



# **Comentarios al estudio: Energías renovables no convencionales: ¿cuánto nos costarán?**

Hugh Rudnick  
Pontificia Universidad Católica de Chile

Centro Estudios Públicos, Enero 2008

# Estudios similares

- Mocarquer, S., “Ríos de Aysén: ¿Paisaje o Represa?”, El Observatorio de Lastarria, Julio 2006
- Rudnick, H., “Desarrollo energético y medioambiente”, Seminario ¿Hay Crisis Energética? La Salida, Sociedad de Fomento Fabril, Santiago, Chile, Agosto 2006
- Moreno, J., Mocarquer, S. y Rudnick, H., "Generación Eólica en Chile: Análisis del Entorno y Perspectivas de Desarrollo", IEEE Andescon, Ecuador, Noviembre 2006
- Pavez, M., “Factibilidad de Generación Eólica en el Sistema Interconectado del Norte Grande”, Tesis Magister, U. Católica de Chile, Enero 2008

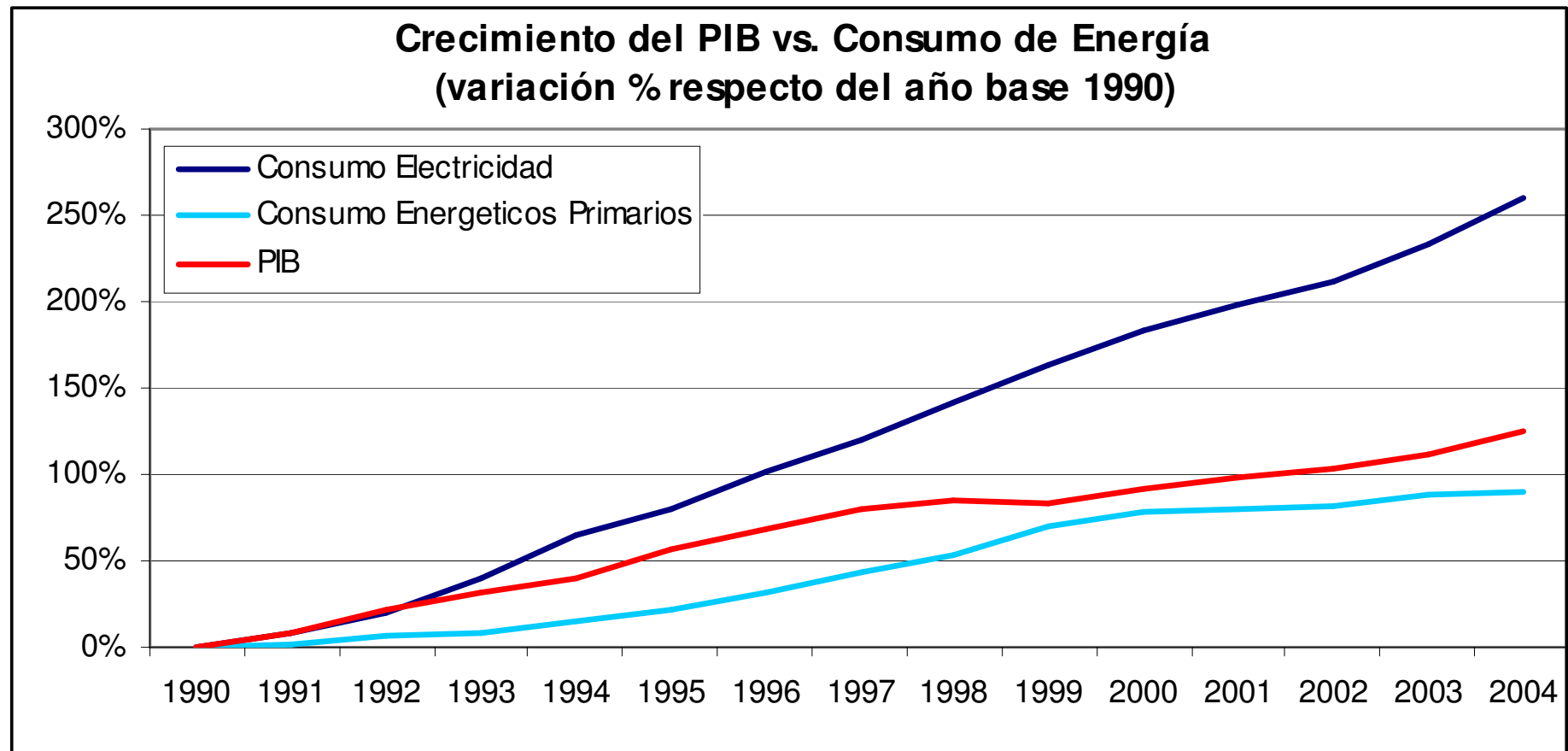
# Comentarios

- Coincidencia total en el diagnóstico y el test de mercado
- Coincidencia en el cuestionamiento de los beneficios del proyecto legal que obliga la generación con energías renovables no convencionales
- Coincidencia en que desafíos principales surgen en cuantificar los beneficios ambientales de estas energías y compararlos con proyectos alternativos

