mexicano del Petróleo                            |
| INE    | Instituto Nacional de Ecología                             |
| INEGI  | Instituto Nacional de Estadística, Informática y Geografía |

---

---

|          |                                                               |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| ONU      | Organización de Naciones Unidas                               |
| PED      | Plan Estatal de Desarrollo                                    |
| PEMEX    | Petróleos Mexicanos                                           |
| PIB      | Producto Interno Bruto                                        |
| PMD      | Plan Municipal de Desarrollo                                  |
| PND      | Plan Nacional de Desarrollo                                   |
| PROFEPA  | Procuraduría Federal de Protección al Ambiente                |
| SE       | Secretaría de Energía (antes llamada SEMIP)                   |
| SECOFI   | Secretaría de Comercio y Fomento Industrial                   |
| SET      | Sistema de Evaluación Tecnológico                             |
| SEN      | Sistema Eléctrico Nacional                                    |
| SEMARNAP | Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca      |
| SEMIP    | Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (ver SE) |
| SHCP     | Secretaría de Hacienda y Crédito Público                      |
| STD      | Sistema de Toma de Decisiones                                 |
| TLC      | Tratado de Libre Comercio                                     |
| TM       | Tomadores de Decisiones                                       |
| UNAM     | Universidad Nacional Autónoma de México                       |

---