



NACIONES UNIDAS



SEDE SUBREGIONAL EN MÉXICO

ANÁLISIS GENERAL DE LAS EXTERNALIDADES AMBIENTALES DERIVADAS DE LA UTILIZACIÓN DE COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA CENTROAMERICANA

Claudia Octaviano

Este documento fue preparado por la consultora Claudia Octaviano, bajo la supervisión del señor Víctor Hugo Ventura, Jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, Sede Subregional en México.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de la autora y pueden no coincidir con las de la Organización.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
RESUMEN EJECUTIVO	7
PRESENTACIÓN	9
I. ASPECTOS METODOLÓGICOS	11
A. METODOLOGÍA VÍAS DE IMPACTO	11
1. Primera etapa: caracterización de la fuente emisora	12
2. Segunda etapa: dispersión de los contaminantes y cálculo de concentraciones	12
3. Tercera etapa: evaluación de los impactos	14
4. Cuarta etapa: evaluación monetaria	17
B. METODOLOGÍA SIMPLIFICADA Y MODELO SIMPACTS DEL OIEA	19
C. INCERTIDUMBRES	23
II. INFORMACIÓN PARA LOS MODELOS UTILIZADOS	24
A. CENTRALES DE GENERACIÓN	24
1. Selección de las centrales termoeléctricas	24
2. Datos técnicos de las centrales seleccionadas	28
B. DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	32
C. FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA CONSIDERADAS	32
1. Tasas de incremento de riesgo relativo	32
2. Tasas de incidencia y de mortalidad	34
D. COSTOS ECONÓMICOS DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD	36
1. Morbilidad	36
2. Mortalidad	39
III. RESULTADOS	41
A. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS EXTERNALIDADES	41
B. EXTERNALIDADES POR EMISIONES DE CO ₂	46
IV. ANÁLISIS DE EXTERNALIDADES EN ESCENARIOS DEL PLAN INDICATIVO REGIONAL DE EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN, 2009-2023 DEL CEAC	48
A. Análisis de escenarios del plan indicativo	49
B. Revisión de los costos de producción de electricidad	50
C. Resultados del plan indicativo y comparación de costos con y sin externalidades	51
D. Análisis detallado de externalidades ambientales del escenario base de LEAP	54
E. Mecanismos para la internalización de los costos ambientales	59
1. Avances en la regulación ambiental para internalizar externalidades	60
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
A. Conclusiones	66
B. Recomendaciones	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	73
Anexo I Tecnologías de control de emisiones para centrales termoeléctricas	73
Anexo II Comparación de externalidades con otros países	89