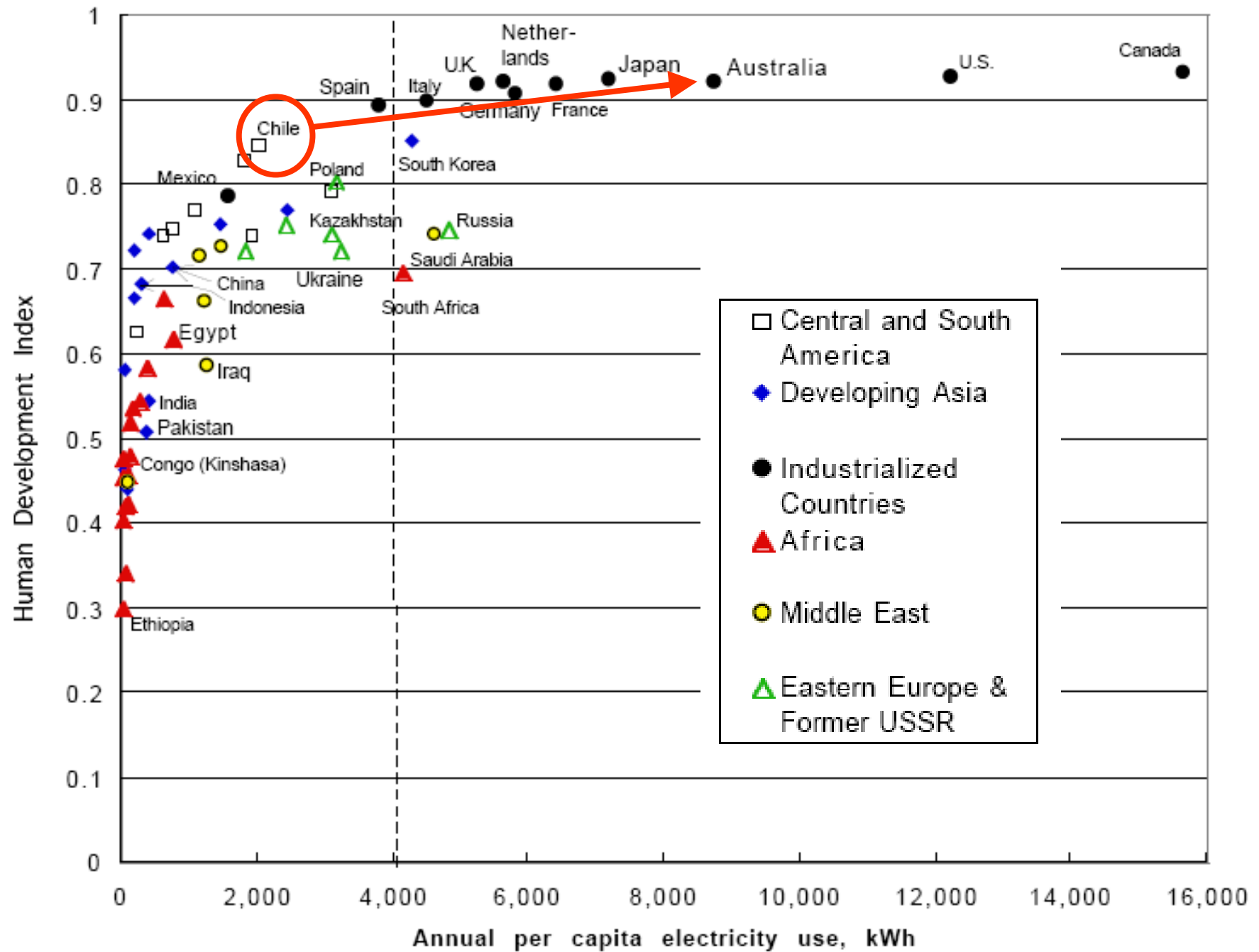
## Comentarios globales

- reforzar otras dimensiones del problema del abastecimiento y cuáles son nuestras alternativas
- comentar desafíos tecnológicos de la generación eólica
- compartir resultados de otros estudios

# Desarrollo económico y crecimiento energético



Crecimiento Producto Geográfico Bruto versus Consumo Energético  
(Fuente: CNE y Banco Central)



# Alternativas de desarrollo

## ➤ Alternativas convencionales/escala comercial

- Hidroelectricidad
- Carbón
- Gas Natural Licuado
- Gas Natural regional (Perú, Bolivia, Argentina)
- Nuclear

## ➤ Alternativas renovables no convencionales

- Mini hidráulica
- Eólica
- Biomasa y Biogas
- Biocombustibles
- Geotérmica
- Solar (térmica, fotovoltaica)

# ¿Cuáles son nuestras alternativas?

El Mercurio, Sábado 12 de enero de 2008

Sara Larraín y centro Eutropia:

## Ecologistas exigen relocalizar la termoeléctrica Farellones

Estiman que afectará, de diversas formas, la Reserva Marina Choro-Damas, en la IV Región.

La tarea de la ecologista Sara Larraín es evitar que Codelco instale la central termoeléctrica "Farellones" en la IV Región.

El problema es la cercanía que tendría con la Reserva Marina Choro-Damas. Para Larraín, la de mayor diversidad marina del país. Dice que habrá un alza térmica del agua, reemplazo o muerte de especies y posibles derrames de hidrocarburos de las embarcaciones.

Junto al centro Eutropia, coinciden en que el informe de impacto ambiental de la termoeléctrica es deficiente. Por eso exigen una relocalización o un estudio de calidad. Critican que el informe se realizó sólo durante el invierno, por lo que no se midió el comportamiento anual de la flora y la fauna. Esto habría subvalorado su riqueza

# ¿Cuáles son nuestras alternativas?

El Mercurio, Miércoles 16 de enero de 2008

## Proyecto Alto Maipo

Señor Director:

El día lunes 14 de enero en el Cuerpo C de "El Mercurio", en el artículo titulado "Gobierno prepara creación de 108 mesas ambientales" se indica que yo habría afirmado que el Proyecto Hidroeléctrico Alto Maipo (PHAM) podría disminuir el agua potable para Santiago. Esto no es efectivo.

