

<b>Nombre</b>	:	ECONOMÍA DE LA ENERGÍA Y EL MEDIO AMBIENTE / ENERGY ECONOMICS AND THE ENVIRONMENT
<b>Sigla</b>	:	IEE3393
<b>Carácter</b>	:	OPR
<b>Créditos</b>	:	10
<b>Requisitos</b>	:	350 créditos, ICS2512
<b>Profesor</b>	:	Cristián M. Muñoz
<b>Módulos</b>	:	02
<b>Semestre</b>	:	II
<b>Vacantes</b>	:	15

## I. Descripción

El curso se estructura en cuatro secciones. En la primera parte, examinaremos la oferta y demanda mundial por energía y las proyecciones de la Agencia Internacional de Energía (EIA). Analizaremos las particularidades y los distintos equilibrios en las principales industrias de combustibles: oligopolio en el petróleo; competencia en el carbón; y un mercado en desarrollo en el caso del gas natural licuado. Luego, analizaremos la reestructuración de los mercados de electricidad, desde empresas verticalmente integradas, de propiedad del gobierno, hasta la privatización de la industria y la creación de mercados competitivos.

En la segunda parte, explicaremos cómo valorar el medio ambiente a través de un análisis de costo-beneficio y cómo un correcto enfoque nos lleva a un equilibrio entre desarrollo e impacto del medio ambiente. Aplicaremos este enfoque a las principales temáticas medio ambientales: cambio climático y contaminación local. De este modo, respecto del cambio climático, explicaremos que una correcta política debe balancear adecuadamente los costos presentes de mitigación, y su correspondiente impacto en el desarrollo actual, con los probables costos futuros de un incremento en la temperatura. Se explicará cuál es el costo social de la tonelada de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera. También se estudiarán los modelos integrados que permiten calcular la trayectoria óptima de mitigación de CO<sub>2</sub>. Se explicará el impacto de la tasa de descuento y el tratamiento de la incertidumbre en los modelos integrados que modelan el cambio climático. Otro aspecto importante se refiere a cuál es el instrumento de política ambiental más efectivo, de este modo, se compararán políticas centralizadas del tipo mando y control; subsidios a tecnologías de bajas emisiones de CO<sub>2</sub>; y políticas de mercado, tales como: permisos transables e impuestos ambientales. También abordaremos la economía local controlada por la combustión en centrales termoeléctricas. Nos referiremos al impacto de la contaminación local producida por la combustión en centrales termoeléctricas: material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>) y también estudiaremos el costo y la eficiencia de las principales tecnologías de abatimiento. De este modo, se podrá calcular el costo social de cada contaminante y la política óptima de reducción de emisiones.

En la tercera parte se abordará la planificación de sistemas eléctricos incluyendo los costos sociales de la contaminación. Se calculará el potencial y el costo de explotar en Chile energías basadas en fuentes renovables, tales como: hidroelectricidad, viento, geotermia, desechos y energía solar. En el caso de las centrales termoeléctricas, se modelará su impacto en el medio ambiente y se proyectará distintos escenarios de precios de combustibles. En la demanda se revisará cómo el cliente responde al precio. Se estudiará un modelo que permite planificar la expansión del sistema eléctrico integrando los costos de cada tecnología, respuesta del consumidor, distintos escenarios de precios de combustibles y sus costos ambientales. Este modelo integrado permite determinar la política óptima de mitigación y la correspondiente composición tecnológica del suministro de electricidad. Finalmente se evaluarán las políticas ambientales impulsadas en Chile: la ley de fomento a las energías renovables no convencionales, la normativa de emisiones de las termoeléctricas y el beneficio de incrementar la ley de ERNC al 20% al 2020.

En la sección final, se examinará otros aspectos relevantes en la economía del cambio climático. Puesto que el cambio climático involucra a todos los sectores de la economía, se examinará el sector transporte y el forestal. En el transporte se estudiará la mitigación a través de la conexión de los vehículos a la red (V2G) y conversión del transporte público desde diesel a gas comprimido (gnc) o a electricidad (baterías o red). En el sector forestal se estudiará la captura y secuestro de CO<sub>2</sub> a través de la forestación y reforestación. Finalmente se revisará mecanismos alternativos de enfrentar el cambio climático: cambios tecnológicos, efecto de los aerosoles y la explotación masiva de gas natural no convencional (shale gas).

