



Universidad Nacional Autónoma de México  
Centro de Investigación en Energía

## ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO: EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

*Centro de Investigación en Energía, UNAM*



**Jorge Islas Samperio**  
**Comisión de Energía**  
**H. Cámara de Diputados**

Palacio Legislativo de San Lázaro,  
México, D.F., 14 de diciembre de  
2011.

[www.cie.unam.mx](http://www.cie.unam.mx)



## Objetivos

- Panorama de las energías renovables en el mundo y en México.
- Políticas públicas para impulsar el uso de las energías renovables en México.



## Tendencias en la oferta energética nacional



- Declinación del petróleo barato.
- Gas natural convencional menos disponible en México y con alta incertidumbre en los precios futuros.
- Carbón escaso y muy contaminante.
- ¿Relance nuclear después de Fukushima?
- Aparente abundancia de gas shale, pero costos inciertos e importantes retos ambientales y de infraestructura.
- Emergencia de las energías renovables



## Tendencias mundiales sobre el impacto ambiental



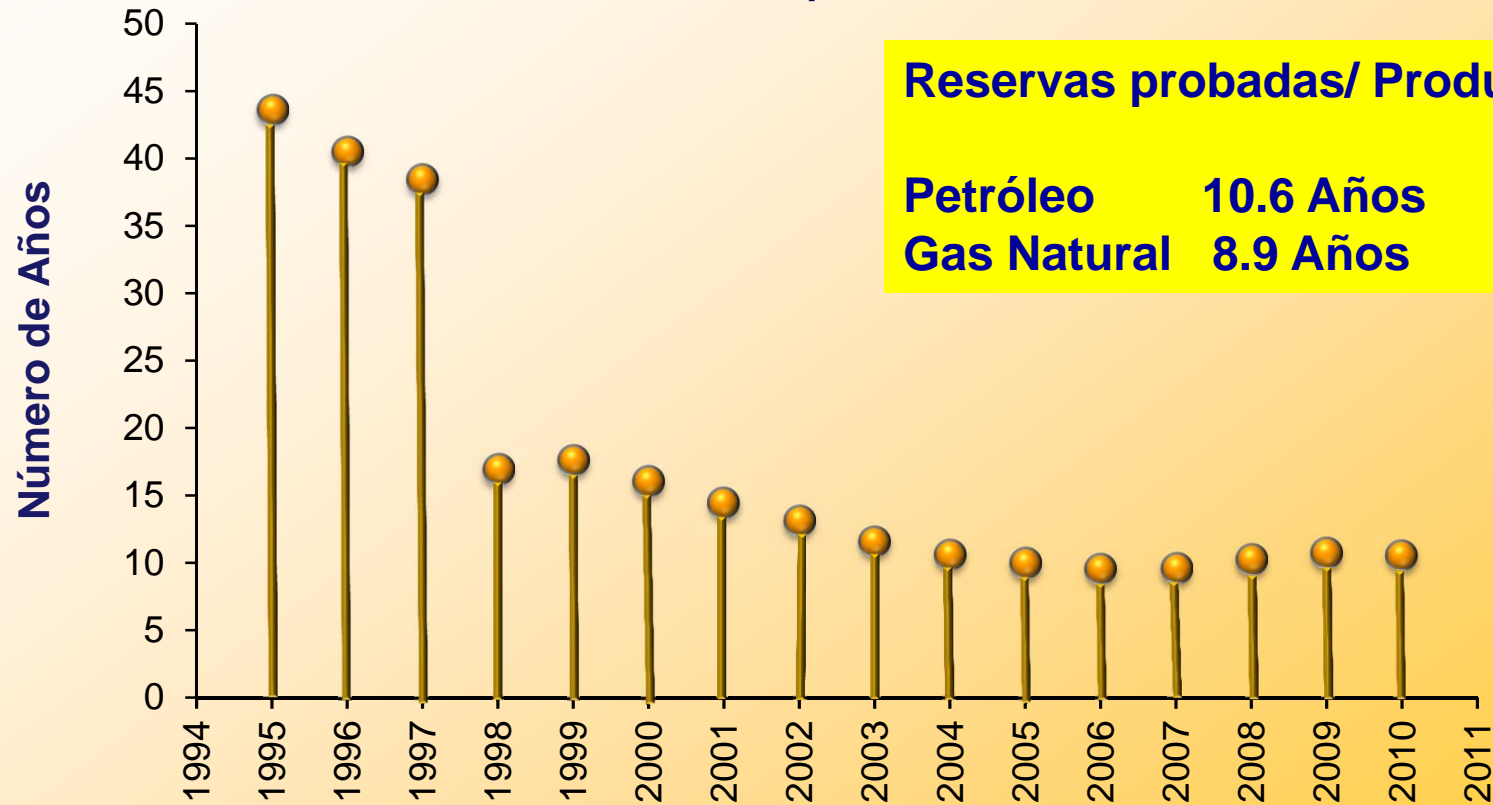
- El problema del cambio climático es reconocido como el problema ambiental más grave para la supervivencia humana.
- Crecientes restricciones ambientales locales y regionales.
- Incorporación de externalidades negativas.
- Emergencia de mercados mundiales de emisiones de CO<sub>2</sub> y otros para mitigar el impacto ambiental.
- Creciente financiamiento internacional y nacional para la mitigación del cambio climático, como la energía verde .



# Evolución de las reservas probadas de hidrocarburos en México



## Evolución reservas/producción, 1995-2010



Fuente: BP, 2011. International Repport of Energy 2010; Pemex, varios años. Reservas.



## ***Crisis del paradigma energético actual***



- Puesta en causa del paradigma actual de consumo y producción de energía basado en recursos fósiles.
- Este paradigma energético parece haber encontrado sus límites y está en duda su viabilidad para generar bienestar y mantener la sobrevivencia de la sociedad.
- Surge la necesidad de transitar a otro paradigma energético y más en general de progreso de la sociedad.





# Energías Renovables



Centro de Investigación en Energía, UNAM

➤ **Eólica**



➤ **Solar fotovoltaica**



➤ **Hidráulica**



➤ **Geotérmica**



➤ **Oceánica**



➤ **Potencia térmica a base de biomasa**



➤ **Potencia térmica solar**



➤ **Hidrógeno renovable**



## La universalidad de las Energías Renovables



- Obtención de todas las formas de energía
  - Sólidos, líquidos y gaseosos
- Satisfacción de todos los usos finales de la energía
  - Electricidad, trabajo mecánico y calor de diferentes temperaturas
- Satisfacción de los usos no energéticos empleando insumos de la biomasa







# Estado de desarrollo de las tecnologías renovables



## ➤ **Tecnologías maduras**

- Gran, mediana y pequeñas hidroeléctricas
- Geotérmicas convencionales
- Captadores solares

## ➤ **Tecnologías nuevas comerciales**

- Eólica
- Sistemas fotovoltaicos
- Bioetanol, Biodiesel
- Potencia térmica de biomasa (gasificación y combustión, con almacenamiento de carbón vegetal (biochar))
- Concentración solar térmica de mediana temperatura con y sin intermitencia