.....

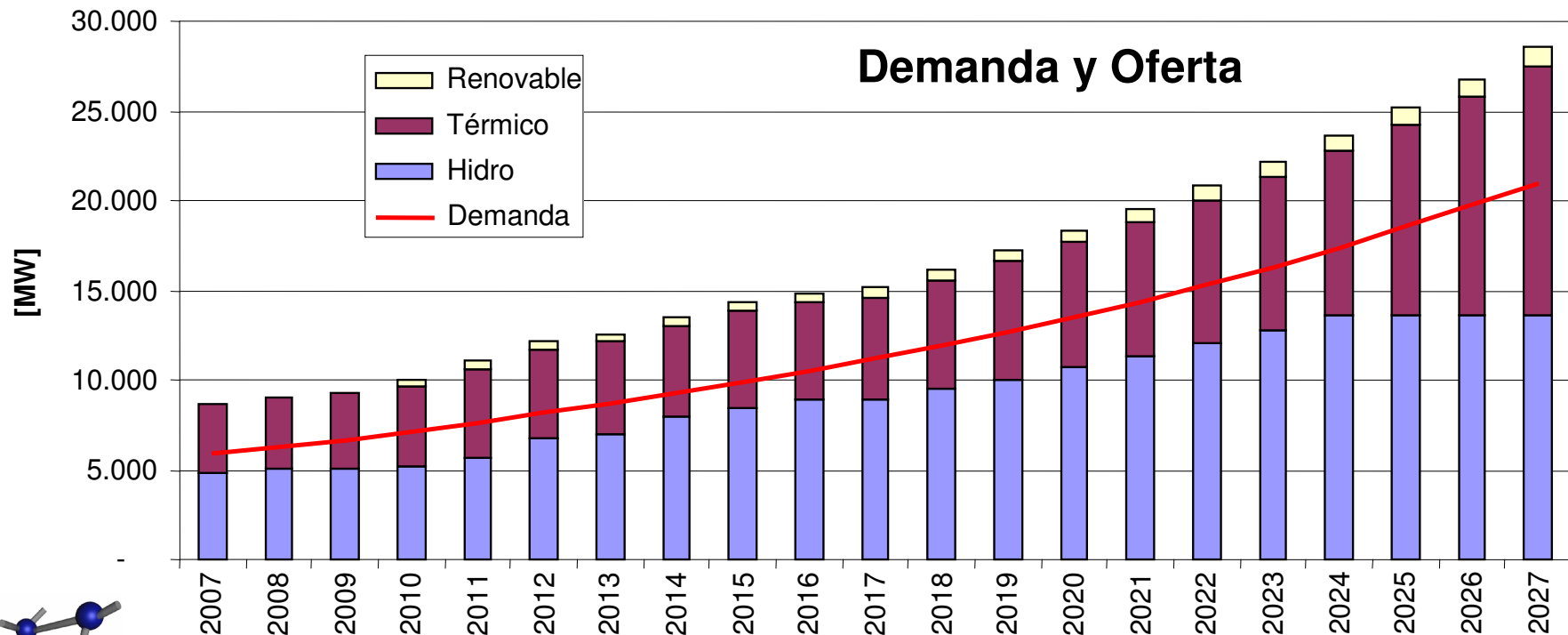
Sin duda que un proyecto de esta naturaleza, que afecta a una capital de seis millones de habitantes, jamás sería permitido en países desarrollados.

JACK A. STERN N.



# ¿Cuáles son nuestras alternativas?

- SIC: tasas anuales crecimiento demanda entre 6,5 y 7%
- Reserva en torno al 36%
- Potencial hidráulico explotado (incluyendo Aysén)
- Necesidad adicional de 10.000 MW al 2027, ¿con qué?
- ¿Cuánto renovable? (sólo se asumió 5% demanda, ¿20%?)



# Desafíos tecnológicos: energía eólica

## ➤ Variabilidad

### Variabilidad.

- Tanto desde el punto de vista geográfico como temporal

### Variación temporal de largo plazo (difícil de predecir)

- Intensidad de viento puede variar en una escala de años o décadas.

### Variación estacional (más predecible).

- Dependiendo de la localidad, es posible encontrar variaciones considerables a lo largo del día.

### Necesidad caracterización detallada del recurso eólico.

- Existen una serie de instrumentos prácticos y teóricos.

# Desafíos tecnológicos: energía eólica

## ➤ Aspectos operacionales

- La mayoría de las turbinas comienzan a generar electricidad con vientos de intensidades entre 3 y 4 m/s.
- La capacidad nominal se alcanza a 15 m/s.
- Turbinas son detenidas, por seguridad, cuando el viento alcanza 25 m/s.