Este curso está dirigido a alumnos que estén cursando su último año de ingeniería industrial o civil eléctrica, o de magíster en esas especialidades, con interés en trabajar en empresas o en entidades gubernamentales relacionadas con energía y medio ambiente.

## II. Objetivos

Se examinan los mercados de energía y los aspectos del medio ambiente relacionados con la energía, en especial su impacto en el sector eléctrico. El objetivo es incluir la economía ambiental en la planificación de sistemas eléctricos y en la evaluación de políticas públicas relacionadas con el sector. Se examina el impacto en el calentamiento global de las emisiones de CO<sub>2</sub> de las centrales termoeléctricas y los efectos de la contaminación local emitida en los procesos de combustión de estas centrales: material particulado, óxidos de azufre y óxidos nitrosos. Se pone énfasis en los aspectos económicos involucrados en el cálculo del valor de la externalidad ambiental, en las políticas de mitigación y en los mecanismos regulatorios: permisos transables, impuestos y subsidios a las tecnologías basadas en energía renovable, indicando pros y contra de cada tipo de regulación. Asimismo, se discute la modelación de las restricciones ambientales en modelos de planificación de sistemas eléctricos y su impacto en la composición de las tecnologías. Asimismo, se evalúan las principales políticas ambientales impulsadas en Chile.

## III. Contenidos

1. Mercados de energía
  - 1.1. Oferta y demanda mundial por energía
  - 1.2. Estructura de los mercados de fuentes fósiles de energía
  - 1.3. Reestructuración de los mercados de generación de electricidad
2. Economía del medio ambiente: cambio climático y contaminación local
  - 2.1. Introducción
  - 2.2. Precios de los recursos agotables
  - 2.3. Efectos económicos del cambio climático
  - 2.4. Modelos dinámicos integrados del cambio climático
  - 2.5. Políticas de mitigación
  - 2.6. Descontando el cambio climático
  - 2.7. Políticas regulatorias: precios vs cantidad
  - 2.8. Incentivos a las energías renovables y a la respuesta de la demanda
  - 2.9. El daño provocado por la contaminación local
  - 2.10. Control de la contaminación local en centrales termoeléctricas
  - 2.11. Políticas regulatorias locales
3. Modelo de Planificación de sistemas eléctricos y medio ambiente
  - 3.1. Potencial y costos de las energías renovables
  - 3.2. Centrales termoeléctricas y precios de combustibles
  - 3.3. Elasticidad-precio de la demanda por electricidad
  - 3.4. Derivación de las ecuaciones
  - 3.5. Evaluación de políticas ambientales en Chile: ley de ERNC, normativa a las emisiones de termoeléctricas y precio a las emisiones
4. Otros tópicos en economía del cambio climático
  - 4.1. Transporte
  - 4.2. Forestación
  - 4.3. Maneras alternativas de enfrentar el cambio climático

## IV. Metodología

Clases expositivas con análisis y discusión de lecturas.

## V. Evaluación

Tres interrogaciones, informes de lectura y un examen o trabajo.

## VI. Bibliografía

Mínima:

- (1) Thomas Tietenberg. Environmental and Natural Resource Economics, seventh edition, (Boston, MA: Addison Wesley, 2006).
- (2) Robert Mendelsohn. "Towards Efficient Regulation of Air Pollution From Coal-Fired Power Plants," Garland Press: New York, 1979.
- (3) William Nordhaus. "A Question of Balance: Weighing the options on global warming policies," Universidad de Yale, 2008.
- (4) Carol A Dahl. "International Energy Markets - Understanding Pricing, policies and Profits", 2004.

Complementaria por capítulo:

Sección 1. Mercados de energía

1. Oferta y demanda mundial por energía

International Energy Agency, "World Energy Outlook 2010".