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	INFORMACIÓN REQUERIDA POR LAS DIFERENTES VERSIONES DEL MÓDULO AIRPACTS	21
CUADRO 2	CENTROAMÉRICA: CENTRALES TÉRMICAS SELECCIONADAS	28
CUADRO 3	CENTROAMÉRICA: UBICACIÓN DE LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS Y DENSIDAD DE POBLACIÓN	29
CUADRO 4	INCREMENTO DE RIESGO RELATIVO (IRR) PARA PM ₁₀ DE DIFERENTES REFERENCIAS	33
CUADRO 5	IRR SELECCIONADOS PARA PM ₁₀ , SULFATOS Y NITRATOS	34
CUADRO 6	TASAS DE INCIDENCIA DE MORBILIDAD	35
CUADRO 7	CENTROAMÉRICA: TASAS DE MORTALIDAD POR PAÍS Y GRUPOS POBLACIONALES RESPECTO DE LA POBLACIÓN TOTAL	35
CUADRO 8	MÉXICO Y CENTROAMÉRICA: COSTOS UNITARIOS PARA CASOS DE MORBILIDAD	37
CUADRO 9	PAÍSES SELECCIONADOS: COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE COSTOS	39
CUADRO 10	CENTROAMÉRICA Y MÉXICO: VALOR DE UN AÑO DE VIDA PERDIDO CRÓNICO POR PAÍS	40
CUADRO 11	CENTROAMÉRICA: COSTOS EXTERNOS POR ZONA Y CONTAMINANTE	42
CUADRO 12	CENTROAMÉRICA: COSTO POR TONELADA DE CONTAMINANTE EMITIDA DE CADA CENTRAL	45
CUADRO 13	CASOS EVALUADOS EN LA MODELACIÓN DEL PLAN INDICATIVO REGIONAL	49
CUADRO 14	ESCENARIOS MEDIO Y ALTO DE PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES, 2009-2023	50
CUADRO 15	COSTOS DE GENERACIÓN CON Y SIN EXTERNALIDADES POR ESCENARIO	54
CUADRO 16	CENTROAMÉRICA: COSTOS EXTERNOS POR TONELADA DE CONTAMINANTE	57
CUADRO 17	VALOR PRESENTE NETO DE LOS COSTOS EXTERNOS PARA EL ESCENARIO LEAP, 2010	57
CUADRO 18	CENTROAMÉRICA: ANÁLISIS DETALLADO DE COSTOS EXTERNOS DEL ESCENARIO LEAP, 2010-2025	58
CUADRO AII-1	COSTOS EXTERNOS ESTIMADOS PARA MÉXICO	90
CUADRO AII-2	EXTERNALIDADES AMBIENTALES DE LA ELECTRICIDAD EN EUROPA	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	ETAPAS DE LA METODOLOGÍA VÍAS DE IMPACTO	12
GRÁFICO 2	PLUMA GAUSSIANA EN UN SISTEMA DE COORDENADAS ORIENTADO EN LA DIRECCIÓN DEL VIENTO	13
GRÁFICO 3	FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA	16
GRÁFICO 4	GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN CENTROAMÉRICA, 2008	25
GRÁFICO 5	CONTRIBUCIÓN POR PAÍS A LA GENERACIÓN TÉRMICA EN CENTROAMÉRICA EN 2008	25
GRÁFICO 6	CENTROAMÉRICA: EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIMARIOS, 2008	30
GRÁFICO 7	CENTROAMÉRICA: EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIMARIOS DE LAS CENTRALES SELECCIONADAS, 2008	31
GRÁFICO 8	CENTROAMÉRICA: EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO, 2008	31
GRÁFICO 9	CONTRIBUCIÓN A LAS EXTERNALIDADES DE LOS IMPACTOS SELECCIONADOS, 2008	43
GRÁFICO 10	CENTROAMÉRICA: EXTERNALIDADES POR CADA CONTAMINANTE EMITIDO	44
GRÁFICO 11	CENTROAMÉRICA: RANGO DE INCERTIDUMBRE DE LOS COSTOS EXTERNOS DE CADA CENTRAL	46
GRÁFICO 12	CENTROAMÉRICA: EXTERNALIDADES CONSIDERANDO EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LAS CENTRALES	47
GRÁFICO 13	RESULTADOS DEL PLAN INDICATIVO REGIONAL PARA LA GENERACIÓN EN Twh PARA EL PERÍODO 2010-2023	51
GRÁFICO 14	GENERACIÓN A BASE DE CARBÓN, DIÉSEL O BÚNKER PARA LOS ESCENARIOS DEL PLAN INDICATIVO POR AÑO PARA EL PERÍODO 2010-2023	53
GRÁFICO 15	EXTERNALIDADES EN LOS DISTINTOS ESCENARIOS DEL PLAN INDICATIVO	54
GRÁFICO 16	CENTROAMÉRICA: EMISIONES ESTIMADAS DE CO ₂ PARA EL PERÍODO 2010-2025, SUBSECTOR ELÉCTRICO	55
GRÁFICO 17	CENTROAMÉRICA: EMISIONES ESTIMADAS DE SO ₂ PARA EL PERÍODO 2010-2025, SUBSECTOR ELÉCTRICO	55
GRÁFICO 18	CENTROAMÉRICA: EMISIONES ESTIMADAS DE NOX PARA EL PERÍODO 2010-2025, SUBSECTOR ELÉCTRICO	56
GRÁFICO 19	CENTROAMÉRICA: EMISIONES ESTIMADAS DE PM ₁₀ PARA EL PERÍODO 2010-2025, SUBSECTOR ELÉCTRICO	56
GRÁFICO 20	INTERACCIONES ENTRE LA ECONOMÍA Y EL MEDIO AMBIENTE	60
GRÁFICO 21	EFICIENCIA ECONÓMICA	61
GRÁFICO 22	CRITERIO COSTO-EFECTIVIDAD	62