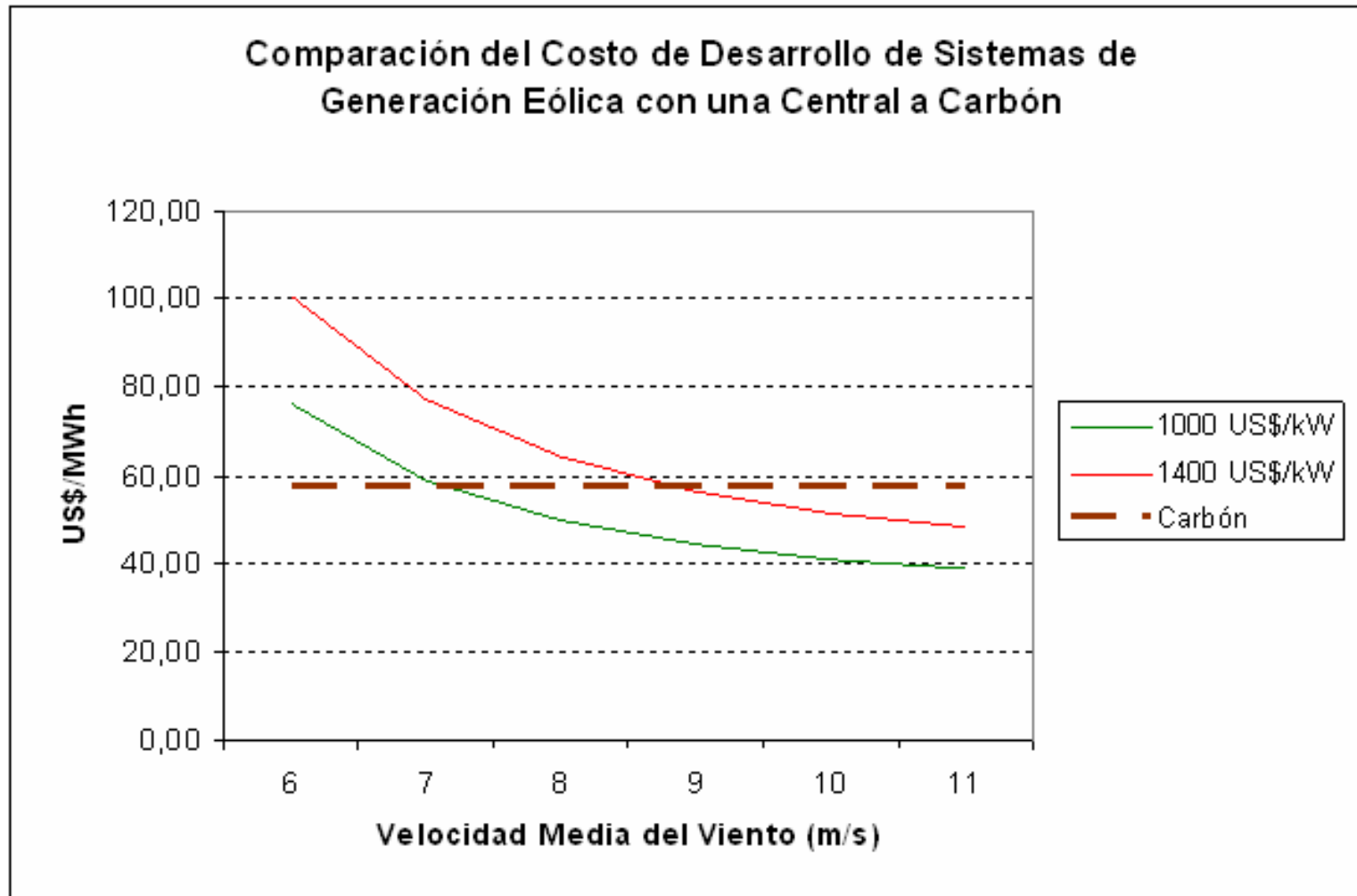
## ➤ Suficiencia y seguridad de servicio

- Necesidad generación de respaldo (¿turbinas diesel?)
- Requerimientos de reactivos
- Contribución a la “inseguridad” del sistema

# Desafíos tecnológicos: energía eólica

- Otros desafíos tecnológicos (globales)
  - ❑ Desarrollo de grandes aerogeneradores, hasta 5 MW
  - ❑ Desarrollo de nuevos materiales y reducción de costos
  - ❑ Mejora de las características de calidad de la corriente
  - ❑ Modelos de predicción de la producción de parques generadores