2. Estructura de los mercados de fuentes fósiles de energía

Capítulo 3, "Perfect Competition and the Coal Industry", (4).

Capítulo 6, "Monopoly, Dominant Firm and OPEC", (4).

Capítulo 7, "Market Structure, Transaction Costs Economics, and U.S. Natural Gas Markets", (4)

3. Reestructuración de los mercados de generación de electricidad

Capítulo 4, "Natural Monopoly and Electricity Generation", (4).

Capítulo 5, "Deregulation and Privatization of Electricity Generation", (4).

### Lecturas complementarias:

Sebastian Bernstein, 1988. "Competition, Marginal Cost Tariffs and Spot Pricing in the Chilean Electric Power Sector", Energy Policy.

Severin Borenstein y James Bushnell, 2000. Electricity Restructuring: Deregulation or Reregulation?, Program on Workable Energy Regulation (POWER), University of California Energy Institute

Severin Borenstein, 2005. "The Long-Run Efficiency of Real-Time Electricity Pricing". The Energy Journal, 26, 3.

Sección 2. Economía del medio ambiente: cambio climático y contaminación local

1. Introducción

Capítulo 1, "Valuing the Environment: Concepts." (1)

### Lecturas complementarias:

R. Coase, 1960. "The problem of social cost." J. Law Econ. 3, 1-44.

2. Precios de los recursos agotables

Capítulo 7, "The Allocation of Depletable and Renewable Resources." (1)

Capítulo 5, "Sustainable Development: Defining the Concept". (1)

3. Efectos económicos del cambio climático

Capítulo 1, Summary for the Concerned Citizen. (3)

Richard S. J. Tol, 2009. "The Economic Effects of Climate Change", Journal of Economic Perspectives—Volume 23, Number 2—Pages 29-51.

### Lecturas complementarias:

Kimberly O'Neill Packard and Forest Reinhardt. 2000. "What Every Executive Needs to Know About Global Warming," Harvard Business School Case: R00409.

Richard S. J. Tol, 2008. "The Social Cost of Carbon: Trends, Outliers and Catastrophes", Economics, Vol 2, 2008-25.

4. Modelos dinámicos integrados del cambio climático

Capítulo 2, Background and Description of the DICE Model. (3)

Capítulo 3, Derivation of the Equations. (3)

### Lecturas complementarias:

William A. Pizer, 1999. "The optimal choice of climate change policy in the presence of uncertainty". *Resource and Energy Economics* 21. 255–287.

Chris Hope, 2006. "The Marginal Impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: An Integrated Assessment Model Incorporating". *The Integrated Assessment Journal, Bridging Sciences and Policy*, Vol. 6, Iss. 1, Pp. 19–56.

#### 5. Políticas de mitigación

Capítulo 4, Alternative Policies for Global Warming. (3)

Capítulo 5, Results of the DICE-2007 Model Runs. (3)

Capítulo 7, Dealing with Uncertainty in Climate-Change Policy. (3)

##### Lecturas complementarias:

William Nordhaus, 2010. "Economic aspects of global warming in a post-Copenhagen environment". Department of Economics, Yale University.

#### 6. Descontando el cambio climático

Capítulo 1, An Alternative Perspective: The Stern Review. (3)

Partha Dasgupta, 2008. "Discounting climate change", *J Risk Uncertain*, 37:141–169.

##### Lecturas complementarias:

Callum Jones, 2008. "Climate Change Reviews: How convincing are their Assumptions", *Mannkal Economics Education Foundation*.

#### 7. Políticas regulatorias: precios vs cantidad

Capítulo 8, The Many Advantages of Carbon Taxes. (3)

Robert N. Stavins, 2002. "Experience with Market-Based Environmental Policy Instruments". John F. Kennedy School of Government, Harvard University and Resources for the Future.

Robert N. Stavins, 2007. "Review of Environmental Economics and Policy." Volume 1 Number 1.

##### Lecturas complementarias:

Martin Weitzman, 1974. "Prices vs Quantities", *Massachusetts Institute of Technology*.

William Pizer, 1997. "Prices vs. Quantities Revisited: The Case of Climate Change", *Resources for the future*, Discussion Paper 98-02.