## ➤ **Tecnologías en rápido desarrollo**

- Redes inteligentes para el manejo de la intermitencia
- Potencia solar sin intermitencia
- Geotérmica avanzada
- Biomasa de segunda y tercera de generación
- Biorefinerías
- Hidrógeno renovable automotriz y de generación eléctrica

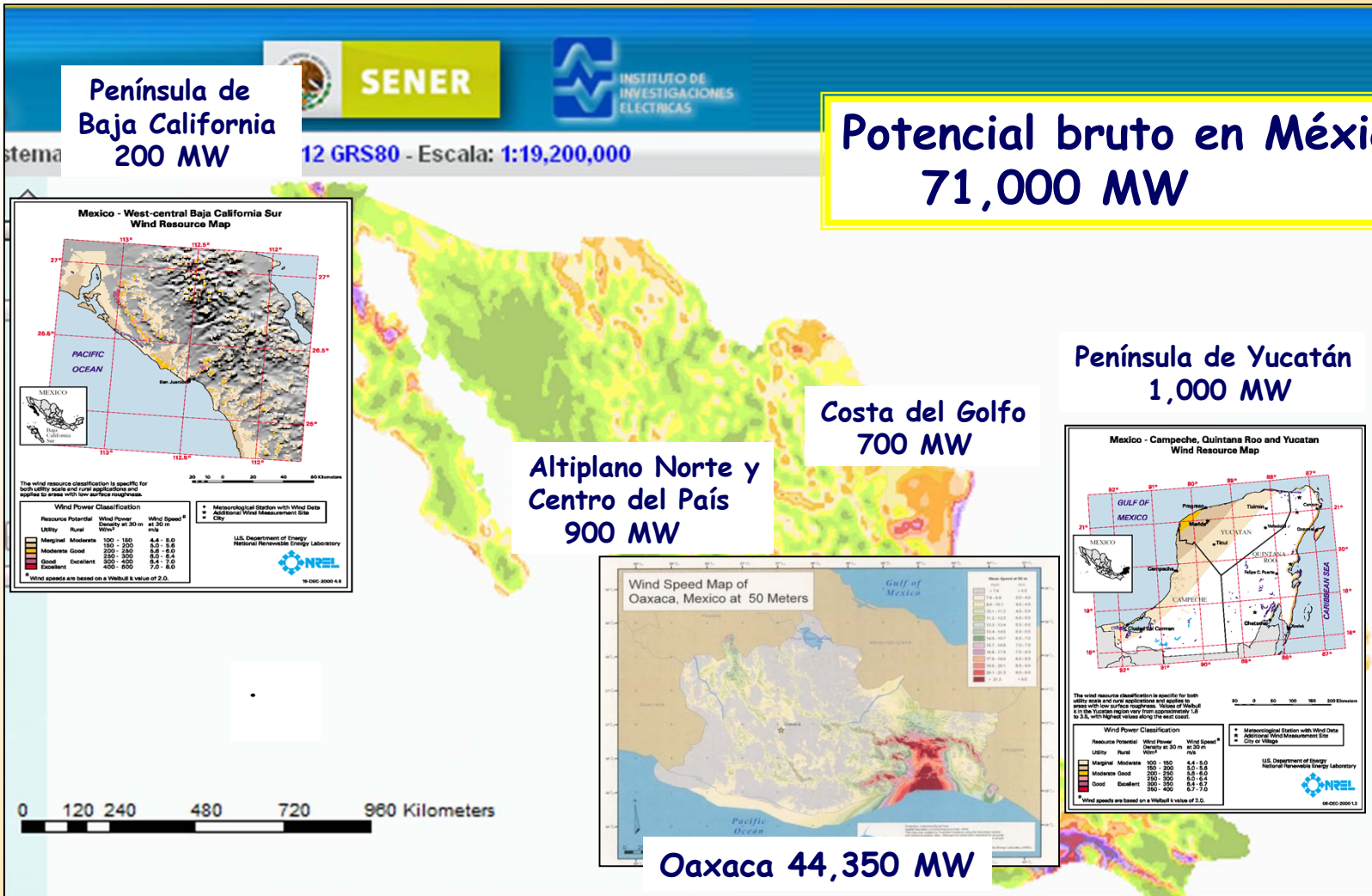
- 9 ➤ Sistemas fotovoltaicos de segunda generación



# Energía Eólica Potencial en México



Centro de Investigación en Energía, UNAM



Fuente: Presidencia de la República, 2010; NREL, 2003; SENER/IIIE, 2011.