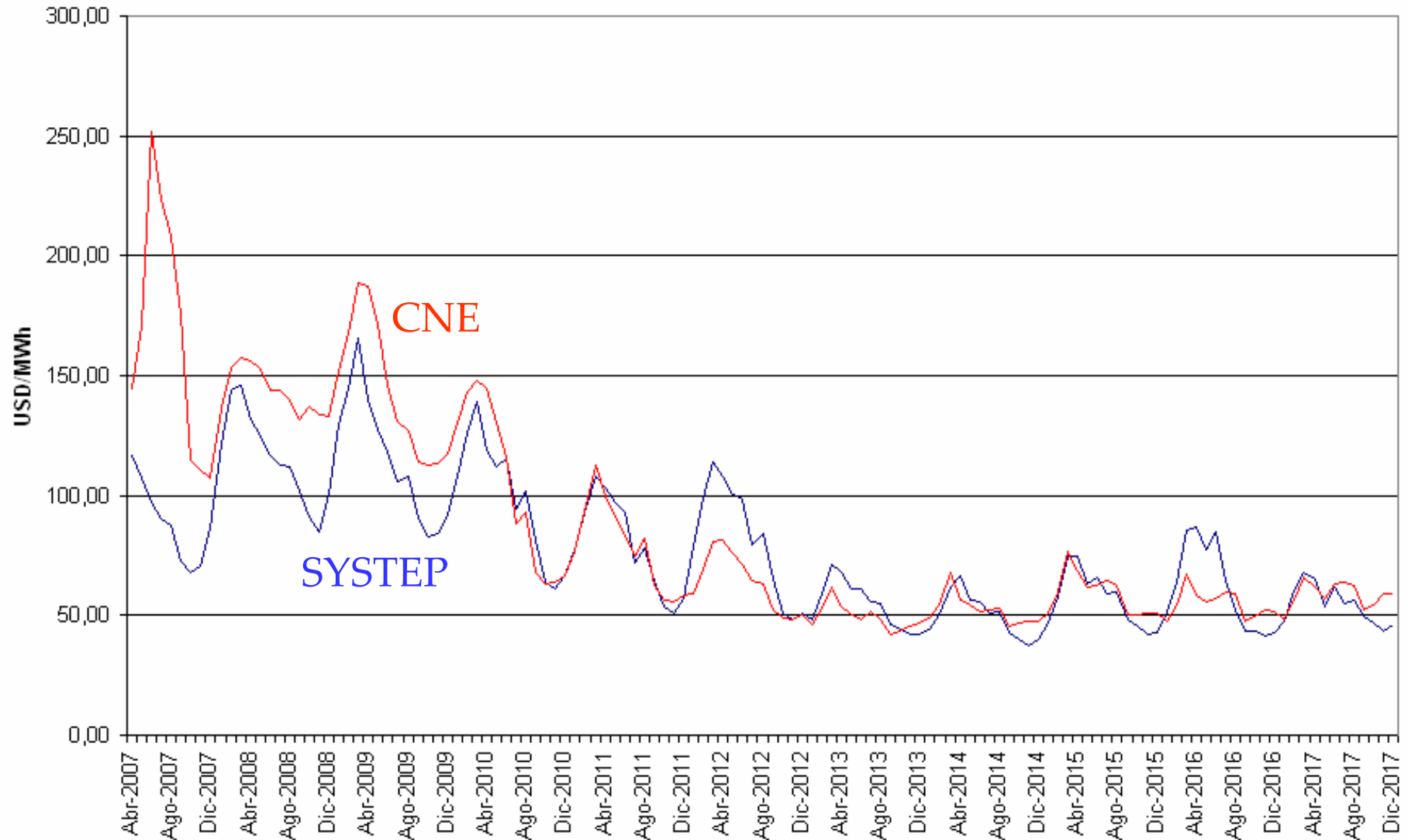
# Desafíos económicos: energía eólica



Moreno, J., Mocarquer, S. y Rudnick, H., "Generación Eólica en Chile: Análisis del Entorno y Perspectivas de Desarrollo", IEEE Andescon, Ecuador, Noviembre 2006

# Evolución de los precios

Costos Marginales Mensuales en Quillota



# Importante Evaluar Costos de Externalidades

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>COSTO PROMEDIO DE GENERACION (US\$ cents/kWh) 2005</b>	<b>EXTERNALIDADES (US\$ cents/kWh) (*)</b>
<b>C.Combinado a Gas</b>	<b>3.5 (3.0 – 4.0)</b>	<b>0.80</b>
<b>Carbón</b>	<b>4.8 (4.0 – 5.5)</b>	<b>9.20</b>
<b>Fuel-oil</b>	<b>4.6 (3.9-5.4)</b>	<b>9.00</b>
<b>Nuclear</b>	<b>4.8 (2.4 – 7.2)</b>	<b>0.40</b>
<b>Eólico</b>	<b>5.5 (3.0 – 8.0)</b>	<b>0.10</b>
<b>Biomasa (25 MW)</b>	<b>6.5 (4.5 – 9.0)</b>	<b>0.50</b>
<b>Geotermia</b>	<b>6.5 (4.5 – 8.5)</b>	<b>0.60</b>
<b>Peq. Hidro</b>	<b>7.5 (5.0 – 10.0)</b>	<b>0.01</b>
<b>Fotovoltaica</b>	<b>55.0 (30.0 – 80.0)</b>	<b>0.07</b>

(\*) Daños producidos por la emisión de contaminantes a partir de una fuente energética a lo largo del Ciclo de Vida del KiloWatt/hora

Ref: Modelo Mundo Uniforme para España. Universidad de Alcalá de Henares, citado por H. Altomonte, 2007

# Análisis de Factibilidad Económica en SING

## ➤ Evaluación Económica

- Plantas de 57, 90 y 173 MW
- Turbina: Vestas V.82 1,65 MW
- Costo: US\$ 1.800 por kW (equipamiento, valores CIF)
- Características viento zona Calama
- Periodo de Evaluación: 20 años, depreciación lineal
- Simulación despacho en SING (modelo OSE2000), expansión adaptada a carbón
- Modelación como centrales de pasada
- Desplazamiento emisiones y pagos capacidad