William Nordhaus, 2007. "To Tax or Not to Tax: Alternative Approaches to Slowing Global Warming", *Review of Environmental Economics and Policy*, volume 1, issue 1, pp. 26–44.

Emma Hutchinson, Peter W. Kennedy y Cristina Martinez, 2010. "Subsidies for the Production of Cleaner Energy: When Do They Cause Emissions to Rise?", *The B.E. Journal of Economic, Analysis & Policy*, Volume 10, Issue 1, Article 28.

#### 8. Incentivos a las energías renovables y a la respuesta de la demanda

Lewis and Wiser, 2006. "Fostering a renewable energy technology industry: An international comparison of wind industry policy support mechanisms", *Energy policy*.

F. Wolak, 2010. "Symmetric Treatment of Load and Generation: A Necessary Condition for Demand Response to Benefit Wholesale Market Efficiency and Manage Intermittency", *Climate policy instruments in the real world*, Workshop, Stanford University.

#### 9. El daño provocado por la contaminación local

Capítulo 4, "Property Rights, Externalities, and Environmental Problems" (1)

Capítulo 3, "Valuing the Environment: Methods". (1)

Nicholas Muller and Robert Mendelsohn, 2007. "The Damages Due to Air Pollution in the United States", *Journal of Environmental Economics and Management* 54, 1–14.

Nicholas Muller and Robert Mendelsohn, 2009. *Efficient Pollution Regulation: Getting the Prices Right*, *American Economic Review*, Vol 99.

##### Lecturas complementarias:

Kip Viscusi, Wesley Magat, Alan Carlin, and Mark Dreyfus. 1994. "Environmentally Responsible Energy Pricing," *The Energy Journal*, 15(2): 23-42. (CWEB).

Kumar, Surender and D. Rao. 2001. "Valuing The Benefits of Air Pollution Abatement Using a Health Production Function: A Case Study of Panipat Thermal Power Station, India," *Environmental and Resource Economics*, vol. 20, no. 2, October 2001, pp. 91-102. (CWEB).

Matthew E. Kahn, 2009, "Regional growth and exposure to nearby coal fired power plant emissions", *Regional Science and Urban Economics* 39 15–22.

10. Control de la contaminación local en centrales termoeléctricas  
Capítulo 15, "Economics of Pollution Control: An Overview." (1)

Lecturas complementarias:

Robert Mendelsohn, 1980, "An Economic Analysis of Air Pollution From Coal-Fired Power Plants." *Journal of environmental economics and management* 7, 30-43.

M. Granger Morgan, Barbara Rose Barkovich, Alan K. Meier, 1973. "The Social Cost of producing Electric Power from Coal: A first-Order Calculation", *Proceedings of the IEEE*, Vol 61, N°10, October.

11. Políticas regulatorias locales

John B. Loomis · Bryon Allen, 2008. "Using Non Market Valuation to Inform the Choice Between Permits and Fees in Environmental Regulation". *Environ Resource Econ*, 40:329–337.

Lecturas complementarias:

Dallas Burtraw, David A. Evans, Alan Krupnick, Karen Palmer, and Russell Toth, 2005. "Economics of Pollution Trading for SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub>".

Nicholas Muller, Daniel Tong and Robert Mendelsohn, 2009. "Regulating NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> Emissions in Atlanta", *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, Volume 9, Issue 2 Article 3.

Benjamin K. Sovacool, 2011. "The policy challenges of tradable credits: A critical review of eight markets" *Energy Policy* 39, 575–585.

Sección 3. Modelo: Planificación de sistemas eléctricos y medio ambiente

1. Potencial y costos de las energías renovables

Project Cost, 2009. "Estimating E&M Powerhouse Costs", *Water Power Magazine*.

Hauser, A., Geotermia: una alternativa energética para Chile, *Área ciencia y tecnología*, artículo 5.1, Sernageomin, Chile.

Boccard N., 2009. Capacity factor of wind power realized values vs. estimates, *Energy Policy* 37, 2679–2688.