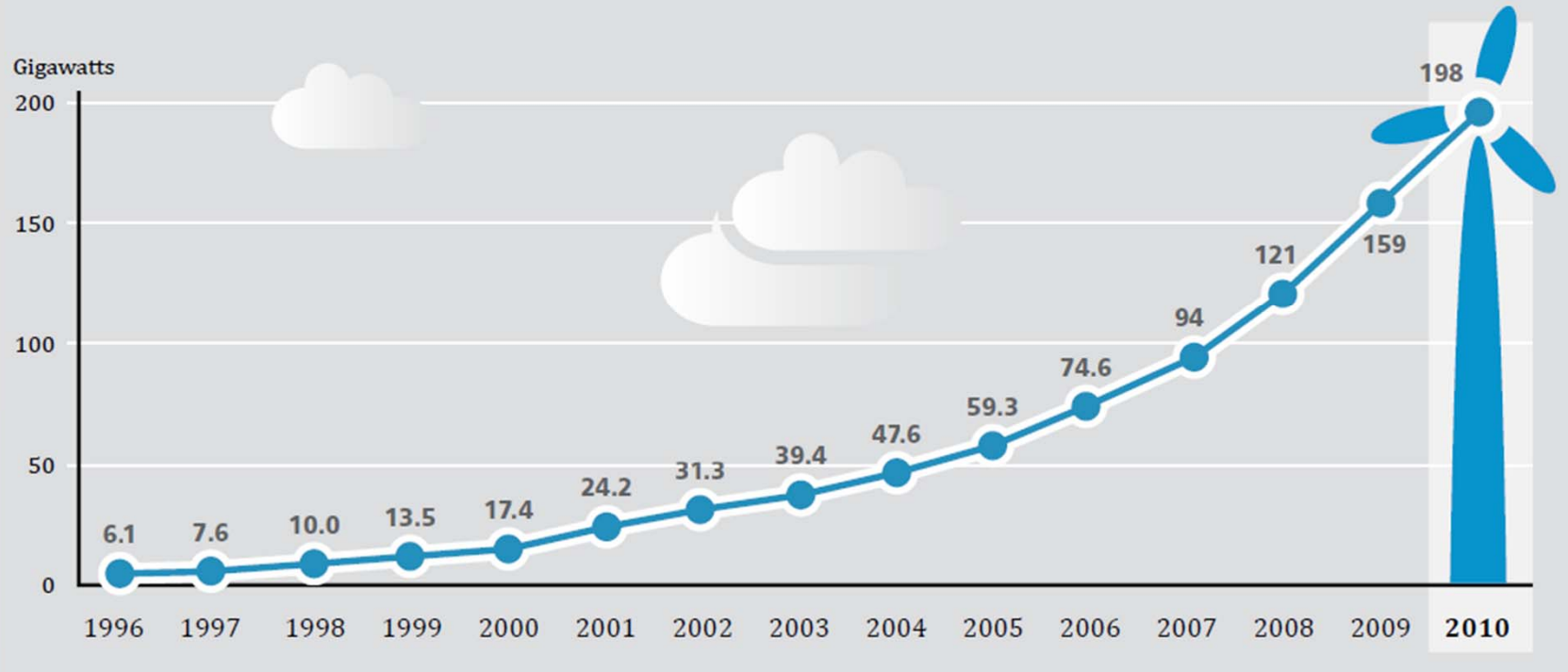
# Energía Eólica: Tecnología



Centro de Investigación en Energía, UNAM

## Capacidad Instalada en el Mundo 198 GW (2010)

Figure 5. Wind Power, Existing World Capacity, 1996–2010



Fuente: Ren21. 2011



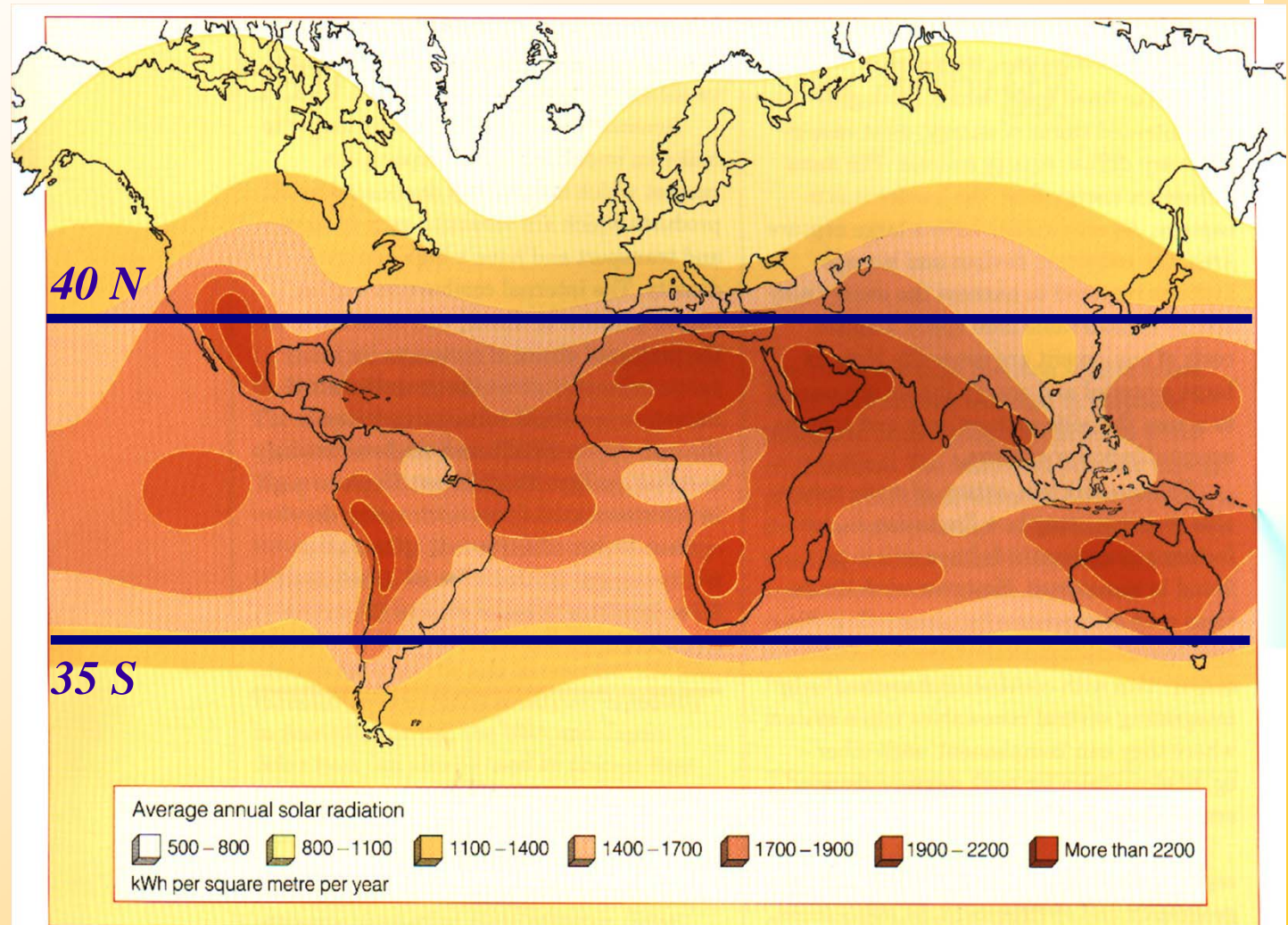


# Energía Solar, un recurso inagotable



La energía solar recibida cada 10 días sobre la Tierra equivale a **TODAS** las reservas conocidas de petróleo, carbón y gas.

El 70% de la población del planeta vive dentro de la denominada "Franja Solar".



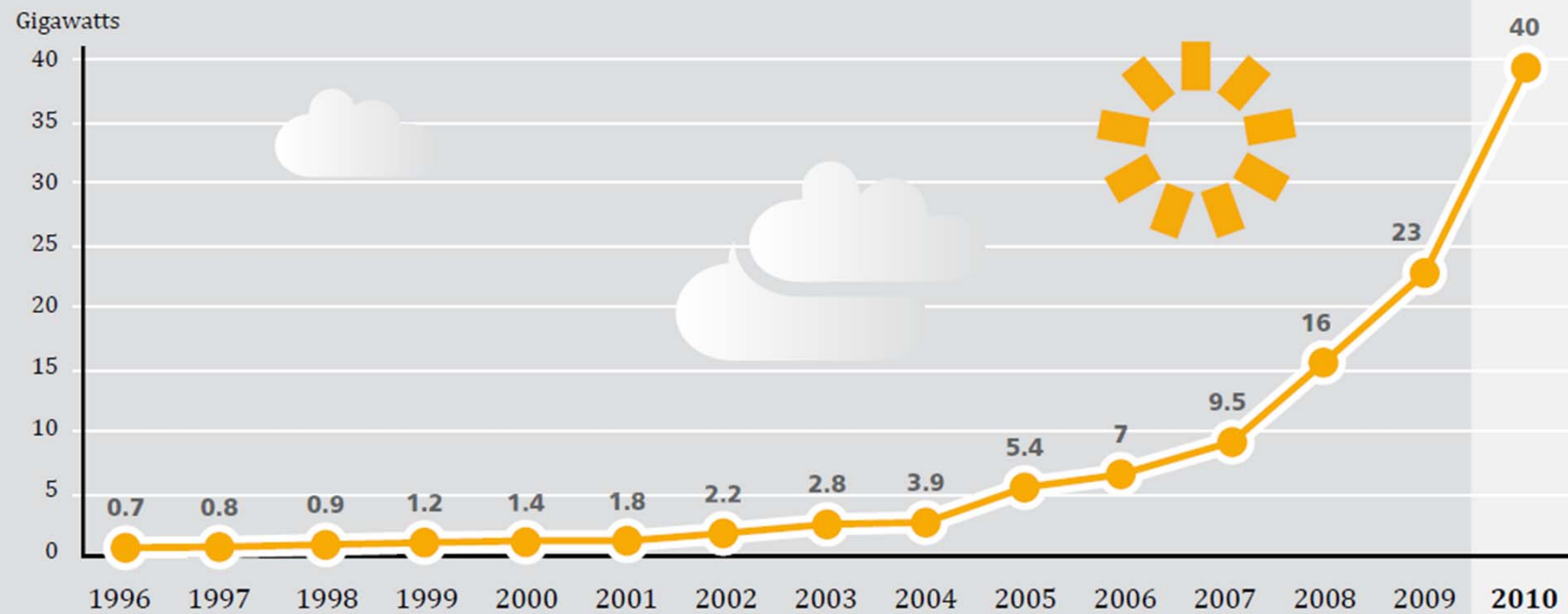


## Energía solar :Tecnología Fotovoltaica



### Capacidad Instalada en el Mundo 40 GW (2010)

Figure 7. Solar PV, Existing World Capacity, 1995–2010



Fuente: Ren21, 2011.