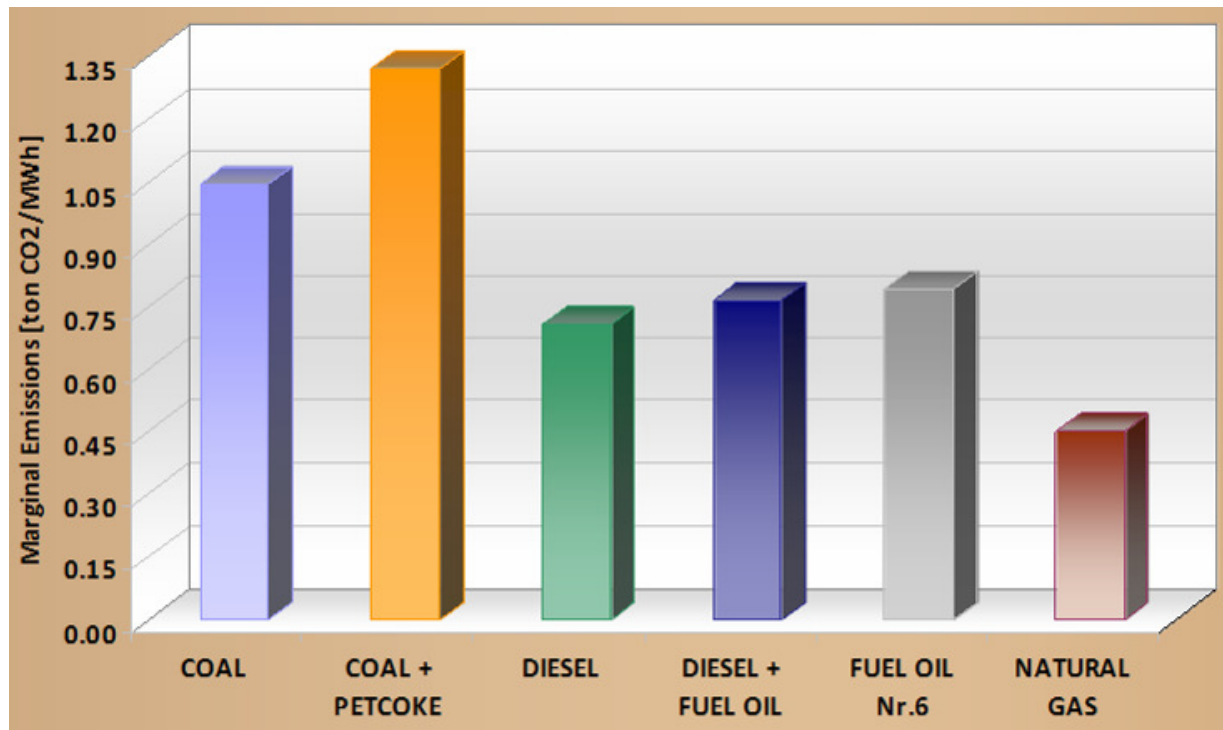


# Análisis de Factibilidad Económica en SING

		Wind Farm [MW]		
		173.25	90.75	57.75
Life	Years	20	20	20
WACC	%	10%	10%	10%
Revenue Tax	%	17%	17%	17%
Cap Cost	US\$/MW	2,349,714.30	2,382,998.72	2,422,940.03
Capacity Factor	%	33.96%	33.96%	33.96%
<b>Annuity</b>	<b>US\$/MW</b>	<b>275,996.56</b>	<b>279,906.14</b>	<b>284,597.63</b>
<b>Generated Energy</b>	<b>MWh-year</b>	<b>515,334.00</b>	<b>269,940.00</b>	<b>171,779.00</b>
<b>Depreciation</b>	<b>US\$/year</b>	<b>117,485.71</b>	<b>119,149.94</b>	<b>121,147.00</b>
	<b>US\$/MWh</b>	<b>0.23</b>	<b>0.44</b>	<b>0.71</b>
<b>Fixed Costs</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>1.76</b>	<b>1.77</b>	<b>1.78</b>
<b>Variable Cost</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>
<b>Annuity</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>92.79</b>	<b>94.10</b>	<b>95.68</b>
<b>Wind Development Cost</b>	<b>US\$/MWh</b>	<b>123.51</b>	<b>125.05</b>	<b>126.91</b>

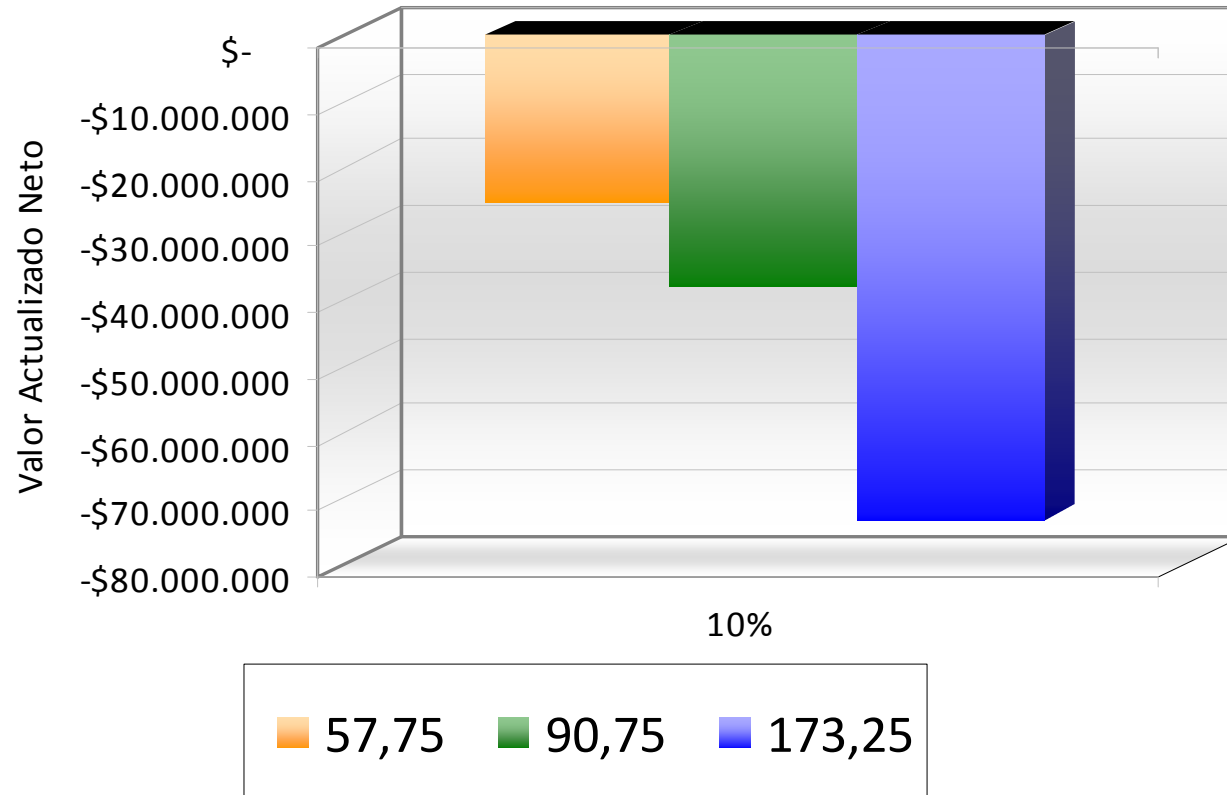
# Ingresos por Desplazamiento de Emisiones