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA 1	CENTRALES ELÉCTRICAS EN CENTROAMÉRICA, 2008	26
MAPA 2	PLANTAS SELECCIONADAS PARA EL ESTUDIO	27

RESUMEN

El propósito de este trabajo es estimar las externalidades de la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles en los países de Centroamérica.

La evaluación ha partido de los estudios de planificación indicativa del Consejo de Electrificación de América Central (CEAC). Se utilizó la versión simplificada de la Metodología Vías de Impacto del proyecto ExternE de la Unión Europea, así como el modelo *Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation (SIMPACTS)* del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Constituye la primera evaluación de este tipo que se hace para los países centroamericanos. Brinda elementos cuantitativos y cualitativos para iniciar, a nivel del mercado eléctrico regional centroamericano, la discusión de las externalidades ambientales en la producción termoeléctrica a base de combustibles fósiles y aporta elementos para la incorporación de estos temas en la planeación y el desarrollo de la producción de electricidad en la subregión.

Palabras clave: Externalidades, impacto ambiental, generación eléctrica, mercado eléctrico regional centroamericano.

ABSTRACT

The purpose of this study is to estimate the external environmental costs associated with the production of fossil fuels electricity in Central America countries.

The indicative planning of the Central America Council of Electrification (CEAC) was the departure point of the evaluation. The Impact Pathway Methodology (ExternE, project of the European Union) and the Simplified Approach for Estimating model Impacts of Electricity Generation (SIMPACTS) of the International Atomic Energy Agency (IAEA) were used in this assessment.

It constitutes the first evaluation of this type for the Central American regional electricity market. It provides quantitative and qualitative elements to initiate the discussion of the thermoelectrical environmental externalities and for incorporating these issues in the planning and development of electricity production in the subregion.

Keywords: externalities, environmental impact, power generation, Central American regional electricity market.

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito del presente trabajo es estimar las externalidades de la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles en Centroamérica. En la actualidad, la mayor parte de la electricidad en el mundo se genera principalmente con este tipo de combustibles, lo que conlleva impactos locales, regionales y globales, tanto para la salud como para el medio ambiente. El costo de estos impactos, denominado costo externo, no ha sido incorporado al precio de la electricidad en ningún país debido al efecto económico que generaría. Sin embargo, varios países han aprobado normas y regulaciones estrictas para la producción termoeléctrica, algunos de ellos llevan a cabo instrumentos económicos para reducir el impacto del SO₂ y los NO_x, y en la actualidad, se discuten impuestos y penalizaciones a las emisiones de CO₂ (*carbon taxes*).

A fin de evaluar las externalidades de la producción termoeléctrica en Centroamérica, el presente trabajo utilizó la versión simplificada de la metodología “vías de impacto” del proyecto ExternE de la Unión Europea, así como el modelo *Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation* (SIMPACTS) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La metodología “vías de impacto” comprende cuatro etapas: caracterización de la fuente emisora, dispersión de los contaminantes y cálculo de concentraciones, evaluación de los impactos, y evaluación monetaria.

En el presente estudio se seleccionaron 25 centrales que contribuyeron con 90% de la generación térmica centroamericana. Entre las centrales seleccionadas se incluyen plantas en Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Panamá; el criterio de selección fue la generación de energía durante 2008.

Para aplicar la metodología seleccionada se necesitó una serie de datos técnicos, económicos y de salud, que corresponden a 2008, año del caso base considerado por el Consejo de Electrificación de América Central (CEAC) en su Plan Indicativo de Expansión de la Generación, período 2009-2023. El análisis se limitó a considerar para efectos en la salud las emisiones de partículas de SO₂ y NO_x. Se incluye un costo asociado por emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se precisa que las externalidades se refieren a los efectos por generación de electricidad, sin las emisiones “corriente arriba”.