## Fuentes de Materia Orgánica



**Aserrín y Viruta**



**Pastos de crecimiento rápido**



**Azúcar  
Bagazo de caña**



**Papel**



**Desechos Bosques**



**Rastrojo de maíz**

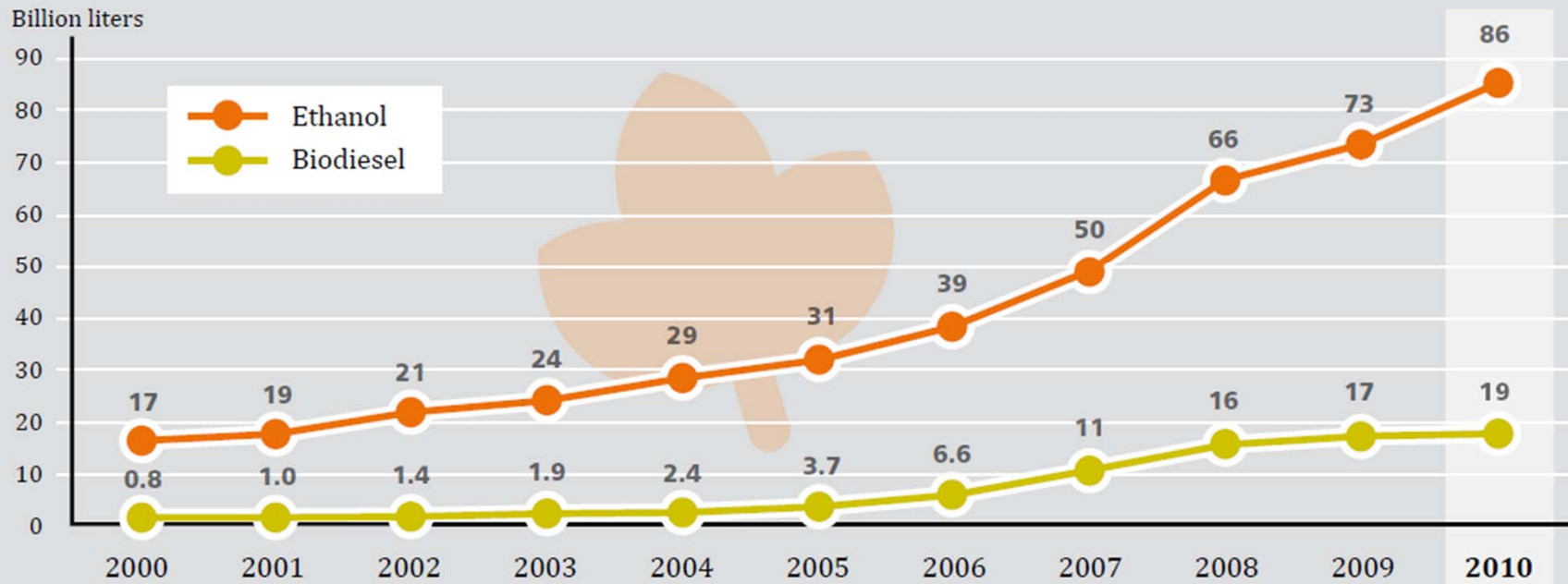


# Biocombustibles: Etanol y biodiesel a nivel mundial



## Producción mundial de Etanol y Biodiesel, 2000-2010.

Figure 11. Ethanol and Biodiesel Production, 2000-2010



Fuente: Ren21. 2011.





# Geoenergía en México



Centro de Investigación en Energía, UNAM

MÉXICO a perdido  
liderazgo MUNDIAL

Se tienen  
identificados más de  
300 sitios termales  
Potencial equivalente  
a aprox. 12000 MW