- Certificados de reducciones de emisiones:  
US\$11,2/ton de CO<sub>2</sub> para proyecto no registrado  
y US\$16,2 para proyecto registrado
- Emisiones marginales en SING



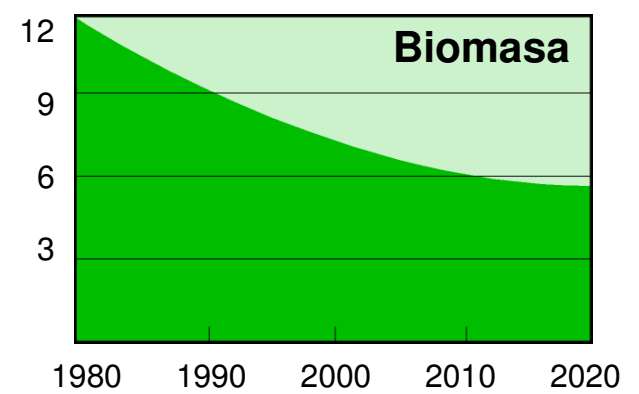
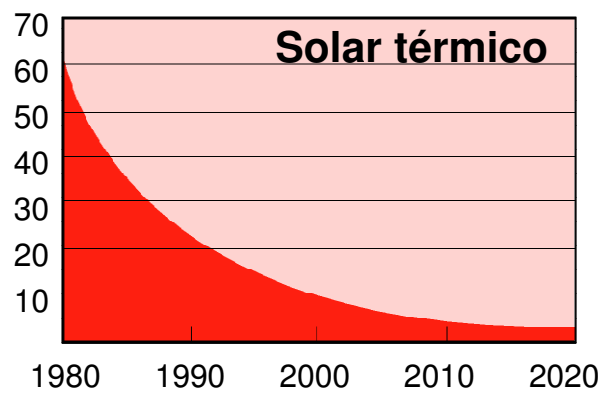
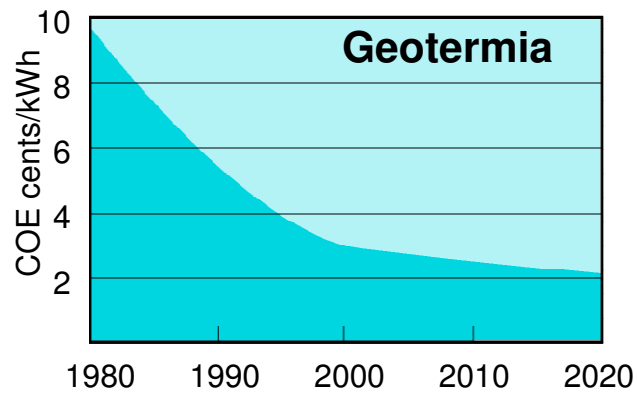
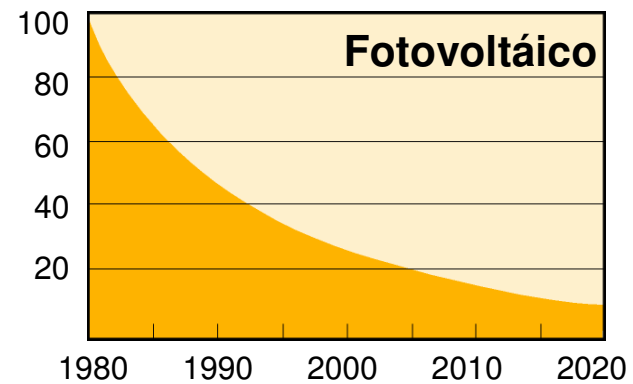
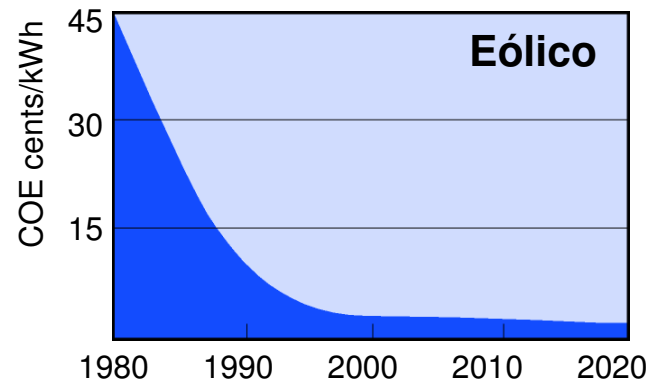
# Análisis de Factibilidad Económica en SING

## ➤ Evaluación Económica



Es mejor pagar la multa propuesta en los cambios legales. **No incentiva la inversión** en centrales eólicas, sería necesario **umentarla de 0,4 UTM/MWh a 0,6 UTM** para que produjera efectos.