Para estimar el impacto en la salud se analizaron los valores de Incremento de Riesgo Relativo (IRR) como resultado del meta-análisis del proyecto Ecosistema Urbano y Salud de los Habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ECOURS), así como otras referencias del proyecto ExternE y de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Con base en la información analizada se decidió utilizar el IRR de menor valor para cada impacto, con objeto de realizar una estimación conservadora del daño.

Se recurrió también a información sobre los costos de morbilidad y mortalidad. Para el costo de atención a casos de enfermedad se consideraron los valores estimados por el Instituto Nacional de Salud Pública y el Instituto Nacional de Ecología de México. Para la mortalidad se utilizó el enfoque de Años de Vida Perdidos (AVP) del proyecto ExternE y el valor estimado para México de Voluntad a Pagar (VP) por reducir el riesgo de un caso de mortalidad. El valor mexicano fue transferido a los distintos países centroamericanos mediante la relación de la paridad del poder adquisitivo del ingreso nacional bruto per cápita con respecto al de México.

La estimación de los costos externos conlleva un nivel de incertidumbre que puede ser alto debido a la cantidad de variables involucradas y a los diferentes supuestos planteados, particularmente con respecto a los efectos de los contaminantes en la salud y a los costos asignados para cuantificar los casos de morbilidad y mortalidad. Influye también el insuficiente conocimiento sobre determinadas variables y procesos involucrados, así como errores en los datos, entre otros.

La aplicación del modelo SIMPACTS proporcionó información del valor de las externalidades por efectos en la salud. Los costos externos de las plantas seleccionadas, en 2008, son del orden de los 20,3 millones de dólares¹ anuales. Este monto equivale a 0,02% del PIB de los países en el año de referencia. Cuatro termoeléctricas presentaron las mayores externalidades (cada una superó los 1,5 millones de dólares).

Se encontró que las emisiones de SO₂ arrojan los mayores costos externos (59%), seguidas de las partículas (29%) y finalmente los NO_x (12%). La internalización de las externalidades en el precio de la electricidad implicaría aumentos de entre 0,09 y 0,27 centavos de dólar por kWh, es decir, entre 1,83% y 5,35% del costo del kWh. El costo externo ponderado, en función de la generación de las 25 centrales de producción, sería de 0,14 centavos de dólar por kWh. Si se incluye el impacto del cambio climático, calculado indirectamente mediante un precio de referencia de 20 dólares por tonelada de CO₂², el costo de las externalidades se elevaría entre 0,87 y 2,32 centavos de dólar por kWh. El promedio ponderado por la generación de las centrales analizadas, si se consideran los impactos locales y regionales por contaminantes primarios y secundarios y el impacto por GEI, es de 1,57 centavos de dólar por kWh.

Con la estimación de externalidades ambientales para 2008 se realizó un análisis prospectivo de las externalidades ambientales de los contaminantes emitidos por el subsector electricidad en Centroamérica con información del CEAC, contenida en su Plan Indicativo Regional de Expansión de la Generación Período 2009-2023, que constituye la última actualización de la información técnica que sustenta *Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020*. Se encontró que las externalidades ambientales incrementan el costo de los planes de generación entre 8% y 10,6%, considerando los impactos globales del cambio climático y los locales y regionales en la salud. Además, se realizó un análisis detallado de las externalidades en el escenario base con información proveniente del modelo LEAP (*Long range Energy Alternatives Planning System*) para el período 2010-2023. Se estimó que se tendrá un costo externo anual promedio de 307,2 millones de dólares por externalidades asociadas al cambio climático y 44,3 millones de dólares promedio anual por externalidades vinculadas con impactos en la salud. Las externalidades locales y regionales corresponden a estimados conservadores tanto por los supuestos considerados como porque incluyen únicamente impactos en la salud, a los que deben sumarse los impactos en los ecosistemas.

预览已结束，完整报告链接和二维码如下：

https://www.yunbaogao.cn/report/index/report?reportId=5_1592