**CAPACIDAD  
ACTUAL  
INSTALADA**

**965 MWe**

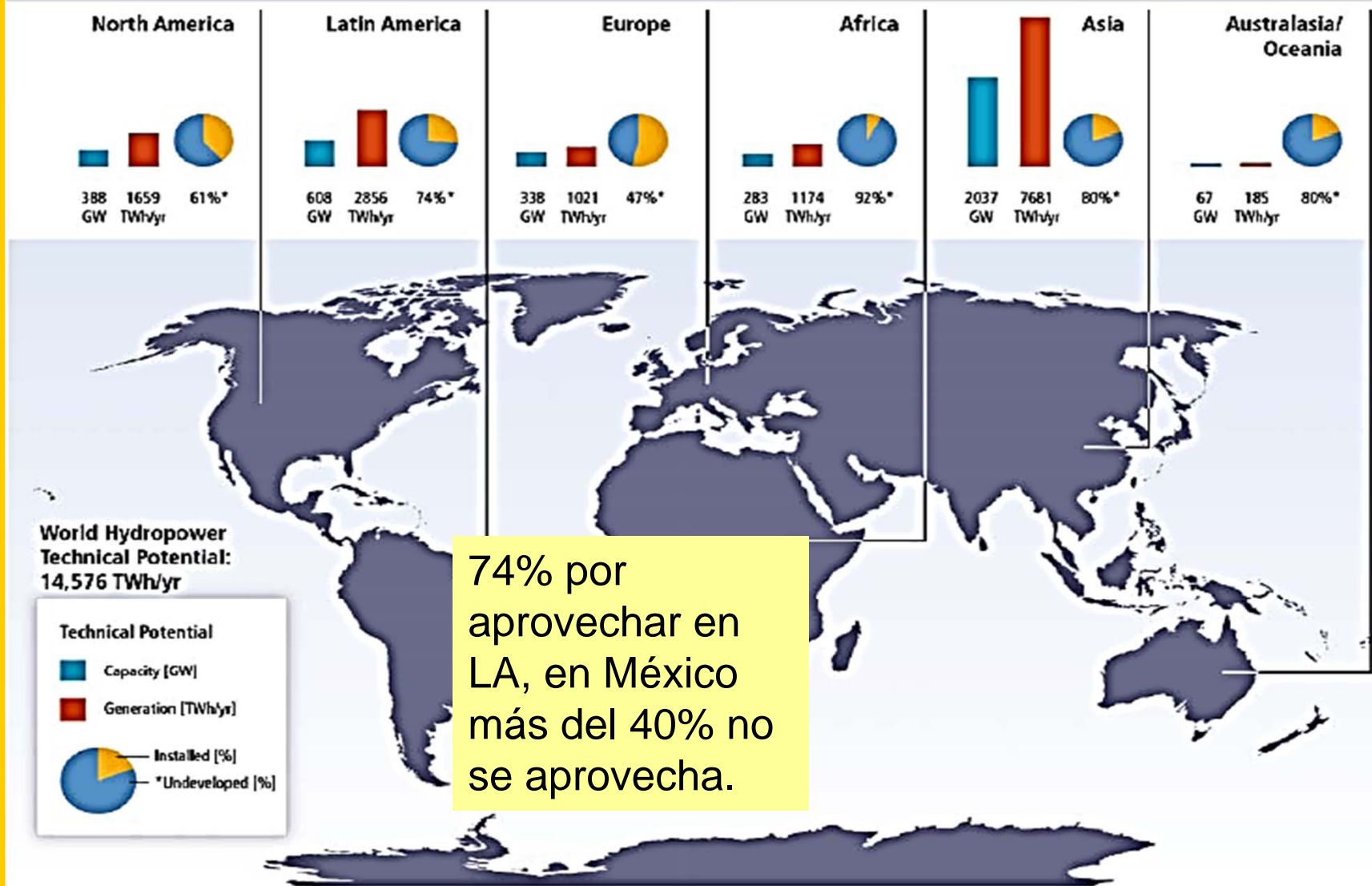




# Potencial de hidroenergía a nivel mundial



Centro de Investigación en Energía, UNAM





## Energía del mar a nivel mundial



Potencial de energía de las olas (undimotriz) a nivel regional.

REGION	Wave Energy TWh/yr (EJ/yr)
Western and Northern Europe	2,800 (10.1)
Mediterranean Sea and Atlantic Archipelagos (Azores, Cape Verde, Canaries)	1,300 (4.7)
North America and Greenland	4,000 (14.4)
Central America	1,500 (5.4)
South America	4,600 (16.6)
Africa	3,500 (12.6)
Asia	6,200 (22.3)
Australia, New Zealand and Pacific Islands	5,600 (20.2)
<b>TOTAL</b>	<b>29,500 (106.2)</b>

Fuente: IPCC, 2011. Special Report Renewable Energy Sources (SRREN).

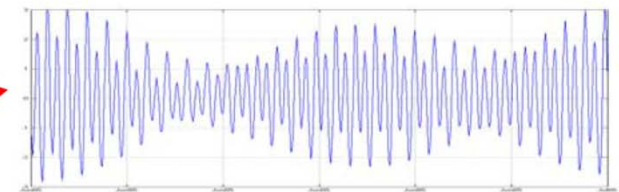
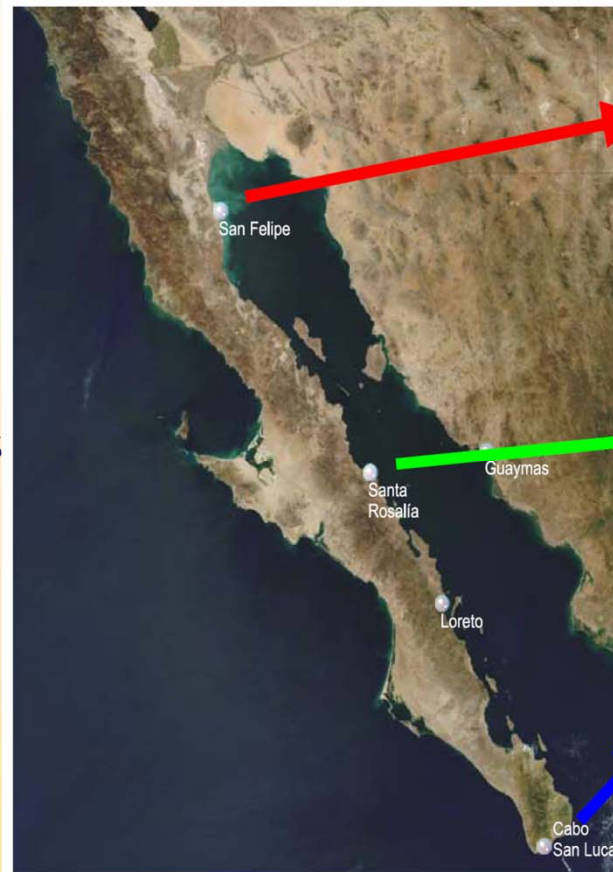




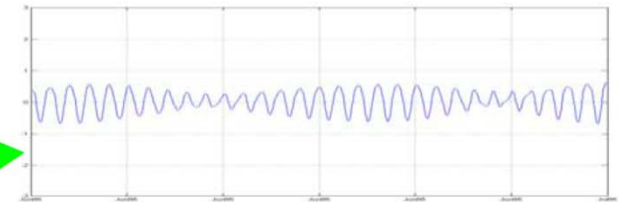
# Energía de las Mareas en México



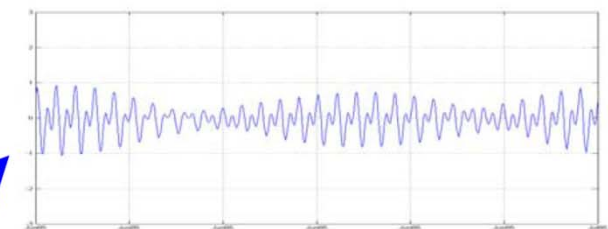
En México no existen centrales eléctricas que utilicen la energía de los océanos y tampoco existen proyectos de desarrollo de ningún tipo de estas centrales pese al importante potencial.



Marea máxima = 6m



Marea máxima = 1.2m



Marea máxima = 1.8m

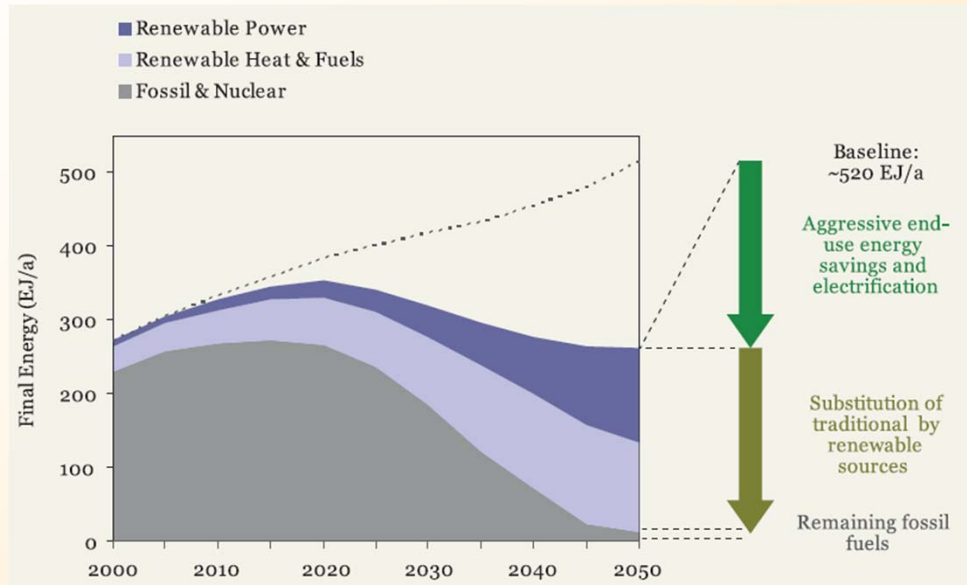
Fuente: Instituto de Ingeniería de la UNAM