# Reducción futura de costos

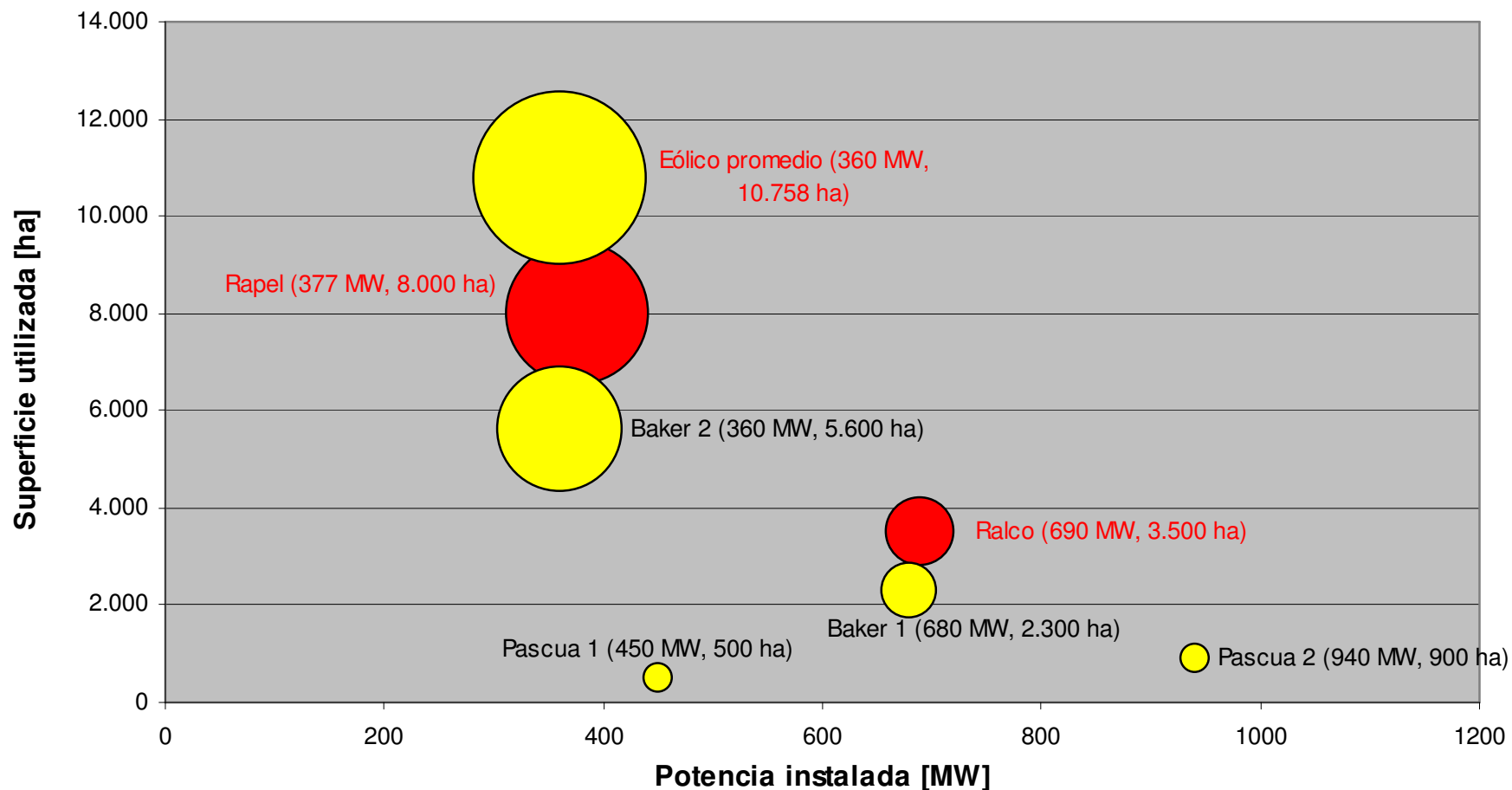


# Impacto obligación generación renovables

- Mayor costo de generación impuesto al mercado
  - Beneficios ambientales no claros (necesidad respaldo diesel, impacto geográfico).
  - Necesidad de cuantificar y comparar esos beneficios.
- 
- Reemplazar en términos energéticos el proyecto de Hidroaysén con generadores eólicos ocuparía una superficie de más de 200 mil hectáreas, equivalente a la superficie de Santiago, Concepción, Valparaíso, Temuco y La Serena
  - Si eso se deseara, ¿cuántos serían los beneficios ambientales?

# Impacto ambiental: superficies utilización

Potencia instalada y superficie utilizada por centrales generadoras (2006)



Tamaño de la circunferencia indica relación superficie utilizada/potencia instalada (ha/MW)

# Comentarios

- Coincidencia total en el diagnóstico y el test de mercado
- Coincidencia en el cuestionamiento de los beneficios del proyecto legal que obliga la generación con energías renovables no convencionales
- Coincidencia en que desafíos principales surgen en cuantificar los beneficios ambientales de estas energías y compararlos con proyectos alternativos

## Comentario global

-el problema del abastecimiento requiere acciones más allá de las energías renovables, que no son la respuesta a nuestro abastecimiento, aún incrementando los subsidios



# **Comentarios al estudio: Energías renovables no convencionales: ¿cuánto nos costarán?**

Hugh Rudnick  
Pontificia Universidad Católica de Chile

Centro Estudios Públicos, Enero 2008