Dipippo, R., 2008. "Geothermal Power Plants: Principles, Applications Case Studies and Environmental Impact", Elsevier.

Endesa, 1973. "Catastro de recursos hidroeléctricos de Chile", Biblioteca Dirección General de Aguas.

Endesa, 1979. "Descripción y características de los proyectos hidroeléctricos de futuro desarrollo", abril, Biblioteca Dirección General de Aguas.

Lecturas complementarias:

Geoffrey Rothwell, 2008. ¿Energía Nuclear en Chile? Los Costos y Beneficios de la Opción de Construir una Central Nuclear en 2020", *Estudios Públicos*, 112.

S. Borenstein, 2008. "The Market Value and Cost of Solar Photovoltaic Electricity Production", Center for the Study of Energy Markets, University of California Energy Institute Working Paper WP-176.

A. Galetovic y C. M. Muñoz, 2008. "Energías Renovables no Convencionales: ¿Cuánto nos van a Costar?", *Estudios Públicos*, 112.

2. Centrales termoeléctricas y precios de combustibles

C. M. Muñoz, 2011, "Planificación de sistemas eléctricos", documento de trabajo, Pontificia Universidad Católica de Chile.

3. Elasticidad-precio de la demanda por electricidad

Alexander Galetovic y Cristián M. Muñoz, 2009. "Estimating deficit probabilities with price-responsive demand in contract-based electricity markets", *Energy Policy* 37, 560–569

4. Derivación de las ecuaciones

Alexander Galetovic, Cristián Hernández C., Cristián Muñoz, y Luz María Neira, 2011, "Electricidad, Mercado y Medio Ambiente", documento de trabajo.

5. Evaluación de políticas ambientales en Chile: ley de ERNC, normativa a las emisiones de termoeléctricas y precio a las emisiones

Alexander Galetovic, Cristián Hernández C., Cristián Muñoz, y Luz María Neira, 2011, “Microeconomic Policy and Productivity: a Concrete Example”, documento de trabajo.

#### Sección 4. Otros tópicos en economía del cambio climático

##### 1. Transporte

Vehicle-to-grid power implementation, 2005- “From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy”, *Journal of Power Sources*.

Oscar van Vliet, Anne Sjoerd Brouwer, Takeshi Kuramochi, Machteld van den Broekb, André Faaij, 2010. “Energy use, cost and CO2 emissions of electric cars”, *Journal of Power Sources*, doi:10.1016/j.jpowsour.2010.09.119.

“Mitigation of CO2 emission with CNG vehicles: “A Case Study of Delhi””, *Oubulo.com*

Hella Engerer y Manfred Horn, 2010. “Natural Gas Vehicles: An Option for Europe”, *Energy Policy* 38, 1017–1029.

Reinhart Kühne, 2010. “Electric buses — An energy efficient urban transportation means”, *Energy* (2010), doi:10.1016/j.energy.2010.09.055.

##### 2. Forestación

Ariel Mosnaim, 2001. “Estimating CO2 Abatement and Sequestration Potentials for Chile”, *Energy Policy* 29, 631—640.

Joan Mogas, Pere Riera, 2004. “El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación”, Ponencia para el II Simposio Iberoamericano de Gestión y Economía Forestal. Barcelona.

Robert N. Stavins, 2010. “Storing Carbon in Wood, A Cheaper Way to Slow Climate Change?”, *The Milken Institute Review*.

Richard G. Newell y Robert N. Stavins, 2000, “Climate Change and Forest Sinks: Factors Affecting the Costs of Carbon Sequestration”, *Journal of Environmental Economics and Management* 40, 211—235.

##### 3. Maneras alternativas de enfrentar el cambio climático

William Nordhaus, “Technological Change to Promote a Low Carbon Economy”, Ed. with Nebojsa Nakicenovic, *Energy Economics*, Special Issue, 2011.

Pollution and Global Warming, 2011. “Climate Change in Black and White” *The Economist*, <http://www.economist.com/node/18175423>.

Climate Change, 2011. “Piecemeal Possibilities”, *The Economist*. <http://www.economist.com/node/18178073>