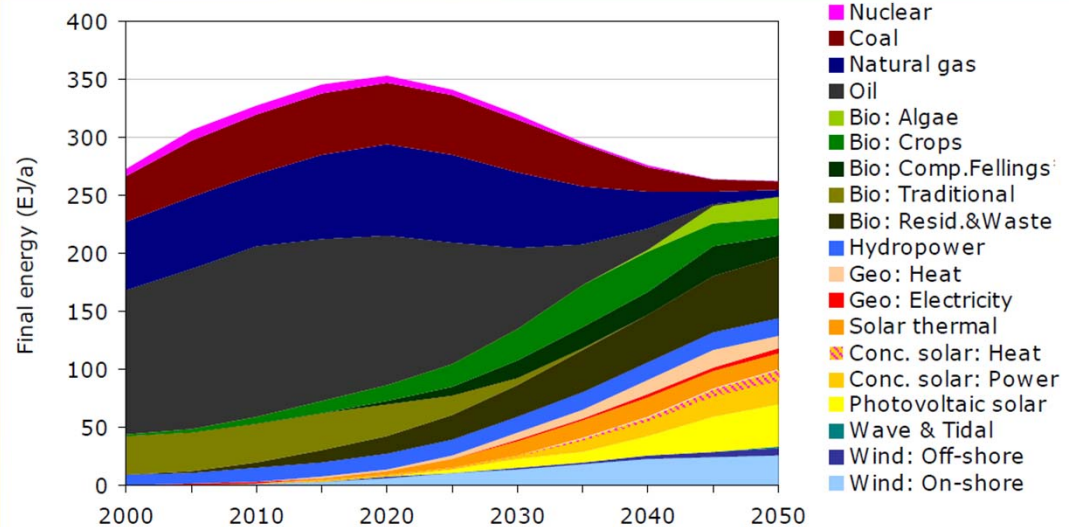
# Futuro de la energía en el mundo



## Escenario posible hasta el 2050 de uso mundial de energía final

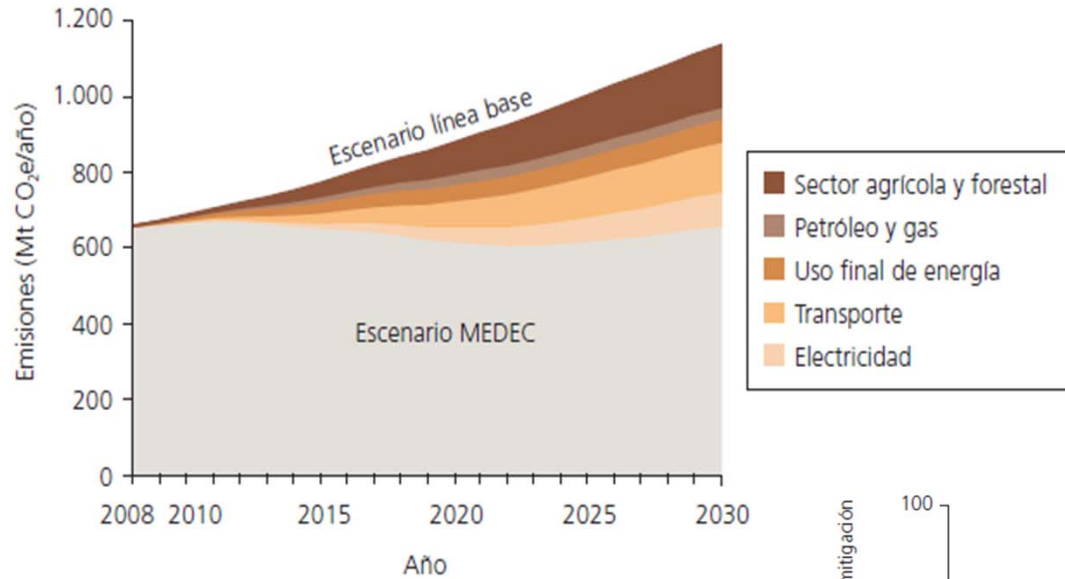


Fuente: WWF/ECOFYS/OMA, 2011. The Energy Report. ~100% RE by 2050.





# Escenario de Mitigación de GEI en México

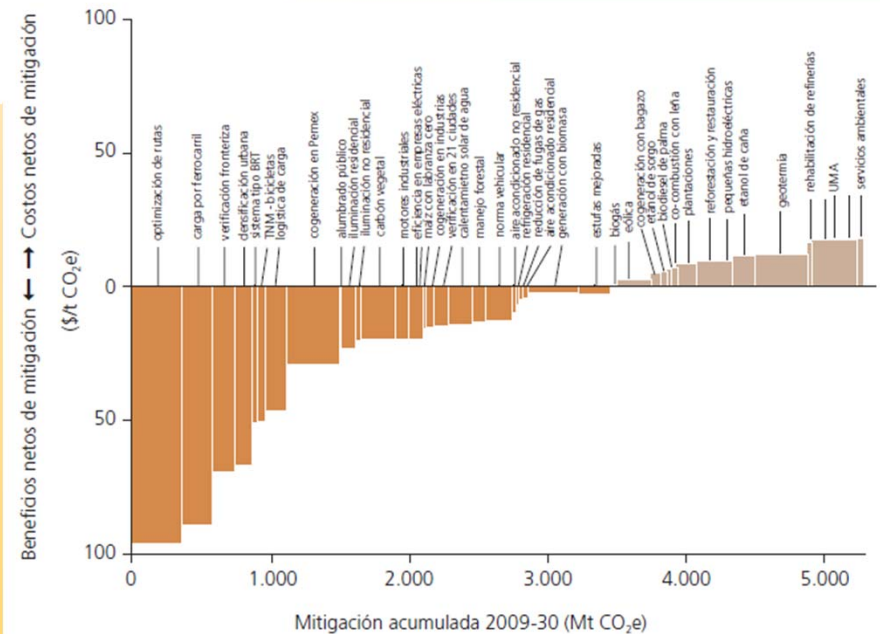


- Se alcanzan prácticamente las mismas emisiones de 2008.
- Se reducen en **42%** las emisiones GEI al 2030.

Se logra con:

- Ahorro y uso eficiente de energía: **49%**
- Renovables: **39%**
- Uso de suelo y forestal: **12%**

Fuente: Banco Mundial, 2009. MEDEC.





## Inversiones en Energías Renovables a nivel mundial, 2004-2010



Figure 12. Global New Investment in Renewable Energy, 2004–2010

Billion US Dollars



TPCA  
47%

Fuente: Ren21. 2011.

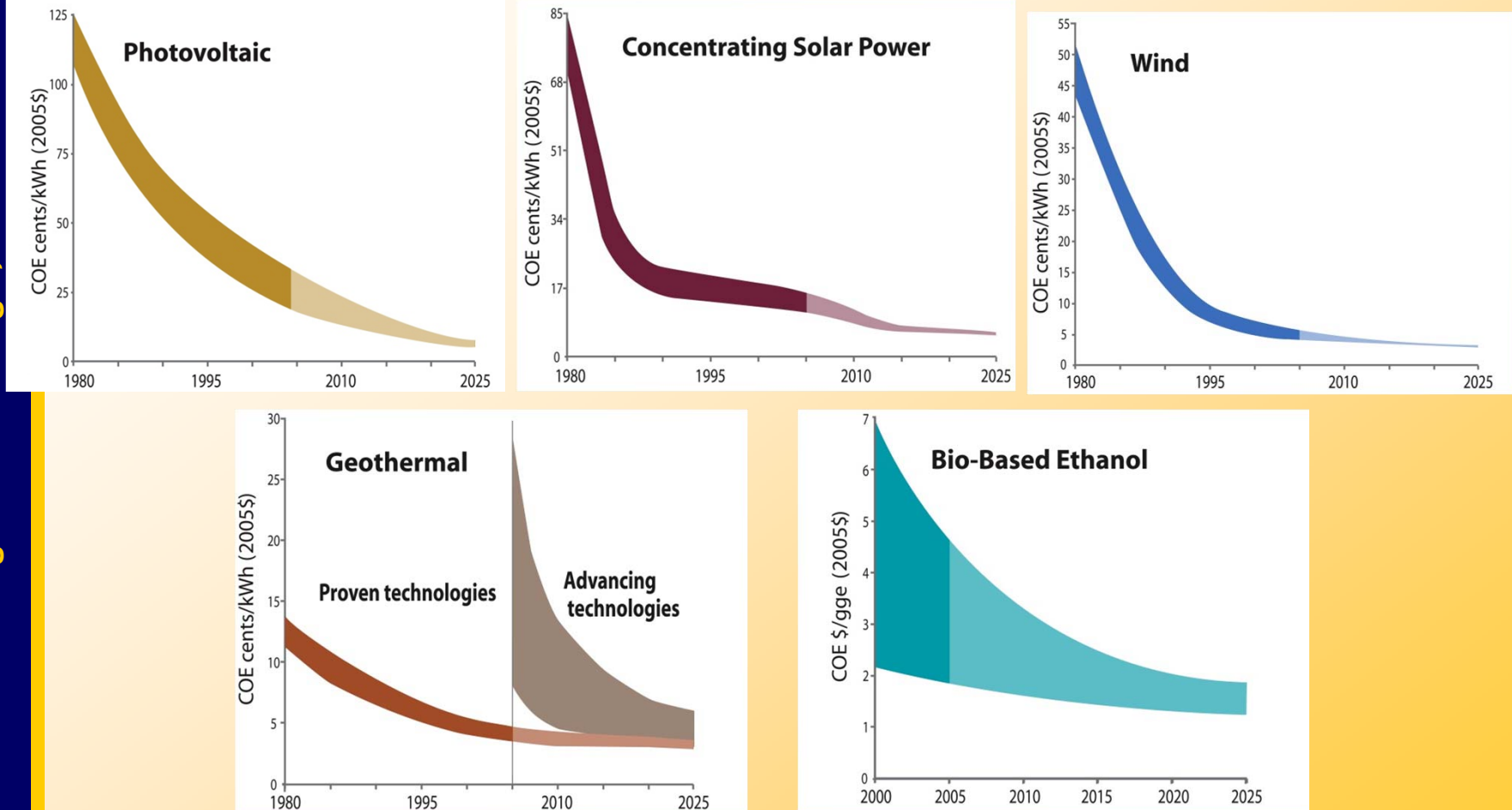


# Costos Nivelados de la Energía Renovable en el Mundo



Centro de Investigación en Energía, UNAM

### Levelized cost of energy in constant 2005\$<sup>1</sup>



Source: NREL Energy Analysis Office ([www.nrel.gov/analysis/docs/cost\\_curves\\_2005.ppt](http://www.nrel.gov/analysis/docs/cost_curves_2005.ppt))

<sup>1</sup>These graphs are reflections of historical cost trends NOT precise annual historical data. DRAFT November 2005





## ***Apropiación tecnológica y beneficios económicos***



- **Las tecnologías renovables son en principio tecnologías que podemos desarrollar o apropiar con las capacidades científicas, de ingeniería e industriales que tiene el país, pero para ello es necesario:**
- **Establecimiento de una política nacional científica, tecnológica e industrial en ER.**
- **Establecimiento de un Instituto Nacional de Investigación en Energías Renovables con entidades regionales**
- **Establecimiento de una Comisión Nacional de las Energías Renovables**



## **Desarrollo rural (24% de la población total)**



- **Las FRE son un catalizador del desarrollo rural:**
- **Acceso a la energía**
  - **En total, ~4.0 millones de habitantes carecen de electricidad**
  - **El 60% radica en comunidades de menos de 2500 habitantes**
- **Creación de agroindustrias pequeñas y medianas**
- **Creación de empleos, por ejemplo solo en la industria del etanol se estima una creación de 500,000 empleos.**
- **Reducción de la migración**
- **Reducción de la pobreza**
- **Dignificación de la vida en el campo**



## Ejemplos de países que han establecido metas de ER como eje de su política energética



- 27 países de la Unión Europea definieron como objetivos para el 2010: 22.1% en electricidad y 12% en energía total; para el 2020 se tiene el objetivo del 20% de la energía total. En biocombustibles se establecieron los objetivos de 5% en 2010 y 10% en 2020 del consumo del sector transporte.
- España (Decretos reales de 1994, 1997-98, 2002, 2007 y 2010): meta **20%** del consumo de energía primaria en el 2020 con fuentes renovables de energía.
- China (Ley ER -enero 2006- y Plan ER): meta de 10% y 15% del consumo de energía primaria en el 2010 y 2020, respectivamente a partir de fuentes renovables de energía (362 GW). Nuevo plan hasta 500 GW instalados en 2020.  
**Fabricación nacional.**



1. Feed-in tariff (Tarifas o primas garantizadas)
2. Cuotas obligatorias (RSP, Certificados Verdes)
3. Acceso prioritario a la red y despacho prioritario
4. Metas o requerimientos de mezclas de biocombustibles
5. Mandatos de construcción
6. Incentivos fiscales
7. Rebajas y donaciones
8. Mecanismos financieros (Préstamos y garantías)
9. Precios a emisiones de GEI
10. Inversión pública en I&D y de difusión de tecnologías ER





# Resultados de algunas políticas públicas en el mundo



Tabla 1. Evolución de la potencia eólica por país y régimen, MW.

	<b>Alemania</b>	<b>España</b>	<b>Dinamarca*</b>	<b>Holanda</b>	<b>Reino Unido</b>	<b>Italia</b>
	Tarifas garantizadas	Tarifas/Primas garantizadas	Tarifas/Primas garantizadas/Cuotas obligatorias y CV's	Tarifas garantizadas	Cuotas obligatorias y CVs	Cuotas obligatorias y CVs
<b>1999</b>	4439	1812	1738	433	362	277
<b>2000</b>	6104	2504	2300	446	406	427
<b>2001</b>	8754	3337	2417	493	474	697
<b>2002</b>	11994	4830	2880	688	552	785
<b>2003</b>	14609	6202	3115	912	704	891
<b>2004</b>	16629	8263	3125	1078	888	1255
<b>2005</b>	18415	10027	3129	1224	1353	1718
<b>2006</b>	20622	11623	3136	1559	1962	2123
<b>2007</b>	22247	15145	3125	1747	2406	2726
<b>2008</b>	23897	16754	3163	2225	3241	3736
<b>2009</b>	25777	19149	3465	2229	4092	4850
<b>2010</b>	27214	20676	3752	2237	5204	5797
<b>TPCA</b>	<b>19%</b>	<b>25%</b>	<b>8%</b>	<b>17%</b>	<b>28%</b>	<b>33%</b>

Fuente : APPA (2005), Los sistemas de apoyo a la electricidad renovable en la Unión Europea, Asociación de Productores de Energías Renovables, 26 p. y EWEA (2010).



## **Dispositivos principales para la promoción de Energías Renovables en México**



En México solo hay 550 MW de sistemas eólicos instalados, por lo que dispositivos para fomentar las ER son muy limitados, a saber,

- LICITACIONES (PIE y PP y obra financiada) que no promueve ni el desarrollo de la ingeniería y la tecnología nacionales ni mucho menos la industrialización de las ER en México.
- Banco de energía contable y crédito a la capacidad de las ER en horas pico (RES/140/2001, RES/007/2006, RES/192/2007/, RES/067/2010), CRE
- Artículo 40, fracción XII de la Ley del ISR.- Deducción fiscal al 100%. Los equipos y maquinaria que aprovechen ER deberán operar 5 años mínimo. NO SE REPORTAN USOS
- Metodología para incorporar externalidades negativas en la producción eléctrica. Por ley debe ser elaborada por SENER. HAY UNA VERSIÓN ACTUAL PERO ES INEFICIENTE Y LIMITADA



## ***Reforma energética del 2008 y el nuevo marco jurídico de las energías renovables en México***

1. Febrero 2008. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) – Reglamento LPDB en 2009.
2. Noviembre 2008. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) – Reglamento de la LAERFTE en 2009.
3. Noviembre 2008. Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (LASE) – Reglamento de la LASE en 2009.



## ***Nuevos instrumentos de planeación hasta ahora no alineados***



### **Estrategia Nacional de Energía**

- Horizonte de planeación: 15 años.
- Meta indicativa de “energías limpias” 35% de la capacidad eléctrica, cuando es factible que esta meta se cumpla solo con ER.

### **Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de Energía**

Se planteó que los recursos asignados en el PEF 2009 fueron del orden de 4,309 Millones, sin embargo se contabilizó solamente lo que el sector venía ya desarrollando

**Programa de Introducción de Bioenergéticos.**

**Programa Nacional de Aprovechamiento de Energías Renovables**

**Prospectiva de las Energías Renovables. NUNCA HA SALIDO**

**Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de Energía**





# Otros instrumentos que el Legislativo puede aprobar como el siguiente decreto que está en lista de espera:



## PROYECTO DE DECRETO

**ARTÍCULO ÚNICO.-** Se adiciona un segundo párrafo, recorriéndose el subsecuente en su orden, al Artículo 71 de La Ley de Vivienda, para quedar como sigue:

**ARTÍCULO 71.-** .....

Asimismo, promoverá el uso de energías renovables a través de la instalación de sistemas de captación solar para el calentamiento de agua y sistemas fotovoltaicos para suministro de electricidad, además de las nuevas ecotecnologías aplicables a la vivienda; así como el diseño y envolventes térmicos, de acuerdo a las regiones bioclimáticas del país, utilizando equipos y sistemas normalizados en cualquiera de sus modalidades.



## Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Fondo Sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética

- 1050 millones de pesos en 2012 (20% del total) que se atomizan para energías renovables, eficiencia energética, tecnologías limpias y diversificación energética.

## Fondo para la Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de Energía

- 3000 millones de pesos anuales para los ejercicios fiscales 2009, 2010 y 2011, los cuales nunca fueron dinero fresco en las correspondientes leyes de egresos de la federación.



## *OTRAS POSIBLES FUENTES DE FINANCIAMIENTO para el uso masivo de las ER.*

- Creación de mecanismos de financiamiento adaptado a las características técnicas y económicas de las fuentes renovables de energía.
- Impuestos al consumo de recursos fósiles, en apoyo al aprovechamiento de energías renovables.
- Creación de un fondo verde a partir de cargos al sistema eléctrico para impulsar un programa de incentivos



## LOS SUBSIDIOS Y LAS ENERGÍAS RENOVABLES



- Los subsidios al sector eléctrico en el año 2010 fueron 90,000 millones de pesos, es decir aproximadamente 7,200 millones de dólares anuales.
- La ampliación del uso social de los subsidios eléctricos hacia la transición energética, SIN ELIMINARLOS, haría que los subsidios se transformaran en el principal dispositivo para el uso masivo de las ER además de convertirse en el principal instrumento para combatir la pobreza energética de la población mexicana.





# Conclusiones



- No hay a nivel de Política de Estado una definición clara de transición energética, el país no tiene rumbo energético.
- La ENE adolece de estudios de base serios que la fundamenten pero se debe aspirar a que sea el documento rector de la transición energética.
- Establecer una metodología y procedimientos que garanticen la participación de la sociedad en el Foro Consultivo en el cual se definen los grandes lineamientos de la ENE.
- Alinear todos los instrumentos de planeación y los fondos ya existentes.
- Aumentar al doble el fondo de sustentabilidad energética y focalizarlo al desarrollo de las ER
- Incrementar al doble el Fondo para la Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de Energía.



## Conclusiones



- **Las energías renovables (ER) son solución al problema energético de México y de su desarrollo sustentable.**
  - **Las ER son recursos energéticos muy abundantes en el país que pueden contribuir ampliamente a satisfacer la demanda energética nacional de manera sustentable.**
  - **Necesidad de Metas. Es factible establecer en la Estrategia Nacional de Energía que para el 2015 se pueda tener un 10% de la oferta energética y un 28% de la oferta eléctrica con ER, y para el 2025 es viable establecer que el 20% de la oferta energética y el 35% de la oferta eléctrica provenga de las ER.**
  - **El país cuenta con los recursos humanos capaces de generar investigación y desarrollo para apropiarse de las tecnologías de ER y promover una industria nacional.**
  - **Ello implicaría la creación de cientos de miles de nuevos empleos.**



## Conclusiones



- **Para garantizar el desarrollo sustentable del país el estado mexicano debe comprometerse con una visión a largo plazo del aprovechamiento de las ER en México. Para ello es necesario establecer:**
  - **Políticas públicas en esta materia más ambiciosas acompañadas de incentivos económicos y mecanismos financieros que aceleren el uso masivo.**
  - **Metas en la ENE a corto, mediano y largo plazo, para cada una de las fuentes renovable de energía y por sector.**
  - **Una Comisión Nacional de ER y un Instituto Nacional de ER con entidades de investigación regionales.**
  - **Una política social más amplia de uso de los subsidios con fines de transición energética y de combate a la pobreza energética.**



Gracias

[jis@cie.unam.mx](mailto:jis@cie.unam.mx)  
[www.cie.unam.mx](http://www.cie.unam.mx)